



# **ESPE**

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

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

### **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

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

**TEMA: "ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA EN LOS  
PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR QR25 DEL  
VEHÍCULO NISSAN X-TRAIL CUANDO SE UTILIZA EL  
VARIADOR DE AVANCE AL ENCENDIDO SPARK 11"**

**AUTOR: HUGO RICARDO ALVARADO CORTI**

**DIRECTOR: ING. LEONIDAS QUIROZ**

**LATACUNGA**

**2016**



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

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, "**ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA EN LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR QR25 DEL VEHÍCULO NISSAN X-TRAIL CUANDO SE UTILIZA EL VARIADOR DE AVANCE AL ENCENDIDO SPARK 11**" realizado por el señor **HUGO RICARDO ALVARADO CORTI**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **HUGO RICARDO ALVARADO CORTI** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, Julio del 2016**

---

Ing. LEONIDAS QUIROZ  
DIRECTOR



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

#### AUTORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **HUGO RICARDO ALVARADO CORTI**, con cédula de identidad N° 1803090636, declaro que este trabajo de titulación **"ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA EN LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR QR25 DEL VEHÍCULO NISSAN X-TRAIL CUANDO SE UTILIZA EL VARIADOR DE AVANCE AL ENCENDIDO SPARK 11"** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

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

**Latacunga, Julio del 2016**

HUGO RICARDO ALVARADO CORTI

C.C.: 1803090636



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **HUGO RICARDO ALVARADO CORTI** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación "**ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA EN LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL MOTOR QR25 DEL VEHÍCULO NISSAN X-TRAIL CUANDO SE UTILIZA EL VARIADOR DE AVANCE AL ENCENDIDO SPARK 11**" cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, Julio del 2016**

---

HUGO RICARDO ALVARADO CORTI

C.C.: 1803090636



## **DEDICATORIA**

A Dios por guiarme durante esta etapa de mi vida y permitirme avanzar un paso más.

A mi madre y a mi hermana por su apoyo incondicional y a las personas que amo.

A la memoria de mi abuelito José Ernesto Alvarado.

Hugo Ricardo

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero empezar agradeciendo a Dios por todas las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida, por ser mi refugio y mi fortaleza cada vez que lo he necesitado y por iluminarme constantemente a lo largo de mi carrera universitaria.

Especialmente a mi mami quien cumplió un papel esencial y me formo como un hombre de bien siendo un pilar fundamental en mi vida, confidente y mi mejor amiga, la persona que mas quiero en este mundo.

A mi familia por siempre estar conmigo compartiendo mis alegrías y mis tristezas de manera especial a mi hermana Barbarita por su cariño sincero y su amistad incondicional

A mi padre, por el apoyo recibido a lo largo de toda mi vida estudiantil. Proporcionándome los medios necesarios para cumplir con las practicas y proyectos desarrollados.

A todos mis amigos y personas especiales en mi vida que han contribuido de una u otra manera para la realización de este trabajo con sus consejos oportunos y su ayuda

A mis maestros quienes me transmitieron todos sus conocimientos y de manera especial por la paciencia y profesionalismo en la dirección, ayuda y colaboración del trabajo de titulación al Ing. Leonidas Quiroz, tutor del proyecto

El autor

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>PORTADA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORIA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>xix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xx</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xxi</b>
<b>PRESENTACION</b> .....	<b>xxii</b>

### CAPÍTULO I

<b>1. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Descripción resumida del proyecto.....	3
1.4. Justificación e importancia.....	4
1.4.1. Interés de la investigación .....	5
1.4.2. Utilidad teórica .....	5
1.4.3. Utilidad práctica .....	5
1.4.4. Utilidad metodológica.....	6
1.4.5. Factibilidad .....	6
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1. Objetivo general.....	6
1.5.2. Objetivos específicos .....	6

1.6.	Metas .....	7
1.7.	Hipótesis .....	7
1.8.	Variables de la investigación .....	7
1.8.1.	Variable independiente .....	7
1.8.2.	Variable dependiente .....	8
1.9.	Operacionalización de variables .....	8

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1.	Motor a Combustión Interna .....	9
2.1.1.	Principio de Funcionamiento.....	10
2.1.2.	Principio Termodinámico .....	10
2.1.3.	Ciclo Otto Teórico .....	12
2.1.4.	Ciclo Otto Práctico .....	15
2.2.	Parámetros del M.C.I.....	18
2.2.1.	Torque o par motor. ....	18
a.	Curva de par motor. ....	20
2.2.2.	Potencia. ....	21
b.	Curva de potencia.....	21
2.2.3.	Consumo de combustible. ....	22
c.	Curva de consumo. ....	23
2.3.	Emisiones Contaminantes .....	23
2.3.1.	Inofensivo.....	24
2.3.2.	Contaminantes.....	24
2.3.3.	Impacto al ambiente.....	25
2.4.	Componentes electrónicos del vehículo .....	25
2.4.1.	Unidad de control electrónico ECU .....	25
2.4.2.	Sensores .....	27
a.	Sensores de efecto Hall.....	27
b.	Sensor de árbol de levas CMP .....	28
c.	Sensor de cigüeñal CKP .....	30
2.5.	Variador de avance al encendido .....	31
2.5.1.	Definición .....	31
2.5.2.	Funcionamiento .....	32
2.5.3.	Tipos de variadores de avance .....	32
a.	Variador de avance para módulos de encendido .....	32

b.	Variador de avance por estrategia MAP.....	33
c.	Variador de avance con sensor CKP inductivo.....	33
2.6.	Variador de avance al encendido Spark 11.....	34
2.6.1.	Funcionamiento.....	35
2.6.2.	Diagrama de conexión.....	36
2.7.	Dinamómetro de rodillos.....	37
2.7.1.	Elementos del dinamómetro de rodillos.....	38
2.7.2.	Características principales.....	39
2.7.3.	Control.....	40
2.8.	Analizador de gases.....	41
2.8.1.	Elementos del analizador de gases.....	42
2.8.2.	Características del analizador de gases.....	43

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO.....</b>	<b>45</b>
3.1.	Implementación.....	45
3.1.1.	Características de fábrica del vehículo NISSAN X-TRAIL.....	45
3.1.2.	Ubicación de los elementos electrónicos.....	47
3.1.3.	Obtención de señales con el osciloscopio.....	48
a.	Señales del sensor CKP – HALL.....	49
b.	Señales del sensor CMP – HALL.....	49
3.1.4.	Conexión eléctrica.....	50
3.1.5.	Validación de la implementación.....	57
3.2.	Programación.....	59
3.2.1.	Establecer las condiciones atmosféricas.....	59
3.2.2.	Conexión de la interfaz de comunicación.....	59
3.2.3.	Seteo del dispositivo con el programa del S700.....	62
a.	Seteo de curvas estándares y personalizadas.....	62

### CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>
4.1.	Obtención de parámetros característicos.....	67
4.1.1.	Protocolo de pruebas.....	67
4.1.2.	Requisitos para la prueba.....	68
4.1.3.	Consideraciones de la prueba.....	70

4.1.4. Curvas características estándar.....	71
4.1.5. Curvas características con el uso del dispositivo SPARK11 .....	72
4.2. Ejecución de la prueba de emisiones contaminantes.....	76
4.2.1. Protocolo de pruebas.....	76
4.2.2. Procedimiento de medición.....	76
4.2.3. Consideraciones de la prueba .....	83
4.2.4. Lectura de gases residuales dinámica estándar SPARK 11. ....	83
4.2.5. Lectura de gases residuales dinámica con el uso del dispositivo SPARK 11.....	84
4.3. Prueba de consumo de combustible .....	86
4.3.1. Equipo de medición .....	86
4.3.2. Consideraciones para la prueba .....	86
4.3.3. Circuito para la prueba de consumo.....	87
4.4. Tabulación de resultados.....	88
4.4.1. Tabulación de curvas de rendimiento .....	88
a. Estándar.....	88
b. Variador a 6 grados .....	89
c. Variador a 9 grados.....	90
d. Variador a 12 grados .....	90
e. Variador a 15 grados .....	91
4.4.2. Tabulación del análisis gases de escape .....	91
a. Estándar.....	90
b. Variador a 6 grados .....	92
c. Variador a 9 grados.....	92
d. Variador a 12 grados .....	93
e. Variador a 15 grados .....	93
4.4.3. Tabulación de la prueba de consumo de combustible.....	94
4.5. Análisis de resultados.....	95
4.5.1. Curvas de rendimiento.....	95
4.5.2. Análisis de gases de escape .....	97
4.5.3. Consumo de combustible .....	99
4.6. Matematización de cálculos.....	99
4.6.1. Cálculo de torque y potencia .....	99
4.6.2. Cálculo del consumo de combustible específico .....	105
4.7. Comparación entre valores calculados, indicados y experimentales ..	107
4.8. Comparación de valores porcentuales .....	111

**CAPÍTULO V**

<b>5. MARCO ADMINISTRATIVO.....</b>	<b>116</b>
5.1. Recursos.....	116
5.1.1. Recursos humanos .....	116
5.1.2. Recursos tecnológicos.....	117
5.1.3. Recursos materiales .....	118
5.2. Gastos del Proyecto .....	120
5.3. Plan de negocio .....	120
5.3.1. Estrategias .....	120
5.3.2. Macro entorno – Análisis PEST .....	121
5.3.3. Meso entorno – Análisis PORTER.....	122
5.3.4. FODA .....	123
5.3.5. FODA cruzado .....	124
5.3.6. Matriz EFE .....	125
5.4. Cronograma.....	126
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>127</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>129</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>131</b>
<b>NETGRAFÍA.....</b>	<b>132</b>
<b>NORMAS .....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>135</b>

Anexo 1	Diccionario – Nomenclatura.
Anexo 2	Ficha Técnica Nissan X-Trail 2004 LE Aut.
Anexo 3	Manual técnico del variador Spark 11 y Software S700
Anexo 4	Informes técnicos de las pruebas de torque y potencia (CCICEV).
Anexo 5	Informes técnicos de las emisiones de gases (Laboratorio de mecánica de patio).
Anexo 6	Prueba de consumo.

- Anexo 7 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA 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.
- Anexo 8 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2204:2002 GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.
- Anexo 9 NORMA SAE J1349 (2004), ENGINE POWER TEST CODE— SPARK IGNITION AND COMPRESSION IGNITION—NET POWER RATING. USA.
- Anexo 10 Cálculos Torque, Potencia y Consumo de combustible.
- Anexo 11 Artículo técnico.



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de la variable independiente .....	8
Tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente .....	8
Tabla 3 Características del Analizador de Gases CARTEK .....	43
Tabla 4 Características del vehículo NISSAN X-TRAIL .....	45
Tabla 5 Distribución de Pines .....	48
Tabla 6 Validación de voltajes .....	57
Tabla 7 Condiciones de verificación del variador .....	58
Tabla 8 Condiciones atmosféricas.....	59
Tabla 9 Valores obtenidos en el dinamómetro .....	89
Tabla 10 Valores obtenidos en el dinamómetro a 6° .....	89
Tabla 11 Valores obtenidos en el dinamómetro a 9° .....	90
Tabla 12 Valores obtenidos en el dinamómetro a 12° .....	90
Tabla 13 Valores obtenidos en el dinamómetro a 15° .....	91
Tabla 14 Valores obtenidos en el analizador de gases .....	91
Tabla 15 Valores obtenidos en el analizador de gases a 6° .....	92
Tabla 16 Valores obtenidos en el analizador de gases a 9° .....	92
Tabla 17 Valores obtenidos en el analizador de gases a 12° .....	93
Tabla 18 Valores obtenidos en el analizador de gases a 15° .....	93
Tabla 19 Tabulación de consumo de combustible .....	94
Tabla 20 Analisis torque .....	95
Tabla 21 Analisis de potencia .....	96
Tabla 22 Analisis de los valores de gases de escape .....	97
Tabla 23 Datos del motor QR25DE .....	100
Tabla 24 Valores de Interpolación .....	100
Tabla 25 Resumen de cálculos de torque y potencia.....	103
Tabla 26 Resumen de cálculos de consumo .....	106
Tabla 27 Comparación de potencia .....	108
Tabla 28 Comparación de torque .....	109
Tabla 29 Comparación de consumo .....	110
Tabla 30 Comparación porcentual de la potencia .....	111
Tabla 31 Comparación porcentual del torque.....	112
Tabla 32 Comparación porcentual del análisis de gases .....	113

Tabla 33 Comparación porcentual de consumo .....	114
Tabla 34 Costo recurso tecnológico .....	117
Tabla 35 Costo recurso material.....	118
Tabla 36 Costo neto .....	120
Tabla 37 FODA Cruzado .....	124
Tabla 38 Matriz EFE .....	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Motor a combustión interna.....	9
Figura 2 Mezcla aire - combustible .....	10
Figura 3 Diagrama P - V.....	11
Figura 4 Admisión.....	13
Figura 5 Compresión .....	14
Figura 6 Trabajo .....	14
Figura 7 Escape .....	15
Figura 8 Ciclo práctico o indicado .....	16
Figura 9 Ciclo real .....	18
Figura 10 Par motor.....	19
Figura 11 Curva del par motor y potencia .....	20
Figura 12 Curva de potencia .....	22
Figura 13 Curva de características del motor.....	23
Figura 14 ECU .....	26
Figura 15 Arquitectura de la ECU.....	26
Figura 16 Funcionamiento de los sensores.....	27
Figura 17 Sensor efecto Hall .....	28
Figura 18 Señal estándar del sensor CMP .....	28
Figura 19 Sensor CMP NISSAN.....	29
Figura 20 Sensor CMP Hall .....	29
Figura 21 Señal estándar del sensor CKP .....	30
Figura 22 Sensor CKP .....	30
Figura 23 Sensor CKP Hall.....	31
Figura 24 Concepto de avance al encendido .....	32
Figura 25 Variador de avance .....	34
Figura 26 Verificación del funcionamiento.....	35
Figura 27 Diagrama de conexión.....	36
Figura 28 Pin Out.....	36
Figura 29 Vehículo en el dinamómetro MAHA MGT 5 .....	37
Figura 30 Elementos del dinamómetro de rodillos .....	39
Figura 31 Interface del dinamómetro MAHA LPS 3000.....	40

Figura 32 Curvas de potencia en el dinamómetro MAHA .....	41
Figura 33 Analizador CARTEK .....	42
Figura 34 Elementos del analizador de gases CARTEK .....	43
Figura 35 Ubicación CKP, CMP e Ignición .....	47
Figura 36 Señal CKP y CMP .....	48
Figura 37 Señal CKP – Hall en el OTC .....	49
Figura 38 Señal CMP – Hall en el OTC.....	49
Figura 39 Diagrama de flujo de conexión eléctrica.....	50
Figura 40 Conectores Tamiya y cable de conexión.....	51
Figura 41 Mazo de cables .....	51
Figura 42 Conexión con los cables CMP.....	52
Figura 43 Conexión con los cables CKP .....	52
Figura 44 Conexión con el socket del CMP.....	53
Figura 45 Conexión con el socket del CKP .....	53
Figura 46 Conexión a masa.....	54
Figura 47 Conexión del rele de ignición .....	54
Figura 48 Cable de alimentación .....	55
Figura 49 Fusible de protección .....	55
Figura 50 Accionamiento del variador Spark 11 .....	56
Figura 51 Implementación Spark11 .....	56
Figura 52 Señal CKP terminal 11 .....	57
Figura 53 Señal CMP terminal 5 .....	58
Figura 54 Diagrama de flujo del interfaz.....	59
Figura 55 Conexión con la interfaz.....	60
Figura 56 Cable USB 701 .....	60
Figura 57 Alimentación fuente externa .....	61
Figura 58 Conexión a la PC.....	61
Figura 59 Diagrama de flujo de programación de variador .....	62
Figura 60 Selección del COM Port.....	63
Figura 61 Curvas estándar .....	64
Figura 62 Ejemplos de curvas estándar.....	64
Figura 63 Curvas personalizadas.....	65
Figura 64 Guardar curva en el variador .....	66
Figura 65 Curva estándar vs personalizada .....	66

Figura 66 Medidas de seguridad .....	68
Figura 67 Extractor de gases .....	69
Figura 68 Anclaje del vehículo .....	69
Figura 69 Zona de seguridad .....	70
Figura 70 Curva de potencia y torque estándar .....	71
Figura 71 Curva de potencia y torque a 6° .....	72
Figura 72 Curva de potencia y torque a 9° .....	73
Figura 73 Curva de potencia y torque a 12° .....	74
Figura 74 Curva de potencia y torque a 15° .....	75
Figura 75 Módulo magnético de revoluciones .....	77
Figura 76 Calibración del equipo .....	77
Figura 77 Mediciones .....	78
Figura 78 Registro del vehículo .....	78
Figura 79 Pre inspección del vehículo .....	79
Figura 80 Características de rechazo .....	79
Figura 81 Autocero .....	80
Figura 82 Autocero .....	80
Figura 83 Teste de revoluciones .....	81
Figura 84 Sonda de prueba .....	81
Figura 85 Prueba ralentí .....	82
Figura 86 Prueba de cruceo .....	82
Figura 87 Finalización de la prueba .....	83
Figura 88 Prueba de análisis de gases estándar .....	83
Figura 89 Prueba de análisis de gases 6° .....	84
Figura 90 Prueba de análisis de gases 9° .....	84
Figura 91 Prueba de análisis de gases 12° .....	85
Figura 92 Prueba de análisis de gases 15° .....	85
Figura 93 ElmScan 5 y Software OBDwiz .....	86
Figura 94 Circuito para la prueba de consumo .....	88
Figura 95 Prueba consumo estándar .....	94
Figura 96 Análisis de torque .....	95
Figura 97 Análisis de potencia .....	96
Figura 98 Análisis de los valores de CO <sub>2</sub> y HC .....	97
Figura 99 Análisis de los valores de O <sub>2</sub> y CO .....	98

Figura 100 Análisis de consumo de combustible .....	99
Figura 101 Comparación de la potencia .....	108
Figura 102 Comparación del torque .....	109
Figura 103 Comparación de consumo.....	110
Figura 104 Comparación porcentual de potencia .....	112
Figura 105 Comparación porcentual de torque .....	113
Figura 106 Comparación porcentual del análisis de gases .....	114
Figura 107 Comparación porcentual de consumo.....	115

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo del torque .....	19
Ecuación 2. Cálculo de la potencia.....	21
Ecuación 3. Cálculo de la potencia.....	21
Ecuación 4 Velocidad máxima del pistón .....	101
Ecuación 5 Velocidad de movimiento de la carga en la sección del paso de la válvula. ....	101
Ecuación 6 Presión al final de la admisión .....	101
Ecuación 7 Presión al final de la compresión .....	101
Ecuación 8 Coeficiente $\gamma_{res}$ .....	102
Ecuación 9 Temperatura de admisión .....	102
Ecuación 10 Temperatura de compresión .....	102
Ecuación 11 Presión al final del trabajo.....	102
Ecuación 12 Presión al final del escape .....	102
Ecuación 13 Fuerza máxima .....	102
Ecuación 14 Torque.....	103
Ecuación 15 Potencia .....	103
Ecuación 17 Volumen del cilindro.....	105
Ecuación 18 Presión media efectiva del motor.....	105
Ecuación 19 Potencia efectiva del motor.....	105
Ecuación 20 Consumo de combustible teórico.....	105
Ecuación 21 Gasto específico efectivo del combustible .....	106
Ecuación 22 Consumo de combustible calculado .....	106

## RESUMEN

La necesidad que tiene la industria automotriz de encontrar métodos que permitan incrementar la potencia y torque de un vehículo, así como mejorar la calidad del aire reduciendo el consumo de combustible y disminuyendo la emisión de gases contaminantes, ha derivado en la investigación, el desarrollo y la implementación de sistemas y dispositivos electrónicos adaptables a varios vehículos ,como lo es el variador de avance al encendido Spark 11 el mismo que permite variar el punto del encendido original del automóvil optimizando de esta manera el funcionamiento del motor sin tener que modificar el encendido original o cualquier otro elemento del motor. Este dispositivo electrónico fue implementado en el vehículo NISSAN X-TRAIL con el propósito de analizar su influencia en los parámetros característicos del motor QR25 de combustión interna. El presente trabajo de titulación muestra la obtención y comparación de los distintos parámetros como son: torque, potencia, consumo y emisiones de gases contaminantes, conseguidos a través de las diferentes pruebas en condición estándar y bajo la influencia del variador de avance al encendido programado en sus diferentes ángulos de adelanto al encendido como son (6°, 9°, 12° y 15°).

### **PALABRAS CLAVE:**

- MOTOR A COMBUSTION INTERNA
- VARIADOR DE AVANCE AL ENCENDIDO
- PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS
- EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES



## ABSTRACT

The necessity that the automotive industry to find other methods which us to increase power and torque of a vehicle, as well as improve the quality of air reducing fuel consumption and decreasing emissions of polluting gases, it has derived in the research, the development and the implementation of systems and adaptable electronic devices in several vehicles, as is the timing advance processor Spark 11 ignition the same that allows us to vary the point of the original car ignition optimizing in this way the engine operation without modify the original ignition or any other element of the engine. This electronic device was implemented in the NISSAN X-TRAIL vehicle with the purpose of analyzing its influence in the performance parameters of QR25 engine internal combustion. The present project shows the obtaining and comparison of different parameters such as: torque, power, fuel consumption and emissions of pollutant gases, obtained through different tests in standard condition and under the influence of timing ignition advance programmed in its different angles of advances to the ignition as they are (6°, 9°, 12° and 15°).

### KEYWORDS:

- INTERNAL COMBUSTION ENGINE
- TIMING ADVANCE PROCESSOR
- PERFORMANCE PARAMETERS
- EMISSIONS OF POLLUTING GASES

## **PRESENTACION**

La industria automotriz tiene la necesidad de investigar técnicas que permitan optimizar la potencia y torque de un vehículo, así como también mejorar la calidad del aire reduciendo el consumo de combustible y disminuyendo la emisión de gases contaminantes que se genera como consecuencia de un proceso de combustión.

El desarrollo y la implementación de sistemas y dispositivos electrónicos adaptables a varios vehículos como lo son los variadores de avance al encendido cuya función es corregir el punto de encendido, modificando la curva de avance logrando un funcionamiento óptimo del vehículo dicha corrección es calculada en función de parámetros almacenados en la memoria y modificadores externos como revoluciones por minuto, sensor de posición del árbol de levas CMP y sensor de posición del cigüeñal CKP.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Antecedentes

En los últimos años uno de los principales retos a cumplir por parte de los fabricantes de vehículos ha sido mejorar las características mecánicas de los motores a combustión interna como son: torque o par motor, potencia, y consumo específico de combustible.

Para poder mejorar los parámetros característicos de los motores, se han desarrollado sistemas y dispositivos electrónicos los cuales al ser implementados en los diferentes motores de combustión interna han logrado mejorar las condiciones de desempeño de los vehículos reduciendo el consumo de combustible.

El grupo de investigadores de la empresa Argentina SITEC (2014) manifiesta:

Un defectuoso avance del encendido produce menor potencia y torque, además no solo disminuye su performance, sino también su vida útil. El porcentaje de pérdida de potencia es un índice que muestra cuánto está siendo disipado como calor en las partes internas del motor, como tapa de cilindros, válvulas, cabeza de pistón, etc. Para evitar esto, y obtener un motor con una duración tan larga como fuera posible, con la menor pérdida de potencia, la instalación del variador de avance es altamente recomendada.

Expertos de la empresa que fabrican variadores de avance al encendido indican que: “Corrige el punto de encendido, modificando la curva de avance logrando un funcionamiento óptimo del vehículo dicha corrección es calculada en función de parámetros almacenados en la memoria y modificadores externos como revoluciones por minuto, posición del

acelerador o sensores” (DIEL Electrónica, 2014).

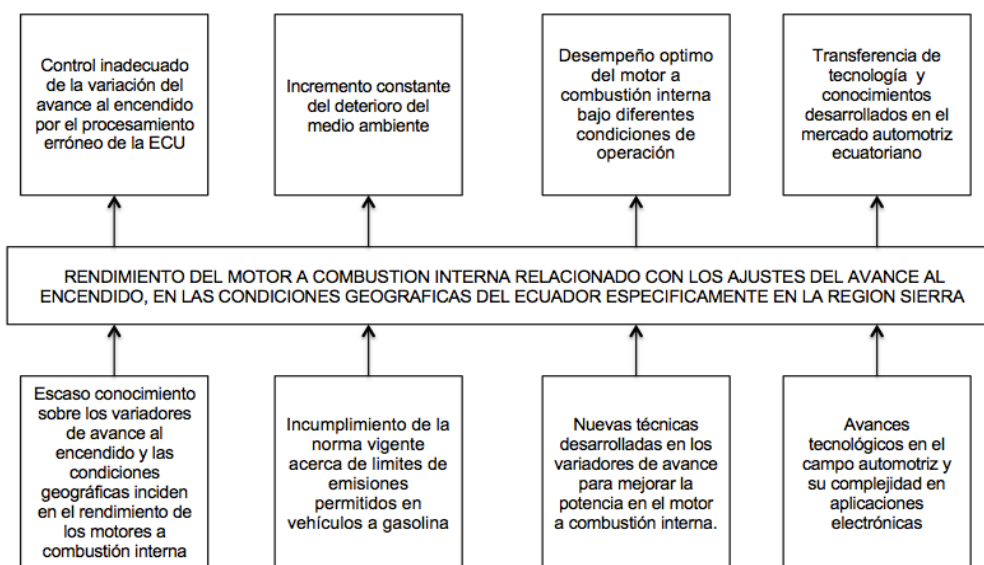
Según otros profesionales señalan: “Los variadores de avance son dispositivos electrónicos que permiten variar el punto del encendido original del automóvil optimizando el funcionamiento del motor sin modificar el encendido original” (DITRON, 2012).

Uno de los factores que afecta a la contaminación ambiental, la destrucción de la capa de ozono y de la naturaleza son las emisiones contaminantes que los vehículos producen. Para reducir dichas emisiones los fabricantes de vehículos tratan de implementar sistemas y dispositivos electrónicos. En el ámbito legal del Ecuador se dispone de normas que regulan las emisiones permitidas por los vehículos, como:

NTE INEN, 2 204:2002, Esta norma se refiere a la calidad del aire de los vehículos automotores, así como también a los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.

NTE INEN, 2 203:2000, La presente norma trata sobre la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralentí" (prueba estática) en los automotores

## 1.2. Planteamiento del problema



La investigación se origina por el rendimiento del motor a combustión interna relacionado con los ajustes del avance al encendido, en las condiciones geográficas del Ecuador específicamente en las ciudades de Latacunga y Quito.

El escaso conocimiento sobre los variadores de avance al encendido y las condiciones geográficas inciden en el rendimiento (torque, potencia y consumo volumétrico) de los motores a combustión interna provocando un control inadecuado de la variación del avance al encendido por el procesamiento erróneo de la ECU.

El incumplimiento de la norma nacional vigente acerca de los límites de emisiones permitidos en vehículos a gasolina contribuye al incremento constante del deterioro del medioambiente.

La aplicación de componentes electrónicos como los variadores de avance para mejorar la potencia en el motor de combustión interna así como los avances tecnológicos en el campo automotriz y su complejidad en aplicaciones electrónicas permite un desempeño óptimo del motor a combustión interna bajo diferentes condiciones de operación, generando transferencia de tecnología y conocimientos.

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

La investigación "Análisis de la incidencia en los parámetros característicos del motor QR25 del vehículo NISSAN X-TRAIL cuando se utiliza el variador de avance al encendido Spark11" se consideró los siguientes aspectos:

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

La implementación se desarrolló en el laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, Campus Belisario Quevedo y la programación del ángulo de adelanto al encendido se realizó mediante el uso del programa “Editor de Curvas DIEL S700” propio del dispositivo Spark 11, se configuró el mismo en dependencia de las condiciones geográficas de las ciudades Latacunga y Quito y de los ángulos (6°, 9°, 12° y 15°) que se requirió para la ejecución de las diferentes pruebas.

Se realizó diferentes pruebas para determinar los parámetros característicos (torque, potencia y consumo volumétrico) del motor QR25 del vehículo NISSAN X-TRAIL con el variador de avance al encendido Spark 11 activado y desactivado, mediante la utilización del dinamómetro de rodillos MAHA del CCICEV y el analizador de gases CARTEK del laboratorio de mecánica de patio. Todas las pruebas y mediciones se llevó a cabo en condición de ralentí y cruce, de acuerdo a la norma NTE INEN, 2 203:2000.

Se tabuló los datos obtenidos para generar un registro de las variaciones de los parámetros característicos del motor QR25.

La investigación justificó los resultados de una forma técnica y científica con el uso de la matematización, que consistió en calcular el torque, potencia y consumo específico, por medio de fórmulas.

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

Dado que el campo automotor en el Ecuador está conformado “por más de 1,7 millones de vehículos de los cuales 1,526,102 funcionan con gasolina y realizan una variación al encendido, que representa el 88.84 %” (Instituto Nacional Ecuatoriano de Estadísticas y Censos, 2013).

Por ello es necesario e imprescindible mantenerse al tanto de la información técnica especializada que permita dar el uso e implementación adecuado a los variadores de avance.

El avance tecnológico en el campo automotriz permite estar a la par de las nuevas tecnologías que brindan diversos dispositivos para mejorar las prestaciones del motor, creando fuentes de investigación que utilizan equipos electrónicos como el variador de avance al encendido Spark 11.

El aporte de esta investigación permitió obtener parámetros válidos acerca de las curvas características del motor QR25 y conocimiento sobre el uso del variador de avance al encendido Spark 11, según las condiciones geográficas de las ciudades de Latacunga (consumo volumétrico) y Quito (torque y potencia) con el fin de alcanzar un desempeño óptimo del motor a combustión interna logrando una disminución de emisiones establecidas por las normas ecuatorianas INEN.

#### **1.4.1. Interés de la investigación**

Esta investigación va dirigida a dos grupos de usuarios con diferentes necesidades, por un lado tenemos a las personas que desean disminuir el consumo de gasolina y las emisiones contaminantes, y por otro lado están los aficionados a las competencias que desean incrementar la potencia del vehículo. Todo esto se logra modificando el adelanto al encendido por medio del variador Spark 11.

#### **1.4.2. Utilidad teórica**

Al utilizar el variador de avance al encendido Spark 11 se logra mejorar los parámetros característicos, es decir el torque y potencia del vehículo, reducir el consumo de combustible así como los niveles de contaminación producidos por las emisiones que generan los vehículos.

#### **1.4.3. Utilidad práctica**

Al implementar el variador al encendido Spark 11 se optimizó el consumo de combustible, mejorando el ahorro del mismo y sobre todo reduciendo las emisiones contaminantes.

#### **1.4.4. Utilidad metodológica**

El variador de avance Spark 11 también se puede implementar en vehículos que utilizan combustibles alternativos como GLP y GNC, además para la repotenciación de motores ofreciendo un amplio campo de investigación para futuros trabajos.

#### **1.4.5. Factibilidad**

En el Ecuador no existen empresas que fabriquen variadores de avance al encendido, es por ello que el dispositivo debe ser importado, pero sus empresas automotrices cuentan con la tecnología necesaria para realizar una correcta selección e implementación del variador de avance.

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo general**

- Analizar la incidencia en los parámetros característicos del motor QR25 del vehículo NISSAN X-TRAIL cuando se utiliza el variador de avance al encendido Spark 11 para optimizar los parámetros mecánicos del motor a combustión interna.

#### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Consultar información bibliográfica, manuales y datos técnicos que permitan un manejo adecuado de los equipos, del vehículo NISSAN X-TRAIL, del dispositivo Spark 11 y del desarrollo del trabajo práctico.
- Realizar la prueba en el dinamómetro de rodillos para determinar los parámetros característicos (torque y potencia) del motor QR25 del vehículo NISSAN X-TRAIL.
- Implementar el dispositivo variador de avance al encendido Spark 11 en el vehículo NISSAN X-TRAIL y programar el ángulo de encendido.



- Realizar las diferentes pruebas en el dinamómetro de rodillos para determinar los parámetros característicos (torque y potencia) del motor QR25 del vehículo NISSAN X-TRAIL cuando se utiliza el variador de avance al encendido Spark 11.
- Tabular los datos obtenidos, para generar un registro de las variaciones de los parámetros característicos (torque y potencia), análisis de gases y consumo de combustible del motor QR25.
- Justificar los resultados de las concentraciones de CO<sub>2</sub>, HC y CO de una forma técnica y científica a través de la tabulación y análisis de resultados.

## **1.6. Metas**

Desarrollar una investigación relacionada con el variador de avance al encendido Spark 11 para obtener una mejora de las prestaciones mecánicas del motor de combustión interna QR25 en un 3 al 10% en el año 2016.

## **1.7. Hipótesis**

La investigación relacionada a la variación del tiempo de encendido con el dispositivo Spark 11 permitió mejorar los parámetros característicos ideales del motor QR25.

## **1.8. Variables de la investigación**

### **1.8.1. Variable independiente**

- Variación del punto de encendido.

### 1.8.2. Variable dependiente

- Parámetros característicos del motor QR25

### 1.9. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Son los grados de adelanto al encendido los cuales modifican el funcionamiento del motor.	Seteo del dispositivo	Grados de encendido	°	Programación	Programa Diel S700
	Condición geográfica	Altura	msnm	Programación	Dispositivo Spark11
	Régimen	Revoluciones por minuto	RPM	Programación	Programa Diel S700

**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	Torque	Nm	Medición	Dinamómetro de rodillo
		Potencia	W	Medición	Dinamómetro de rodillo
		Consumo volumétrico	l / h	Medición	Conector OBDII WIZ
	Contaminación	Niveles de Emisiones	ppm HC	Medición	Analizador de gases CARTEK

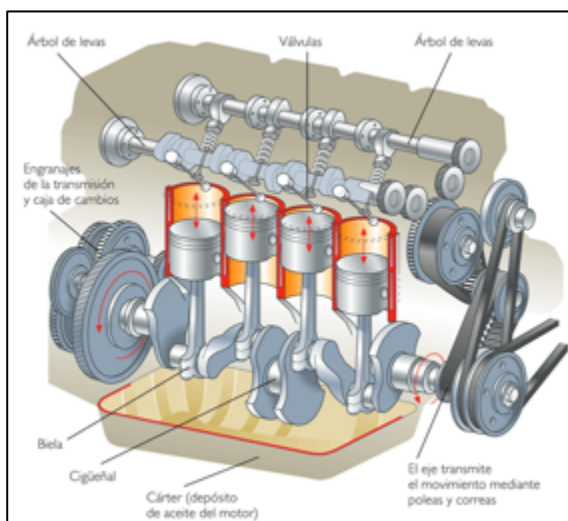
## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Motor a Combustión Interna

Un motor de combustión interna (M.C.I.); como se puede observar en la figura 1, transforma la energía de un combustible en energía mecánica.

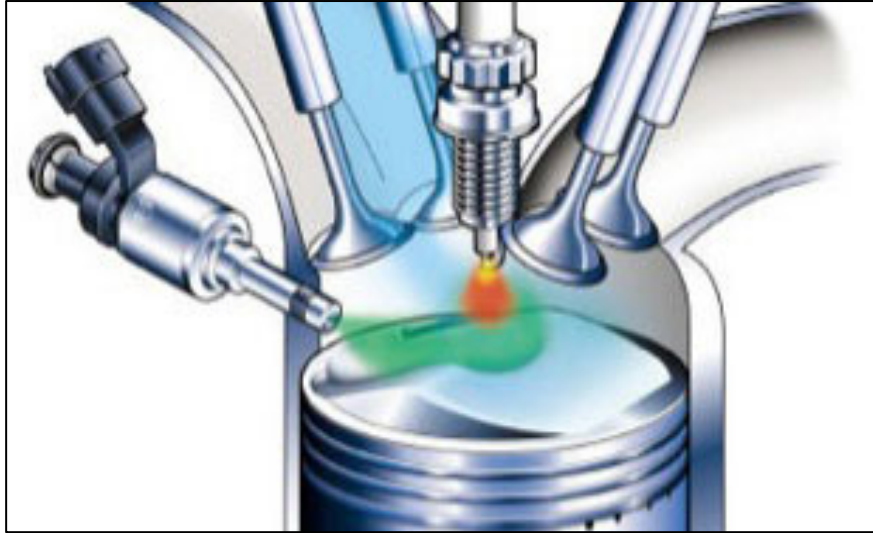
El M.C.I. es una máquina térmica que obtiene calor a temperaturas altas, debido a la explosión del combustible en el interior del motor. El combustible es casi siempre un hidrocarburo, como gasolina, queroseno o diesel; pero en ocasiones se usa gas licuado de petróleo, metano (gas natural) y otros. Generalmente el combustible se mezcla con aire dentro del motor; quemándose la mezcla rápidamente, los gases de escape que se producen siempre se encuentran a temperatura y presión alta. Este proceso no se trata de una transferencia de calor a alta temperatura de una región, sino de una liberación de energía química que proporciona un gas con alta presión y temperatura dentro del motor. Así, los gases calientes se propagan en el motor, produciendo potencia y trabajo. Finalmente, los gases salen del motor cuando están a baja presión y a baja temperatura, así se puede comparar la liberación a una transferencia de calor hacia una región con baja temperatura. (Rolle K., 2006, p.283).



**Figura 1** Motor a combustión interna  
**Fuente:** (Rolle K., 2006)

### 2.1.1. Principio de Funcionamiento

Su funcionamiento se basa, en el quemado de una mezcla de aire/combustible en el interior de un cilindro o cámara cerrada, como indica la figura 2, con el fin de aumentar la presión y generar con potencia el movimiento lineal alternativo del pistón.



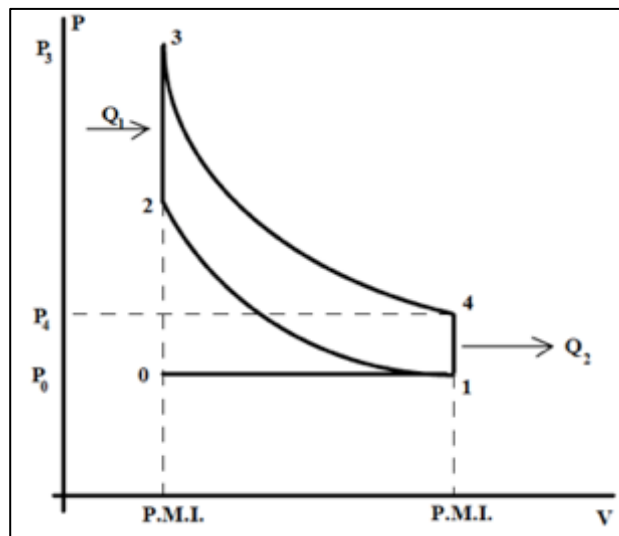
**Figura 2** Mezcla aire - combustible  
**Fuente:** (Banrepcultural.org, 2015)

Para esta clase de motor se debe preparar la mezcla de aire y combustible correctamente dosificada, este proceso se hacía antes en el carburador y actualmente se lo hace con los inyectores en los sistemas que tienen control electrónico. Luego de introducir la mezcla en el cilindro, se debe provocar la combustión en la cámara del cilindro con una chispa de alta tensión que brinda el sistema de encendido. (Banrepcultural.org, 2015).

El ciclo Otto es un ciclo termodinámico que se emplea para describir el funcionamiento del motor de combustión interna a gasolina.

### 2.1.2. Principio Termodinámico

El principio termodinámico de un motor a combustión interna se representa gráficamente mediante el diagrama P-V (teórico). Constituido por medio de las transformaciones termodinámicas que se describen a en la Figura 3:



**Figura 3** Diagrama P - V

**Fuente:** (Universidad de Castilla-La Mancha, 2012)

- Admisión (Isobara 0-1): La circulación de los gases desde la atmósfera a la parte interna del cilindro se produce sin rozamiento, y sin pérdida de carga, por tanto, la presión en el interior del cilindro en toda esta carrera se mantiene constante e igual a la atmosférica.
- Compresión (Adiabática 1-2): La compresión se hace tan rápidamente, que el fluido operante no intercambia calor con el medio exterior, por ello la transformación se considera a calor constante.
- Combustión (Isócara 2-3): El momento en que salta la chispa y se produce una combustión instantánea del combustible, se genera una cantidad de calor  $Q_1$  que al ser tan rápida se puede suponer que el pistón no se ha movido, por lo que el volumen durante la transformación se mantiene constante.
- Trabajo (Adiabática 3-4): Debido a la rapidez de giro del motor los gases quemados no pueden intercambiar calor con el medio exterior, por ello se considera que tiene una transformación a calor constante.

- Primera fase del escape (Isócora 4-1): Al presentarse una apertura instantánea de la válvula de escape, produce una salida tan rápida de gases del interior del cilindro y una pérdida de calor  $Q_2$  que permite una transformación a volumen constante.
- Segunda fase del escape (Isobara): El pistón al moverse hacia el P.M.S. provoca la expulsión de gases sobrantes en el interior del cilindro, y los gases quemados no ofrecen resistencia alguna para salir a la atmósfera, por lo que la presión en el interior del cilindro se mantiene constante e igual a la atmosférica.

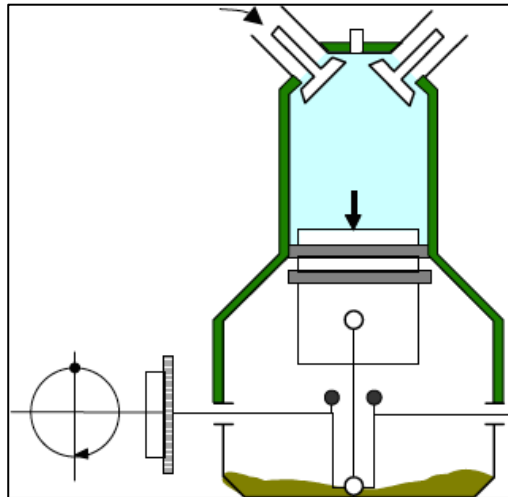
### 2.1.3. Ciclo Otto Teórico

El ciclo Otto teórico es el ciclo ideal del motor de combustión interna encendido por chispa donde se describe cuatro tiempos de trabajo o fases de la siguiente manera:

- Primer tiempo: Admisión

En este tiempo el pistón se desplaza desde el punto muerto superior (P.M.S.) al punto muerto inferior (P.M.I.) y se produce la primera carrera (S) o desplazamiento lineal. En este desplazamiento el cigüeñal efectúa un giro de  $180^\circ$ .

“Al iniciar esta fase se abre de forma instantánea la válvula de admisión y permanece abierta durante todo el tiempo que se realiza este recorrido, creándose una depresión cuando se desplaza el pistón, que aspira una mezcla de A/C, que ingresa por la apertura de la válvula de admisión para llenar en su totalidad el cilindro”. (Universidad de Castilla-La Mancha, 2012).



**Figura 4** Admisión

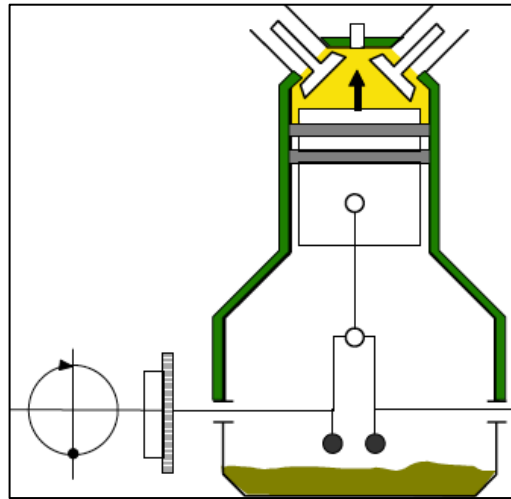
**Fuente:** (Universidad de Castilla-La Mancha, 2012)

En el ciclo teórico la válvula de admisión se abre instantáneamente al inicio de la carrera y de igual manera se cierra, al final de dicho recorrido; como se puede observar en la figura 4.

- Segundo tiempo: Compresión

Durante el transcurso de esta etapa la válvula de admisión y la válvula de escape se encuentran cerradas, el pistón se desplaza desde el P.M.I. hasta el P.M.S. En este tiempo el cigüeñal a realizado un giro total de 360°.

“El pistón comprime la mezcla de A/C, la cual queda ubicada en el volumen de la cámara de combustión, conocida también como compresión, que se encuentra por encima del P.M.S, como lo indica la figura 5. El trabajo realizado por la mezcla en esta etapa es negativo, ya que ésta se comprime”. (Universidad Politécnica de Madrid, 2014).



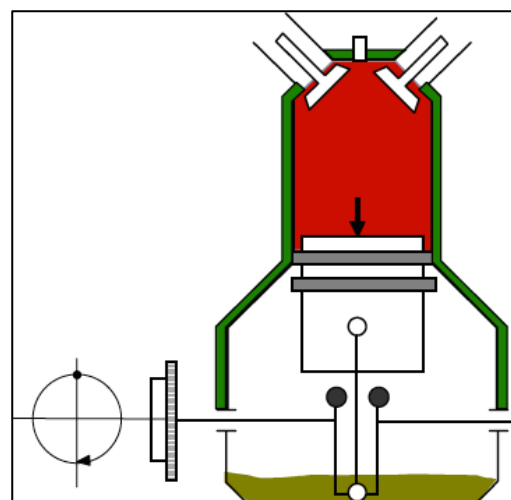
**Figura 5** Compresión

**Fuente:** (Universidad de Castilla-La Mancha, 2012)

- Tercer tiempo: Trabajo

En el instante que el pistón llega P.M.S., salta una chispa eléctrica entre los electrodos de la bujía en el interior de la cámara de combustión que ocasiona la ignición de la mezcla A/C. “Es en este proceso en donde la energía calorífica del combustible se transforma en energía mecánica produciendo la fuerza de empuje que logra que el pistón se mueva hasta el P.M.I.” (Universidad de Castilla-La Mancha, 2012). Como lo indica la figura 6

Al llegar el pistón al P.M.I. instantáneamente se abre la válvula de escape. Al final de este tiempo el cigüeñal a girado  $540^\circ$ .



**Figura 6** Trabajo

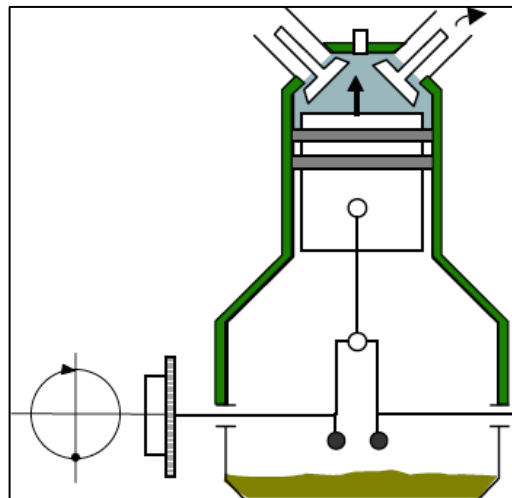
**Fuente:** (Universidad de Castilla-La Mancha, 2012)



- Cuarto tiempo: Escape

Durante este tiempo el pistón se desplaza desde el P.M.I. al P.M.S. En el transcurso de esta etapa el pistón y la válvula de escape se mantiene abiertos. “Los gases quemados provenientes de la combustión son expulsados a la atmósfera a través de la válvula de escape a una presión elevada producida en la parte interna del cilindro, y por el movimiento del pistón hacia el P.M.S. como se puede observar en la figura 7” (Universidad de Castilla-La Mancha, 2012)

El momento en que el pistón llega al P.M.S. se cierra la válvula de escape y al mismo tiempo se abre la válvula de admisión. Al final de este tiempo el cigüeñal ha girado  $720^\circ$ .



**Figura 7** Escape

**Fuente:** (Universidad de Castilla-La Mancha, 2012)

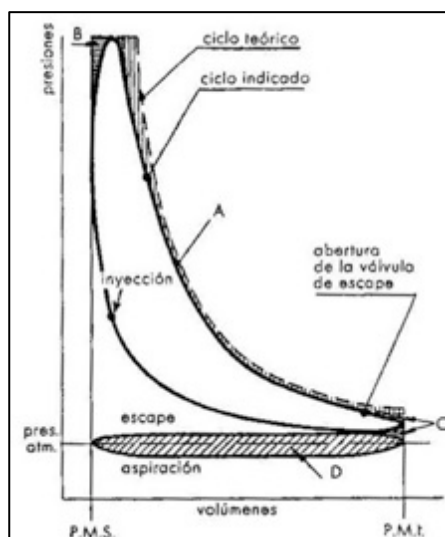
#### 2.1.4. Ciclo Otto Práctico

La válvula de admisión se abre en el primer tiempo cuando el pistón se halla en el P.M.S., y se cierra cuando llega el pistón al P.M.I.; luego se ejecuta la compresión y la explosión, una a una durante la carrera del émbolo, siempre con las dos válvulas cerradas, concluyendo el ciclo con el cuarto tiempo, que es cuando la válvula de escape se abre en este momento el pistón está en el P.M.I, cerrándose al alcanzar el P.M.S.

La conducta interna de los motores en sus fases o tiempos de trabajo no se harán de acuerdo al ciclo teórico descrito, sino estará sujeto a varios

factores que lo cambian. Por ello, el rendimiento del ciclo real es menor y, en consecuencia, también lo es el trabajo útil realizado por el motor, como lo muestra la figura 8.

En la práctica para corregir el funcionamiento del motor se realiza una leve variación: “Se trabaja sobre el avance al encendido, considerando la duración de la combustión, con ello se obtiene una máxima presión, de tal manera las válvulas de admisión como las de escape no se abren y cierran puntualmente al alcanzar el pistón sus puntos muertos” (Arias, 1999, p.35). Estas dos reglas son propias de cada motor.



**Figura 8** Ciclo práctico o indicado  
**Fuente:** (Arias, 1999)

En la mayor parte de los motores hay un cierto avance a la apertura de la admisión (A.A.A.); por lo tanto, la válvula de admisión se abre antes de que el pistón llegue al P.M.S. Algunos motores no poseen avance a la apertura de la admisión (A.A.A.= 0), y ciertos motores antiguos poseían un ligero retraso (R.A.A.), ya que la válvula de admisión se abría cuando el pistón recorría del P.M.S. Actualmente, el A.A.A. vale de  $10^\circ$  a  $40^\circ$  de giro del cigüeñal, y el promedio es de  $20^\circ$ .

Algo que si es general para todos los motores es el retraso al cierre de la admisión (R.C.A.); en lugar de cerrarse la válvula de admisión en cuanto el pistón está en el P.M.I., se cierra el momento que éste ha subido un poco desde este punto muerto. El pistón absorbe los gases cuando están

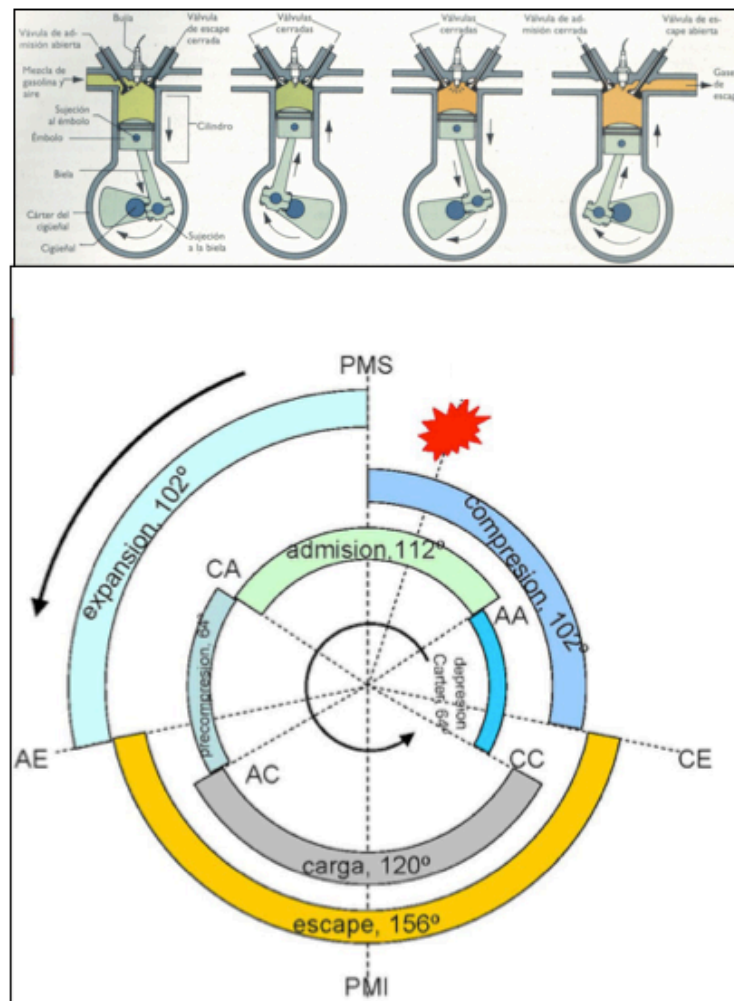
bajando en el primer tiempo; al llegar al P.M.I., la velocidad con que ingresan los gases en el cilindro es bastante grande, y pese a que en ese momento el pistón no aspira más, los gases, mientras que la válvula está abierta, continúan ingresando en el cilindro debido a la velocidad alcanzada, pese a que el pistón comience a subir, porque al inicio de su subida los empuja sin mucha fuerza. Con objeto de que el llenado del cilindro sea lo más completo posible, la válvula de admisión permanece abierta hasta luego de pasar el pistón por el P.M.I. y se cierra cuando los gases, empujados por el émbolo, serían sacados del cilindro a través de la válvula de admisión, si seguiría abierta. El tamaño de este retraso, que se obtendrá experimentalmente, es diferente para cada clase de motor, y vale entre  $45^\circ$  y  $100^\circ$  de giro del cigüeñal después del PMI, en general. El promedio es de  $65^\circ$ .

Es común que en la mayoría de los motores exista el avance a la apertura del escape (A.A.E.); esto se produce antes de que termine la carrera de explosión en el tercer tiempo y de que el pistón llegue al P.M.I., se produce la apertura de la válvula de escape. Facilitando así la expulsión de los gases quemados cuando el pistón empiece a subir en el cuarto tiempo haya desaparecido la presión elevada producida por la explosión en la parte interna del cilindro, así encuentra el émbolo menor resistencia en su movimiento de subida. El valor del A.A.E., en general está entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$  de giro del cigüeñal antes del PMI con un promedio de  $60^\circ$ .

Finalmente se hace, la mayoría de veces, un pequeño retraso al cierre del escape (R.C.E.); la válvula de escape se cierra parcialmente después de pasar el pistón por el P.M.S., en el cuarto tiempo, en vez de hacerlo cuando alcanza dicho punto muerto. Ciertos motores antiguos poseían un ligero avance (A.C.E.). Actualmente vale entre  $0^\circ$  y  $60^\circ$ , con un promedio de  $20^\circ$ .

El avance al encendido (A.E.). "Tiene como finalidad producir una chispa antes de que el pistón llegue al PMS, teniendo en cuenta la duración de la combustión, para conseguir que el trabajo realizado por la expansión de los gases se beneficie al máximo" (Arias, 1999, p.35).

La finalidad de estas cotas o variaciones con relación a los puntos muertos que se muestra en la figura 9, es conseguir la mejor eliminación de gases quemados y el llenado más completo de gases frescos, es decir que el motor “respire” bien para brindar la potencia máxima,



**Figura 9** Ciclo real

**Fuente:** (Universidad Politécnica de Madrid, 2014)

## 2.2. Parámetros del M.C.I.

El par o torque, la potencia y el consumo volumétrico son las curvas cuyos valores dan lugar para interpretar el rendimiento del motor a combustión interna.

### 2.2.1. Torque o par motor.

En un M.C.I., la ignición de la mezcla A/C produce el incremento de la temperatura y presión en el interior de los cilindros del motor. Esta

presión generada en el interior provoca a su vez una fuerza de empuje sobre el pistón que lo traslada realizando el movimiento del mecanismo de biela – manivela de los motores de combustión interna alternativos (M.C.I.A.), donde el pistón en el interior del bloque motor realiza un movimiento de traslación que se transforma en un movimiento rotacional (giro del cigüeñal), como se observa en la figura 10. “El par motor o "torque" (T) es el producto de la fuerza aplicada (F) de empuje a los cilindros por la distancia (d) al eje geométrico de giro del árbol del cigüeñal que según el Sistema Internacional de Unidades, en Newton metro (Nm).” (Galbarro, 2013).

$$T = F \times d \quad (1)$$

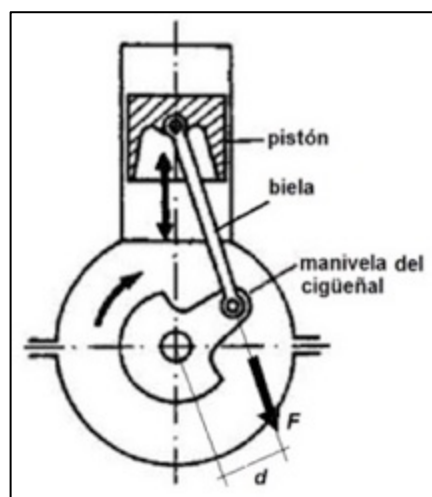
### **Ecuación 1** Cálculo del torque

**Fuente:** (Galbarro, 2013)

Hay que identificar dos tipos de par principales:

**Par Motor:** Es el par definido por el motor, y se mide en el primario del embrague (eje de entrada), es la fuerza de giro que brinda el motor a la salida del eje del cigüeñal, previo al embrague.

**El Par en Rueda:** Es el par que se emplea en la rueda, y es el que da movimiento al vehículo. No conviene con el par motor, ya que la caja de cambios se ocupa de multiplicarlo (dividiendo la velocidad de giro se multiplica el par).



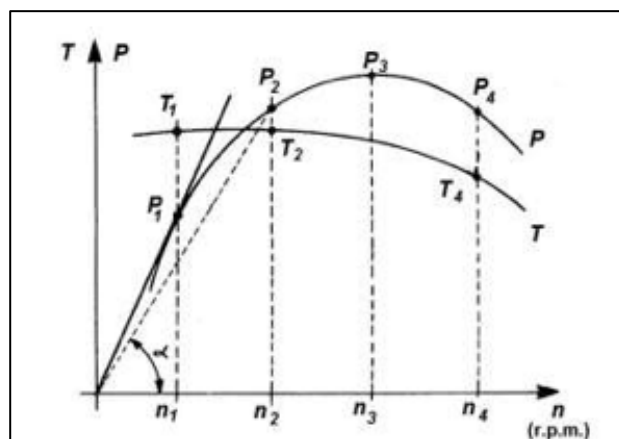
**Figura 10** Par motor  
**Fuente:** (Galbarro, 2013)

En síntesis el torque es un dato que nos permitirá comprender la simplicidad con la que el motor puede mover el vehículo, ya sea que tenga o no carga dentro del mismo. Un torque mayor se puede traducir en un porcentaje de ahorro de combustible, puesto que el motor se exige menos para alcanzar las prestaciones que se necesitan, además se tiene mejor capacidad para recuperar velocidad y movilizar carga a bajas revoluciones.

**a. Curva de par motor.**

En los motores de combustión interna, la curva comienza siendo ascendente hasta llegar al par máximo, que es el punto óptimo de diseño. Desde ese momento en adelante, el par comienza a descender progresivamente. Teniendo que a bajas revoluciones la combustión de la mezcla no resulta ser la más eficiente debido a la insuficiente inercia que poseen los gases que provocan que el llenado del cilindro no sea el óptimo al igual que su vaciado, si el motor trabaja a un alto régimen tampoco el llenado de los cilindros es completo, debido al poco tiempo que dispone el gas para ocupar todo el recinto.

“En los motores de combustión, la curva de par inicia ascendiendo hasta alcanzar las revoluciones donde el motor ofrece el par máximo ( $T_1$ ), que viene a ser el punto perfecto de diseño. En ese momento, el par empieza a disminuir gradualmente” (Galbarro, 2013). Como se observa en la figura 11.



**Figura 11** Curva del par motor y potencia  
Fuente: (Galbarro, 2013)

### 2.2.2. Potencia.

Martínez (2011) comenta que. “Potencia es la cantidad de trabajo que puede ejecutar un motor en un tiempo definido. Mientras más potencia tenga un motor, más trabajo podrá ejecutar al mismo tiempo”.

Rodríguez H., (2013) indica que: “La potencia es la velocidad con que se puede efectuar una tarea, es decir, el trabajo por unidad de tiempo (Potencia = Trabajo / tiempo)”. La potencia (P) se desarrolla a partir del par motor y se expresa por la siguiente ecuación:

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

**Ecuación 2** Cálculo de la potencia  
**Fuente:** (Rodríguez H., 2013)

Siendo ( $\omega$ ) la velocidad angular de giro en (rad/s) y (T) el par motor en (Nm) considerando que es del eje de transmisión o eje del cigüeñal. La potencia del motor se mide, de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades, en vatios (W).

Es importante conocer que la potencia se puede obtener en función de las revoluciones por minutos (r. p. m.) a la que gira el motor. Ya que la potencia máxima puede darse a altos regímenes (revoluciones) del motor y el par máximo a regímenes medios o bajos. Es decir, si (n) son las revoluciones por minuto a la que gira el motor, entonces la potencia (P) se indica en la ecuación 3.

$$P = \frac{T \cdot n}{30 \cdot \pi} \quad (3)$$

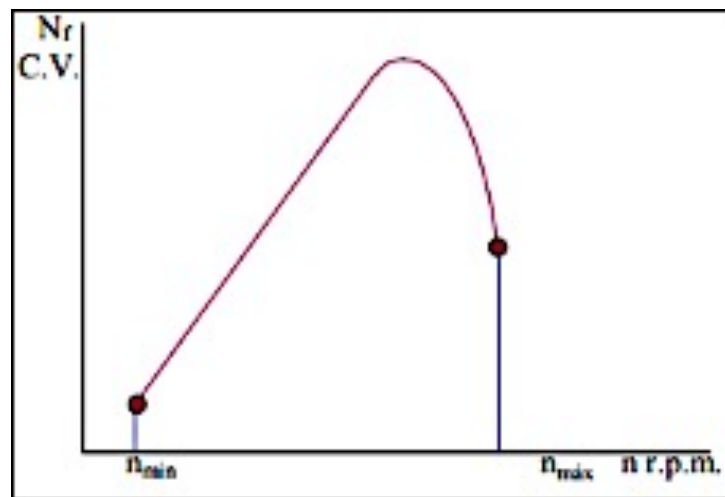
**Ecuación 3.** Cálculo de la potencia  
**Fuente:** (Rodríguez H., 2013)

#### b. Curva de potencia.

Rodríguez H., (2013) indica que: “La potencia que puede ofrecer un M.C.I. aumenta progresivamente conforme se incrementa el régimen de giro, hasta llegar a un punto máximo que se alcanza cuando el motor gira a

ciertas revoluciones por minuto (entre  $n_{\min}$  y  $n_{\max}$ )". Como se muestra en la figura 12.

En estas condiciones, aunque se acelere más la velocidad del motor, este no es capaz de entregar más potencia dado que la curva entra en su tramo descendente. El límite máximo de revoluciones a la que puede girar el motor lo marca  $n_{\max}$ , establecido por las propias limitaciones de los elementos mecánicos que lo constituyen.



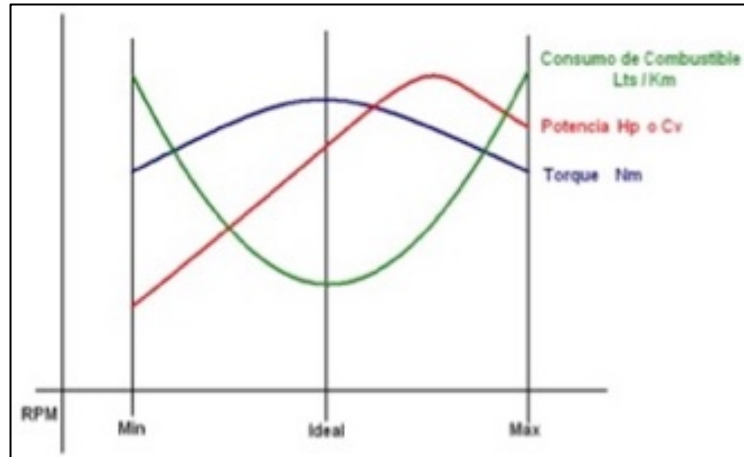
**Figura 12** Curva de potencia  
Fuente: (Porras, 2003)

### 2.2.3. Consumo de combustible.

Es la curva que se encuentra sobre el parámetro de la potencia del motor y representa la cantidad de gramos de combustible necesarios para producir una determinada cantidad de energía. El consumo de combustible es mayor cuando el motor está en marcha mínima (ralentí) y a velocidades mayores (altas r.p.m.); pero a velocidad mediana el consumo de combustible es el ideal. Como se refleja en la figura 13.



c. **Curva de consumo.**



**Figura 13** Curva de características del motor  
**Fuente:** (Porras, 2003)

**2.3. Emisiones Contaminantes**

Freire D., (2013) denomina: “Emisiones contaminantes al material de residuo en forma de gas que no tiene utilidad y que se genera como consecuencia de un proceso de combustión. Los gases emitidos por un M.C.I. de gasolina son, principalmente, de dos tipos: inofensivos y contaminantes”.

Los primeros están formados, fundamentalmente, por oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno.” Los mismos son descritos a continuación.

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, 2 204-2002. 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. Inofensivos

- “Oxígeno (O<sub>2</sub>): constituye un elemento indispensable para producir combustión encontrándose presente en el aire con una concentración del 21%. Si su combinación es muy rica o muy pobre, el oxígeno no esta en capacidad de oxidar todos los enlaces de hidrocarburos y será desalojado con las emisiones contaminantes.
- Vapor de agua: se genera como resultado de la combustión, mediante la oxidación del hidrógeno, y es liberado en conjunto con las emisiones contaminantes.
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): Aparece por la combustión completa del carbono, no es nocivo para los seres vivos y es una fuente de alimentación para las plantas verdes, gracias a la fotosíntesis. Mientras mayor es su concentración, la combustión será mejor; sin embargo, un aumento excesivo de la concentración en la atmósfera podría producir cambios climáticos de gran magnitud (el llamado efecto invernadero). Las principales causas de una baja presencia de CO<sub>2</sub> es causado por una combustión ineficiente, mala mezcla o encendido defectuoso.

### 2.3.2. Contaminantes

- Monóxido de carbono (CO): la ausencia de oxígeno en la combustión hace que ésta no se realice de manera completa formándose monóxido de carbono en lugar de dióxido de carbono. Es producido por una mezcla rica o una combustión incompleta.
- Hidrocarburos (HC): son restos no quemados del combustible, que aparecen en las emisiones contaminantes luego de una combustión que no se ha completado. La mala combustión puede deberse a la carencia de oxígeno durante el proceso de combustión o también por

una lenta inflamación, es conviene ajustar la riqueza de la mezcla.

- Óxidos de nitrógeno (NOx): son óxidos en estado gaseoso del nitrógeno (N). Se los representa como NOx ya que existen varios compuestos posibles que poseen diferente número de átomos.”

### **2.3.3. Impacto al ambiente**

- Un aumento excesivo de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera podría producir cambios climáticos de gran magnitud (el llamado efecto invernadero).
- Grandes cantidades de monóxido de carbono (CO) son causantes de diversos estragos al medio ambiente en el aire, agua, suelo y a los seres vivos que lo conforman. Es sumamente toxico y la inhalación de dicho gas por mas de 8 horas causa envenenamiento y hasta la muerte.
- Excesiva emanación de hidrocarburos (HC) producen daños irreversibles en la capa de ozono ya que provoca reactividad fotoquímica en presencia de la luz solar para dar compuestos oxidados.

## **2.4. Componentes electrónicos del vehículo**

### **2.4.1. Unidad de control electrónico ECU**

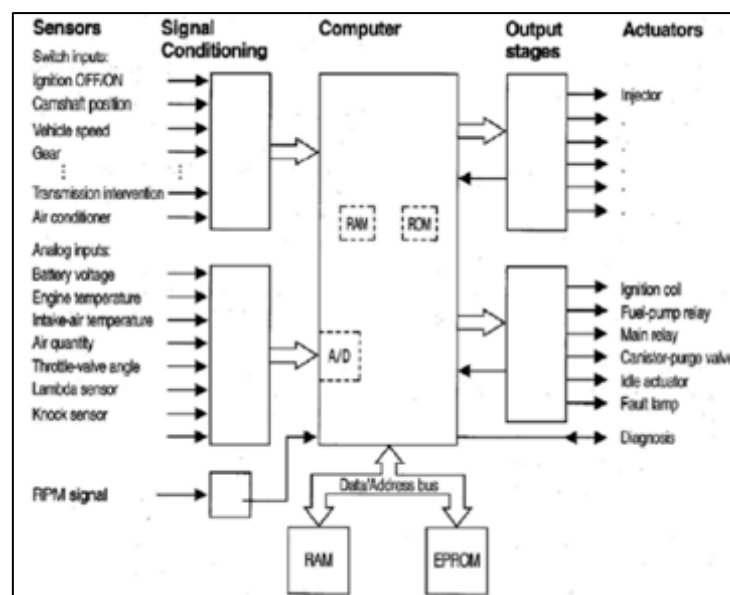
Constituye la parte fundamental del sistema de inyección electrónica a gasolina, puesto que recoge toda la información tanto de los sensores y actuadores, encargandose del procesamiento y de la entrega de órdenes precisas para la dosificación correcta de la mezcla. El resultado final del trabajo de la ECU es determinar el tiempo y el instante de la inyección así como el disparo de la chispa del encendido, que se indica en la figura 14.



**Figura 14** ECU  
**Fuente:** (Bosch, 2002)

Los sistemas de inyección electrónica en su totalidad cuentan con una ECU (Unidad de Control Electrónico) que recibe señales (Voltios, e Impulsos magnéticos) de diversos sensores para entregarlos a los actuadores como valores calculados que se introducen a través de un software al microprocesador.

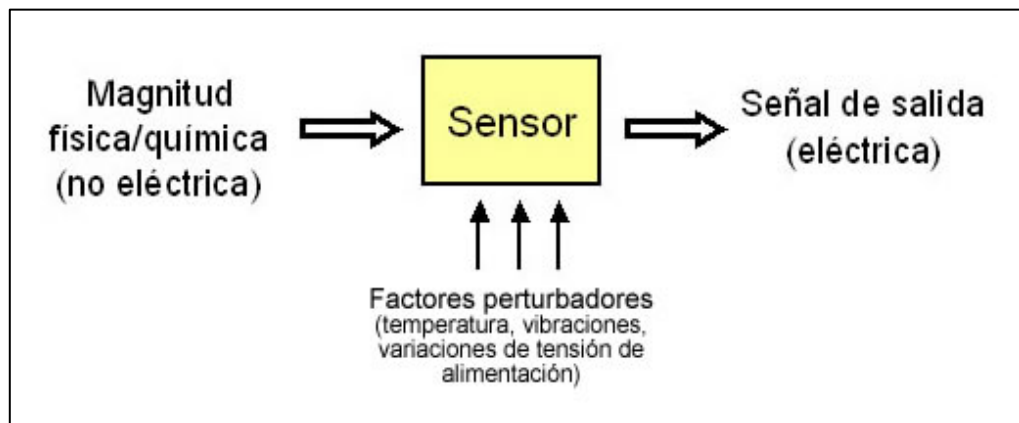
La Unidad de Control Electrónico esta compuesta por: un conformador de impulsos, un convertidor analógico - digital, un bus digital de transmisión y un microprocesador; que forman una unidad aritmética lógica (ALU) de funcionamiento digital, así como se observa en la figura 15.



**Figura 15** Arquitectura de la ECU  
**Fuente:** (Laverde, Panchi, 2007)

### 2.4.2. Sensores

Bosch (2002) indica que: “Los sensores convierten una magnitud física o química en una magnitud eléctrica, teniendo en cuenta magnitudes perturbadoras. Esta transformación se realiza a menudo por medio de fases intermedias no eléctricas”. (p.4). Como se refleja en la figura 16. Las magnitudes eléctricas que se consideran no son únicamente la corriente y tensión, la frecuencia, el periodo, la fase o la duración de impulso de una oscilación eléctrica, así como los parámetros eléctricos.



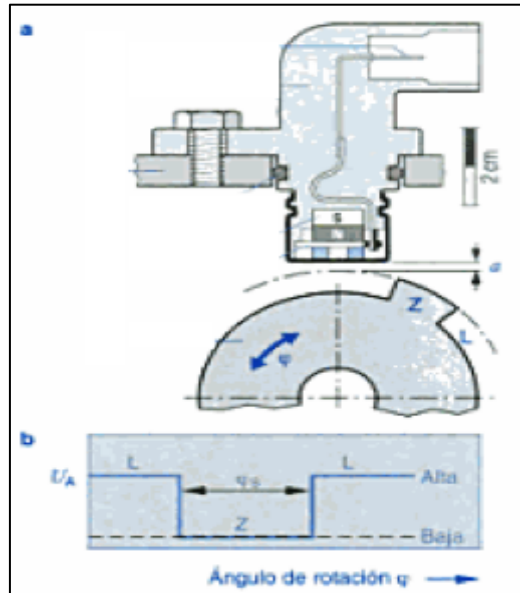
**Figura 16** Funcionamiento de los sensores

**Fuente:** (Bosch, 2002)

#### a. Sensores de efecto Hall

Los sensores de efecto Hall. “Utilizan el efecto Hall para conocer la posición de un diente en una rueda dentada. Para esto el circuito integrado Hall esta entre el rotor y un imán que continuamente brindan un campo magnético perpendicular al elemento Hall”. (Bosch, 2002)

Bosch, (2002) menciona: “El momento que un diente pasa al frente del elemento sensor atravesado por corriente, cambia la intensidad del campo magnético perpendicular al elemento Hall”. Por ello, los electrones propulsados por el componente longitudinal de una tensión aplicada al elemento son desviados en mayor grado perpendicularmente al sentido de la corriente. De esta manera se genera una señal, como se observa en la figura 17.

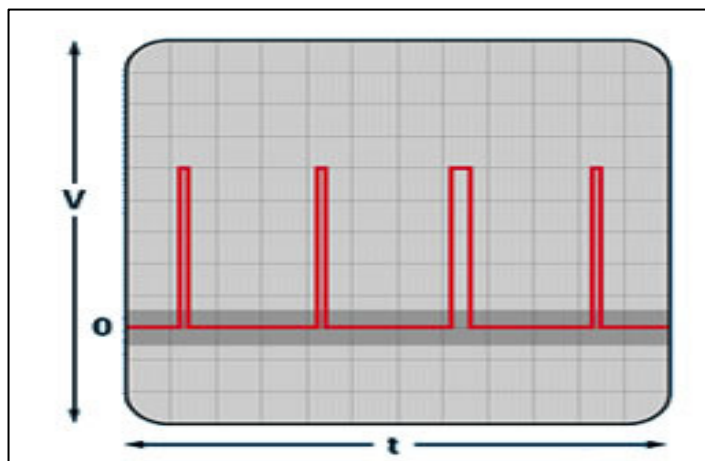


**Figura 17** Sensor efecto Hall  
**Fuente:** (Bosch, 2000)

Este tipo de sensores son altamente utilizados para censar el giro del árbol de levas CMP y el cigüeñal CKP como se lo describió anteriormente.

#### b. Sensor de árbol de levas CMP

El sensor de posición de árbol de levas CMP (Camshaft Position Sensor) es de efecto Hall cuya señal es cuadrada, como se muestra en la figura 18, no usa un transistor de amplificación ya que el sensor genera directamente una señal que fluctúa entre 0V a 5V.



**Figura 18** Señal estándar del sensor CMP  
**Fuente:** (Díaz, Sopa, 2013)

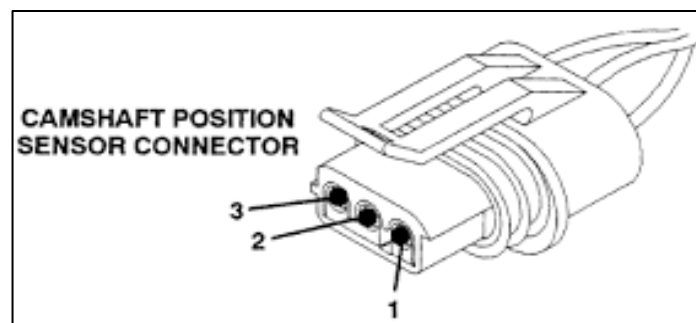
Este sensor vigila la ubicación precisa del árbol de eje de levas, de esta manera envía señales hacia el ECM estableciendo la secuencia correcta de inyección de combustible. Como se indica en la figura 19.



**Figura 19** Sensor CMP NISSAN  
Fuente: (Nissan, 2004)

El sensor es capaz de leer las ranuras hechas en el engrane del eje de levas para que la computadora pueda reconocer la posición de los cilindros y coordine la activación secuencial de los inyectores. La computadora emplea la información de los sensores CKP y CMP para sincronizar la chispa y los inyectores.

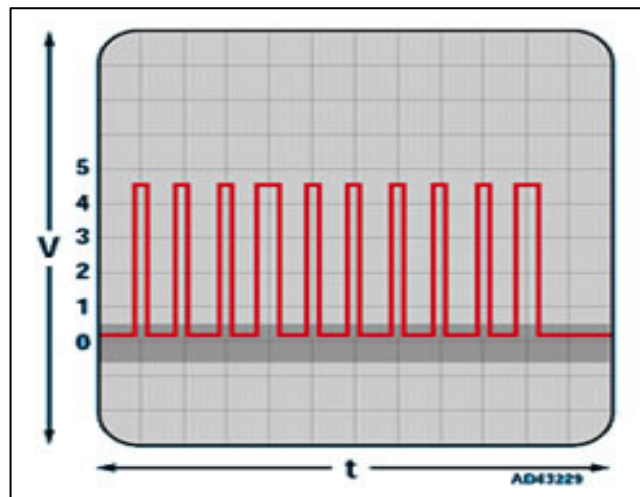
En el caso de los de efecto HALL cuando el sensor localiza metal el voltaje de pull up desciende por debajo de los 0.3 voltios. Cuando una muesca o hueco se coloca frente al sensor el voltaje regresa al valor original que puede ser 4.9 voltios regularmente. El sensor consta de tres terminales que son: Voltaje de referencia (1), masa (2) y voltaje de señal (3), como se refleja en la figura 20.



**Figura 20** Sensor CMP Hall  
Fuente: (Bosch, 2002)

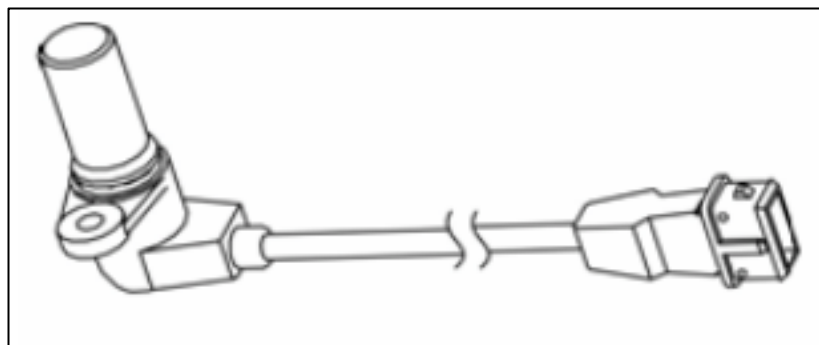
### c. Sensor de cigüeñal CKP

El sensor de posición del cigüeñal CKP (Crankshaft Position Sensor), brinda información al ECM de la ubicación del cigüeñal y sobre las rpm, manda una orden (señal) al módulo de encendido, como se observa en la figura 21, señalando el momento exacto en la que cada pistón obtiene el PMS de su trayectoria, para que de esta manera se pueda calcular la repetición de inyección, el avance de la distribución y la coordinación del encendido sin distribuidor (Sistema DIS).



**Figura 21** Señal estándar del sensor CKP  
**Fuente:** (Díaz, Sopa, 2013)

Cuando el motor posee distribuidor entonces el sensor CKP está situado dentro de él, en caso contrario está ubicado en la sección inferior del monoblock cerca de la cremallera. En la figura 22 se observa un sensor CKP

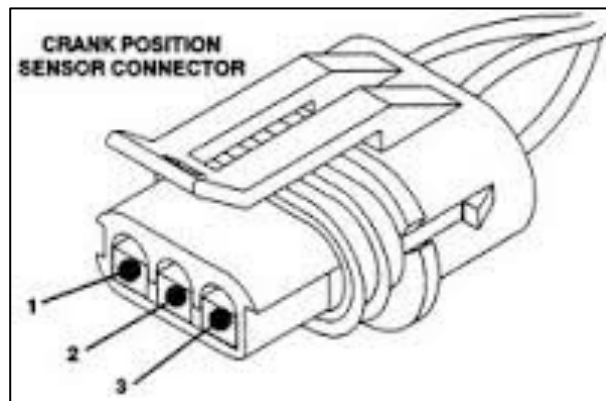


**Figura 22** Sensor CKP  
**Fuente:** (Nissan, 2004)



Dependiendo del año de fabricación del vehículo el sensor CKP puede tener 2 terminales (voltaje referencia/señal y masa) pero en los vehículos de cuarta y quinta generación dicho sensor posee 3 terminales, como lo indica la figura 23, que son:

- Un terminal de alimentación de voltaje de 5 a 12 generalmente (1)
- Un terminal de tierra o masa (2).
- Un terminal de voltaje de salida o señal a la computadora (3)



**Figura 23** Sensor CKP Hall  
Fuente: (Bosch, 2002)

## 2.5. Variador de avance al encendido

### 2.5.1. Definición

El variador de avance, es un elemento electrónico que modifica el punto de encendido, cambiando la curva de avance para alcanzar el funcionamiento perfecto del vehículo. La corrección se calcula en función de los datos almacenados en la memoria y parámetros externos como las r.p.m., posición del acelerador o sensores como CKP y CMP. “El uso del variador optimiza el rendimiento del M.C.I., disminuye el consumo y aminora el riesgo de un funcionamiento defectuoso”. (Diel Electrónica, 2014)

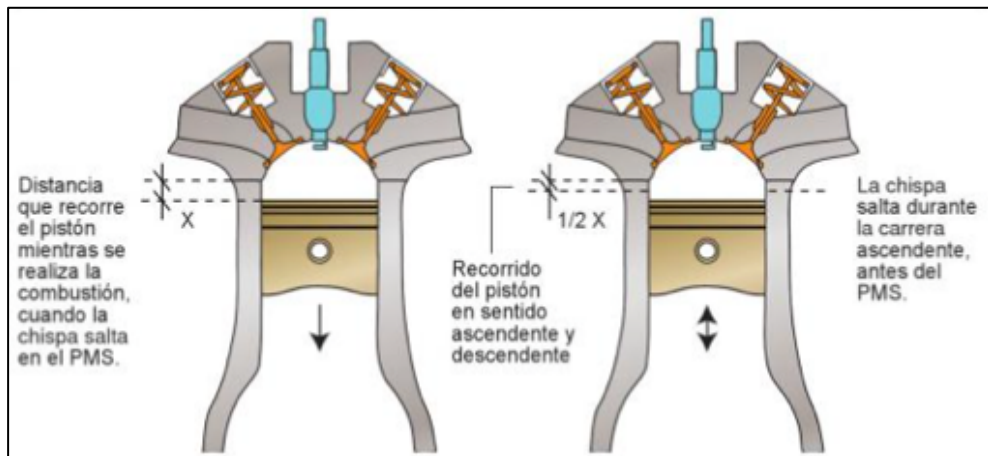
Un incorrecto avance del encendido ocasiona menor potencia y par del motor, ya que no solo reduce su performance, sino su vida útil. El porcentaje de reducción de potencia es un indicador que muestra la pérdida de calor en las partes internas del motor, como válvulas, tapa de cilindros, cabeza de pistón, etc. Para que esto, no se produzca y para obtener un

motor con gran vida útil y menor pérdida de potencia, la instalación del variador de avance al encendido es muy recomendada. (Sitec, 2014).

### 2.5.2. Funcionamiento

Modifica el avance al encendido, en diferentes condiciones de funcionamiento del motor, como se refleja en la figura 24.

El ciclo Otto práctico, necesita que la chispa salte en la bujía, momentos antes que el pistón alcance el P.M.S., de esta forma se compensa la duración de la combustión, es así que ésta se lleva a cabo cuando el pistón se encuentra antes del P.M.S. Por ello, el incremento de volumen en la cavidad volumétrica es inferior, por lo cual el descenso de presión resultante del incremento de volumen, se ve en gran parte disminuida. (Bosch, 2002).



**Figura 24** Concepto de avance al encendido  
Fuente: (Bosch, 2002)

### 2.5.3. Tipos de variadores de avance

#### a. Variador de avance para módulos de encendido

Para vehículos que poseen sistemas de encendido con módulos de electrónicos externos; "La modificación del adelanto del encendido se realiza por medio de 4 micro interruptores ubicados en el variador" (Diel Electrónica, 2014).

Las características son:

- Aplicación: Automóviles con Módulos de Ignición externo.
- Indicador de señal: Luz de avance
- Alimentación: 12 VDC
- Consumo: 250 mA
- Grados de Avance: 6°, 9°, 12°, 15°.
- Dimensiones: 65x85x35 (mm)

**b. Variador de avance por estrategia MAP.**

“El corrector por MAP se emplea para evitar el retraso causado por la depresión en el colector de admisión del vehículo. Trabaja enviando señales modificadas a la ECU con el propósito de optimizar la variación del ángulo de encendido” (Diel Electrónica, 2014).

Las características son:

- Autoconfiguración para MAP/MAF de Tensión o Frecuencia
- Apto para vehículos con TPS con señal directa de 0 a 5 voltios o señal invertida de 5 a 0 voltios.
- Fácil programación.
- Emulación de TPS.

**c. Variador de avance con sensor CKP inductivo.**

Este variador ha sido diseñado para ser usado en automóviles que poseen un sensor CKP inductivo los cuales envían una frecuencia tomando en cuenta los dientes de la rueda dentada. “El variador regula automáticamente el avance, y mejora el rendimiento y los consumos, al mismo tiempo que minimiza los peligros debido a los retornos de llama” (Diel Electrónica, 2014).

Las características son las siguientes:

- Vehículos con Sensores de PMS(CKP) Inductivos
- Indicador de señal luz de avance activado
- Conexión del avance directo o activado por TPS

## 2.6. Variador de avance al encendido Spark 11

El Variador electrónico de avance Spark11, el cual se muestra en la figura 25, ha sido elaborado con la finalidad de poder ser implementado de una manera sencilla y desatendida. “Está programado por defecto con una curva de avance fija y reconocimiento automático de los dientes de la rueda dentada del cigüeñal y sincronismo, siendo compatible con la mayoría de los vehículos, sin necesidad de teclas de seteo o archivos de carga especiales” (Diel Electrónica, 2014).



**Figura 25** Variador de avance  
**Fuente:** (Diel Electrónica, 2014)

### Características Generales:

- Aplicación: Automóviles con Sensor CMP Hall y Sensor CKP Hall.
- Compatibilidad: Ruedas de Cigüeñal de 18, 30, 36, 60 pulsos con diferentes Sincronismos
- Curva de Avance: 12° establecido de fábrica.
- Configuraciones: Programación de curvas personalizadas por medio de Software.
- Alimentación: 12 VDC.
- Consumo: 250 mA
- Dimensiones: 65x85x35 (mm)

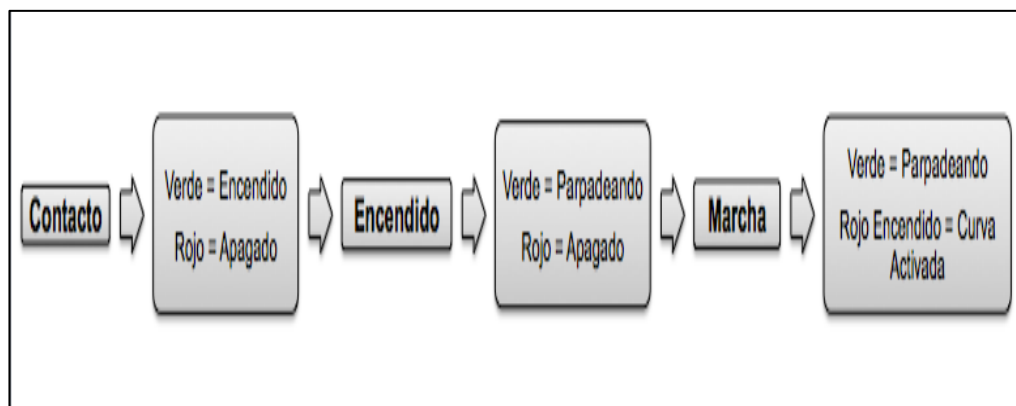
### 2.6.1. Funcionamiento

El dispositivo Spark11 ha sido creado para operar en automóviles que cuentan con sensores CKP y CMP de efecto Hall, acogiendo señales digitales de 5 a 12 Vcc de 18, 30, 36 y 60 pulsos con diversos sincronismos reconocidos de manera automática.

El Spark11, sustituye al MC11 brindando, una mejor compatibilidad con los vehículos de cuarta y quinta generación conteniendo aquellos en los que es necesario conectar el sensor CMP para una efectiva sincronización. El Spark 11 ha eliminado los seteos tanto de avance como los de conexión al TPS. “Cuenta con una sola curva que se adapta a la mayoría de los vehículos si tener la necesidad de realizar configuraciones extras después de ser Instalado” (Diel Electrónica, 2014).

Para vehículos de competición y vehículos que utilizan combustibles alternativos que quieran mejorar el rendimiento o para los que deseen disminuir el consumo y las emisiones, el variador Spark 11 ofrece la estrategia de modificar las curvas del adelanto al encendido por medio del uso del software S700, desarrollado por Diel.

En la figura 26 se describe el proceso de verificación del variador de avance al encendido Spark 11.



**Figura 26** Verificación del funcionamiento

**Fuente:** (Diel Electrónica, 2014)

2.6.2. Diagrama de conexión

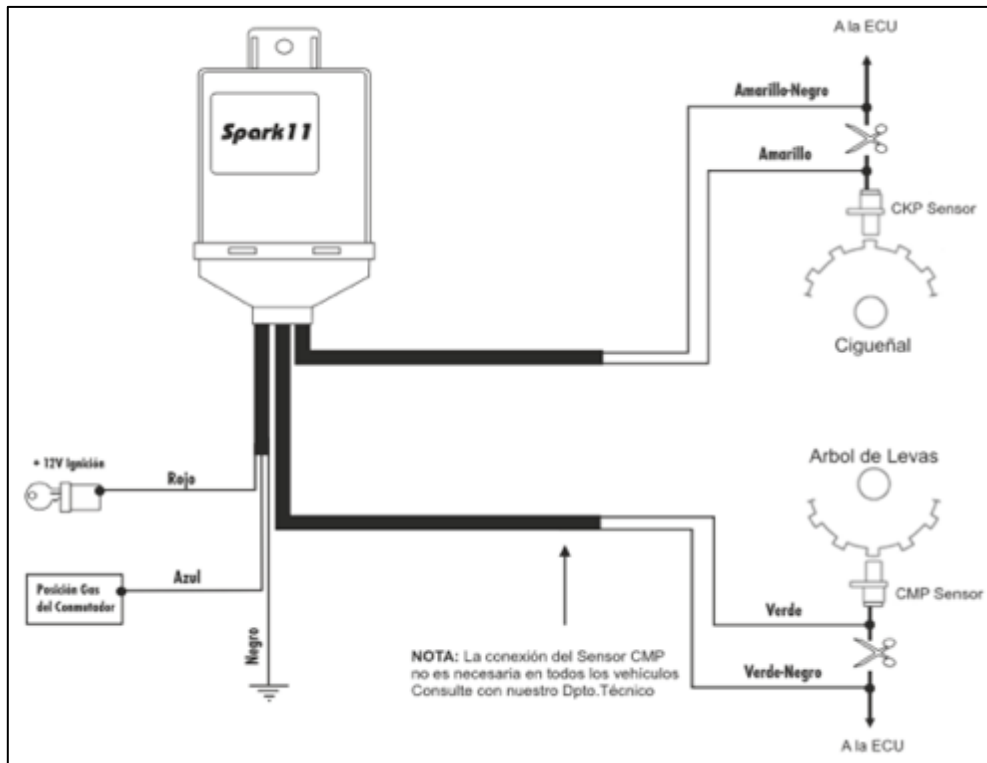


Figura 27 Diagrama de conexión  
Fuente: (Diel Electrónica, 2014)

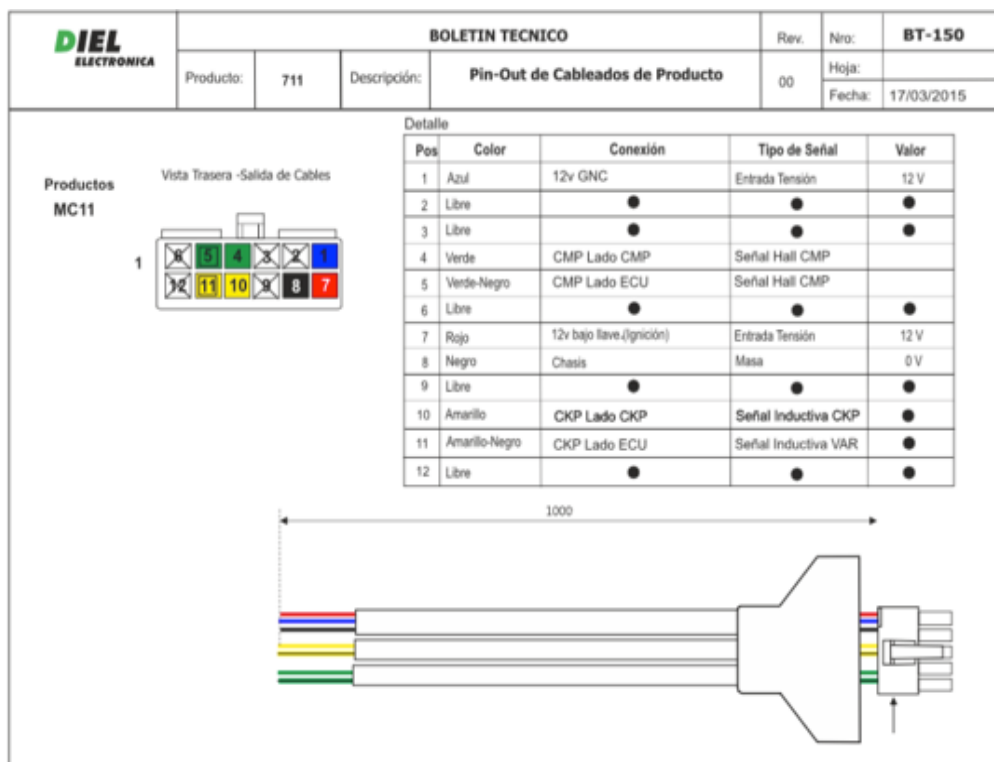
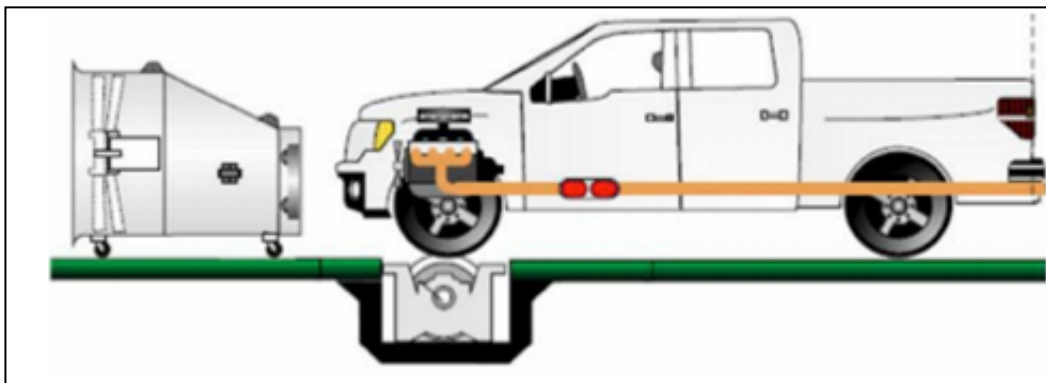


Figura 28 Pin Out  
Fuente: (Diel Electrónica, 2014)

## 2.7. Dinamómetro de rodillos

Olivera (2013) menciona que: “Los bancos de rodillos o de chasis son útiles para evaluar la potencia, torque y consumo de combustible del motor de cualquier vehículo ya que permite obtener las curvas de rendimiento del motor sin necesidad de desmontarlo del vehículo”.

El banco de pruebas es un sistema de rodillos colocados en el suelo sobre los que se posan las ruedas del vehículo, como se refleja en la figura 29. Los rodillos se conectan a un sensor que tiene como finalidad medir la fuerza que el motor desarrolla a una determinada velocidad. Las ruedas motrices empujan los rodillos que están enlazados a una unidad de absorción de potencia, a medida que el motor por medio de su sistema motriz transmite potencia a las ruedas estas mueven los rodillos los mismos que son frenados por medio de la unidad que absorbe la potencia lo que permite simular una situación específica de carga sobre el motor o medir la potencia del mismo.



**Figura 29** Vehículo en el dinamómetro MAHA MGT 5  
**Fuente:** (Olivera, 2013)

Las pruebas en el dinamómetro de rodillos logra que la evaluación se realice en un taller, evitando de esta manera que las pruebas se hagan en la calzada, disminuyendo la dificultad y los riesgos que hay al momento de conseguir curvas de desempeño de un motor.

Esta fuerza es transformada a parámetros de potencia y torque que se pueden observar en una pantalla como datos independientes o como curvas en relación con las revoluciones del motor.

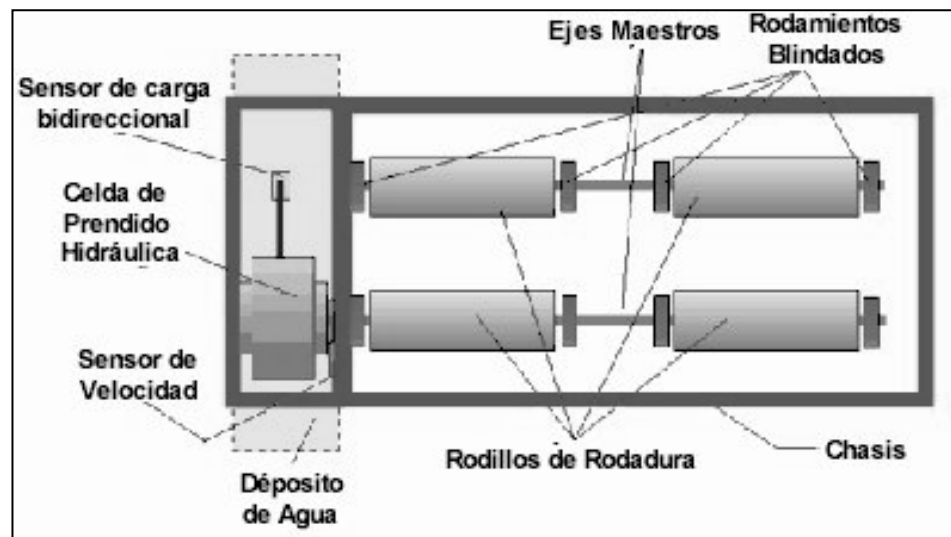
### 2.7.1. Elementos del dinamómetro de rodillos

El dinamómetro de chasis se conforma de los siguientes elementos los cuales se describen en la figura 30 y son:

- Chasis: Es la parte del dinamómetro que sostiene el esfuerzo generado por el peso de las piezas que lo conforman y por el peso del vehículo, así como también se encarga de absorber las vibraciones que producen los ensayos.
- Rodillos: Existen diferentes tipos de rodillos dependiendo de la tarea que se le vaya a dar al dinamómetro, desde un sólo rodillo de diámetro grande hasta equipos con varios juegos de rodillos. “Son estructuras cilíndricas rígidas que se mueven alrededor de un eje conectado a la unidad de absorción de potencia lo que permite registrar la velocidad de giro (velocidad angular)” (Olivera, 2013).
- Sistema de inercia: Es el que permite aumentar o disminuir la inercia total rotativa del dinamómetro con el fin de representar la resistencia al avance que tendría el vehículo durante su funcionamiento en carretera. La inercia requerida obedece al peso del vehículo a probar.
- Dispositivos de adquisición de datos: Está formado por 2 tipos de mecanismos, el primero es una celda de carga, el mismo es un transductor que convierte una fuerza en una señal eléctrica que luego es amplificada y procesada para transformarse en un dato. El segundo dispositivo de adquisición es una rueda fónica con un captador magnético que genera un pulso para amplificarlo y procesarlo como dato.
- Unidad de absorción de potencia: Se encarga de detener el giro de los rodillos, esta colocada en los extremos sobre rodamientos y en uno de ellos acoplada a los rodillos. La unidad de absorción de potencia suele girar en el mismo sentido que los rodillos por ello se debe fijar al chasis por medio de una celda de carga que mide la fuerza con la que gira. La unidad de absorción de potencia funciona bajo los siguientes tipos de freno para oponerse al giro del rodillo.



- Frenos: El dinamómetro de rodillos posee un freno de Prony, un freno hidráulico, un freno de corrientes parásitas y dinamo frenos



**Figura 30** Elementos del dinamómetro de rodillos  
**Fuente:** (Olivera, 2013)

### 2.7.2. Características principales.

Para conseguir las curvas de rendimiento en un dinamómetro de chasis principalmente se debe velar por la integridad de las personas que se encuentran operándolo, por ello, el cuerpo del dinamómetro debe estar conformado por materiales y soldaduras de buena calidad y alta resistencia, con el fin evitar que el vehículo salga desprendido durante la prueba.

“Las normas de los Estados Unidos señalan en el Código Federal de Regulaciones “CFR”; 40 protecciones al ambiente y bajo el apartado 86.108-00 varias especificaciones de diseño que deben cumplir los dinamómetros” (Olivera, 2013).

El dinamómetro debe representar la carga del camino que se considera como la fuerza que se opone al avance del vehículo por un camino liso y nivelado, sin viento y con una temperatura y presión estándar. Se debe tener un mecanismo que deje determinar la distancia recorrida durante cada fase de la prueba. (CFR U.S.)

Hay dos configuraciones de dinamómetros que son aceptadas, la primera se trata de un dinamómetro con rodillos dobles y diámetro nominal

de 8.65 [pulg] con una separación entre centros de los rodillos de 17 [pulg], esta configuración autoriza usar una unidad de absorción de potencia de cualquier tipo. La segunda configuración es un rodillo único de 48 [pulg] de diámetro en el cual la unidad de absorción de potencia deber ser de tipo eléctrico. (CFR U.S.)

El dinamómetro debe tener una unidad de absorción de potencia con la que puede simular las cargas del camino y volantes de inercia u otro método que le permita simular la inercia del vehículo que se va a probar. (CFR U.S.)

### 2.7.3. Control.

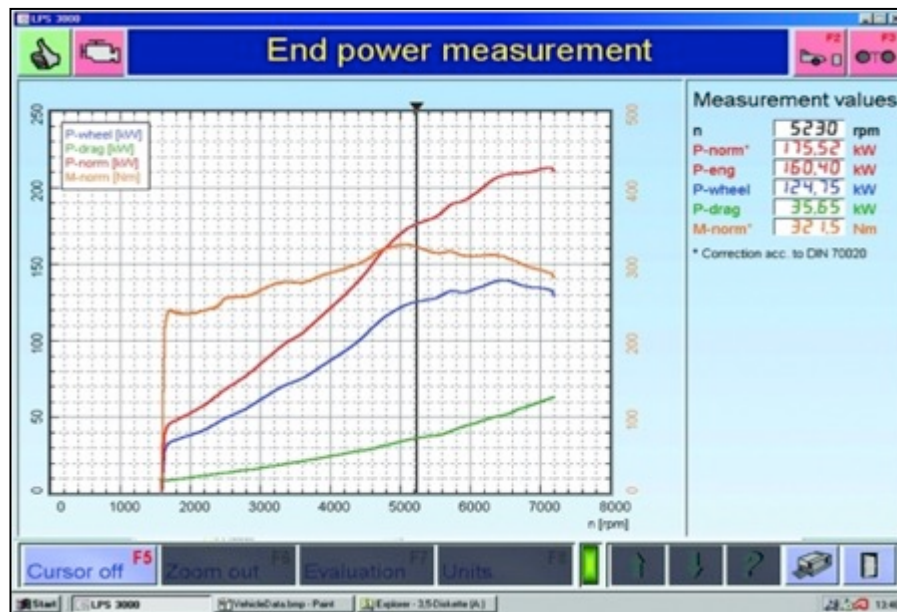
Para la obtención y el control de los datos se emplean interfaces computarizadas. La visualización de los datos conseguidos por medio del dinamómetro de rodillos se procesa por medio de sensores que permiten que el CPU de la computadora interprete los datos de forma rápida y el margen de error sea despreciable durante un ensayo.

El dinamómetro de rodillos MAHA posee el software LPS 3000 que otorga al usuario la posibilidad de realizar cambios en los parámetros, el que se indica en la figura 31, gracias a su interface de tal forma que el operador puede elegir el tipo de; vehículo, combustible, transmisión y demás condiciones que se necesitan para evitar cualquier error en la prueba.



**Figura 31** Interface del dinamómetro MAHA LPS 3000  
**Fuente:** (Maha Maschinenbau Haldenwang, 2011)

La finalidad de la prueba con un dinamómetro es obtener las curvas de potencia, las cuales se muestran en la figura 32. Ciertos equipos ayudan a conseguir una sola curva de potencia hasta lograr el parámetro de potencia máxima del automóvil, otros dinamómetros como el MAHA LPS 3000 nos conceden la obtención de las curvas de potencia normal, del motor, a la rueda y de arrastre, además del momento normal.



**Figura 32** Curvas de potencia en el dinamómetro MAHA  
**Fuente:** (Maha Maschinenbau Haldenwang, 2011)

## 2.8. Analizador de gases.

El analizador de gases de escape es un equipo de medición que gracias a su tecnología examina los residuos de la combustión de carburantes como la gasolina o el diésel, permitiendo realizar un diagnóstico exacto del nivel de emisiones, el cual se observa en la figura 33.

En nuestro país, para motores a Gasolina el monitoreo se lo realiza bajo el reglamento RTE INEN 017 y la norma técnica ecuatoriana INEN 2 004:2202 la cual establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes (calidad de aire) producidas por fuentes vehículos automotores a gasolina en una prueba estática o dinámica.

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

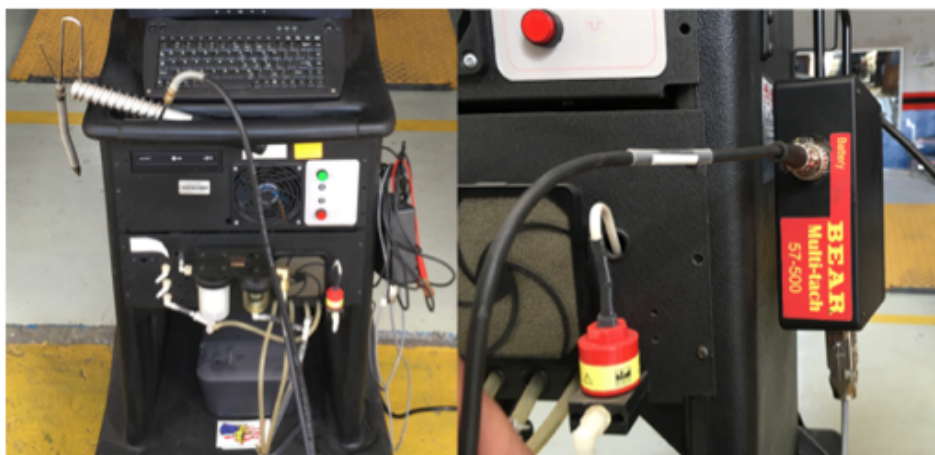


**Figura 33** Analizador CARTEK

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

El analizador de gases posee los siguientes componentes:

- Filtro de carbón activo.
- Filtro de retención de humedad.
- Sensores electroquímicos para medir los niveles de contaminantes.
- Sonda de muestreo del tubo de escape.
- Módulo magnético de revoluciones BEAR 57-500.
- Monitor, impresora y CPU.
- Válvula de calibración para altas y bajas.
- Regulador de voltaje.
- Software – Interface.



**Figura 34** Elementos del analizador de gases CARTEK

### 2.8.2. Características del analizador de gases.

**Tabla 3**

Características del Analizador de Gases CARTEK

<b>CARTEK</b>				
Ámbito de aplicación	Medición de gases de escape móvil o fija en procedimiento de corriente y carga parcial en motores Otto en gasolina			
Gases mesurables	CO	CO <sub>2</sub>	HC	O <sub>2</sub>
Rangos de medición	0-15 Vol %	0-20 Vol %	0-2000 ppm Vol(hexano) 0-4000 ppm Vol(propano)	0-25,0 Vol %
Resolución de valores de medición	0,01 Vol %	0,01 Vol %	1 ppm Vol	0,01 Vol %
Principio de medición	Infrarrojos	Infrarrojos	Infrarrojos	Electroquímico
Valor lambda	Rango de indicación: 0,500-9,999			
Fase de calentamiento	min. 30s, máx. 10 min., promedio 2,5min. Termorregulador			
				CONTINÚA →

Tasa de circulación total	Máx. 3,5 l/min. Min. 1,5 l/min
Caudal gas de medición	Máx. 2,5 l/min. Bomba de membrana
Suministro de corriente	85-280 V, 50 Hz, 65 W, 12-24 V DC
Temperatura de funcionamiento	+5 +45°C
Temperatura de almacenamiento	-10 +60°C
Prueba de estanqueidad	Guiada por menú
Prueba de residuos	Automático
Calibración	Guiada por menú con PC
Interfaces	LON-OBD-USB
Dimensiones	560 x 240 x 300 mm
Peso	aprox. 10kg
Medidor de revoluciones	Diferentes sensores de captación magnética
Termómetro de aceite	0 a +150°C
Clase de precisión	PTB: Clase 1 y OIML: Clase 0

**Fuente:** (CARTEK, 2014)

## CAPÍTULO III

### 3. IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL DISPOSITIVO

#### 3.1. Implementación

Para realizar una correcta implementación del dispositivo variador del avance al encendido Spark 11, se deben conocer las características del vehículo NISSAN X-TRAIL, los sensores CKP y CMP de efecto Hall y su conexión eléctrica enfocándonos en la disposición de los terminales de cada uno de los sensores mencionados.

#### 3.1.1. Características de fábrica del vehículo NISSAN X-TRAIL

**Tabla 4**

Características del vehículo NISSAN X-TRAIL

<b>FICHA TÉCNICA</b>	
Fabricante	Nissan
Modelo	X-Trail 2.5 LE
Año de fabricación	2004
Categoría	Offroad
<b>Prestaciones y consumos homologados</b>	
Velocidad máxima (km/h)	176
Aceleración 0-100 km/h (s)	11,1
Consumo urbano (l/100 km)	12,7
Consumo extraurbano (l/100 km)	7,9
Consumo medio (l/100 km)	9,6
Emisiones de CO2 (gr/km)	--
<b>Dimensiones, peso, capacidades</b>	
Tipo de Carrocería	Todoterreno
Número de puertas	5
Largo / ancho / alto (mm)	4455 / 1765 / 1675
Batalla / vía delantera - trasera (mm)	2625 / 1530 - 1530
Peso (kg)	1565
CONTINÚA →	

Capacidad máxima del tanque de combustible (litros)	60
<b>Cotas de todo terreno</b>	
Ángulo de entrada (grados)	29,0
Ángulo de salida (grados)	25,0
Ángulo ventral (grados)	23,0
Altura libre (mm)	200
<b>Motor de Combustión</b>	
Combustible	Gasolina
Potencia máxima CV - kW / rpm	165 - 121 / 6000
Par máximo Nm / rpm	230 / 4000
Situación	Delantero transversal
Número de cilindros	4 - En línea
Material del bloque / culata	Aluminio / Aluminio
Diámetro x carrera (mm)	89,0 x 100,0
Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	2488
Relación de compresión	9,5 a 1
Distribución	4 válvulas por cilindro. Dos árboles de levas en la culata
Alimentación	Inyección Indirecta
<b>Transmisión</b>	
Caja de cambios	Automático, 4 velocidades
Tipo de Embrague	Convertidor de par
Desarrollos (km/h a 1.000 rpm)	
	1 <sup>a</sup> 11,1
	2 <sup>a</sup> 20,0
	3 <sup>a</sup> 30,9
	4 <sup>a</sup> 44,5
	R 13,6
<b>Chasis</b>	
Suspensión delantera (estructura/muelle)	Tipo McPherson / Resorte helicoidal
CONTINÚA →	



Suspensión trasera (estructura/muelle)	Tipo McPherson / Resorte helicoidal
Barra estabilizadora (delante/detrás)	Sí / Sí
Frenos delanteros (diámetro mm)	Disco ventilado (280)
Frenos traseros (diámetro mm)	Disco ventilado (292)
Dirección	Tipo Cremallera
Neumáticos delanteros	215/65 R16
Neumáticos posteriores	215/65 R16

Fuente: (Nissan, 2004)

### 3.1.2. Ubicación de los elementos electrónicos

Para la implementación del dispositivo Spark 11 se necesita conocer la ubicación exacta de todos los elementos que intervienen en la conexión del variador avance. Como se indica en la figura 35.

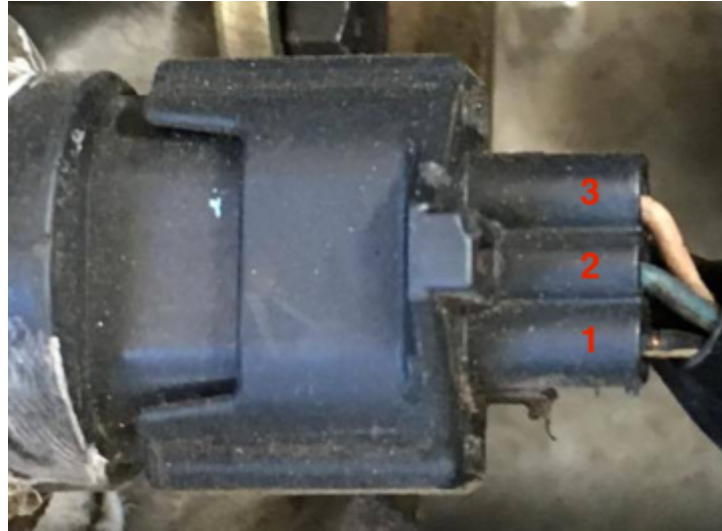
- CKP.- Ubicado debajo de la admisión, en la parte posterior del Block
- CMP.- Ubicado en la parte izquierda del motor, sobre el termostato
- IGNICIÓN.- Ubicado entre la batería y la caja de fusibles



**Figura 35** Ubicación CKP, CMP e Ignición

### 3.1.3. Obtención de señales con el osciloscopio

Los sensores CKP y CMP del vehículo NISSAN X-TRAIL posee la misma distribución de pines como se observa en la tabla 5 y en la figura 36. Es fundamental conocer la función de cada uno de ellos con el fin de obtener las señales correctas y realizar las conexiones eléctricas de la forma exacta.



**Figura 36** Señal CKP y CMP

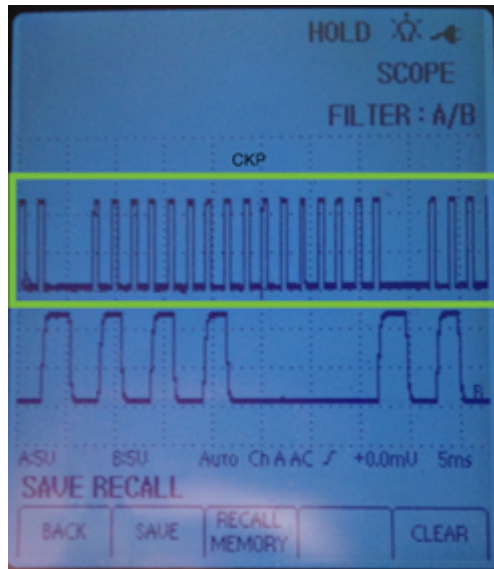
**Tabla 5**

Distribución de Pines

TERMINAL	COLOR	FUNCIÓN	VALOR (VOLTIOS)
1	Negro/Blanco	GND	0.03 – 0.08
2	Verde	Voltaje de Señal	0 ó 5
3	Anaranjado	Voltaje de Referencia	2.2 a 2.5

**a. Señales del sensor CKP – HALL**

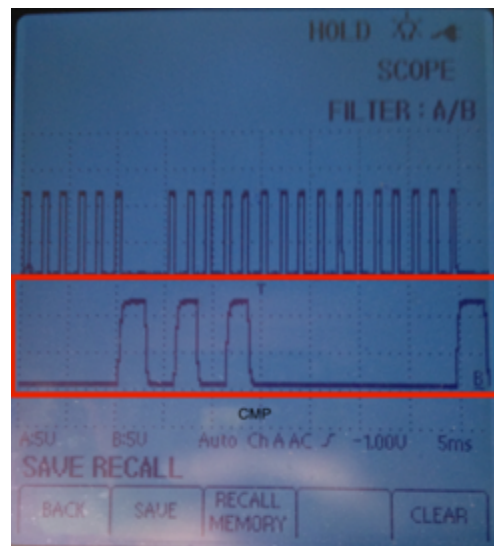
En la figura 37 se puede observar en el recuadro verde la señal que indica el osciloscopio OTC del sensor CKP, que se utiliza para determinar la compatibilidad del sensor con el variador de avance Spark 11.



**Figura 37** Señal CKP – Hall en el OTC

**b. Señales del sensor CMP – HALL**

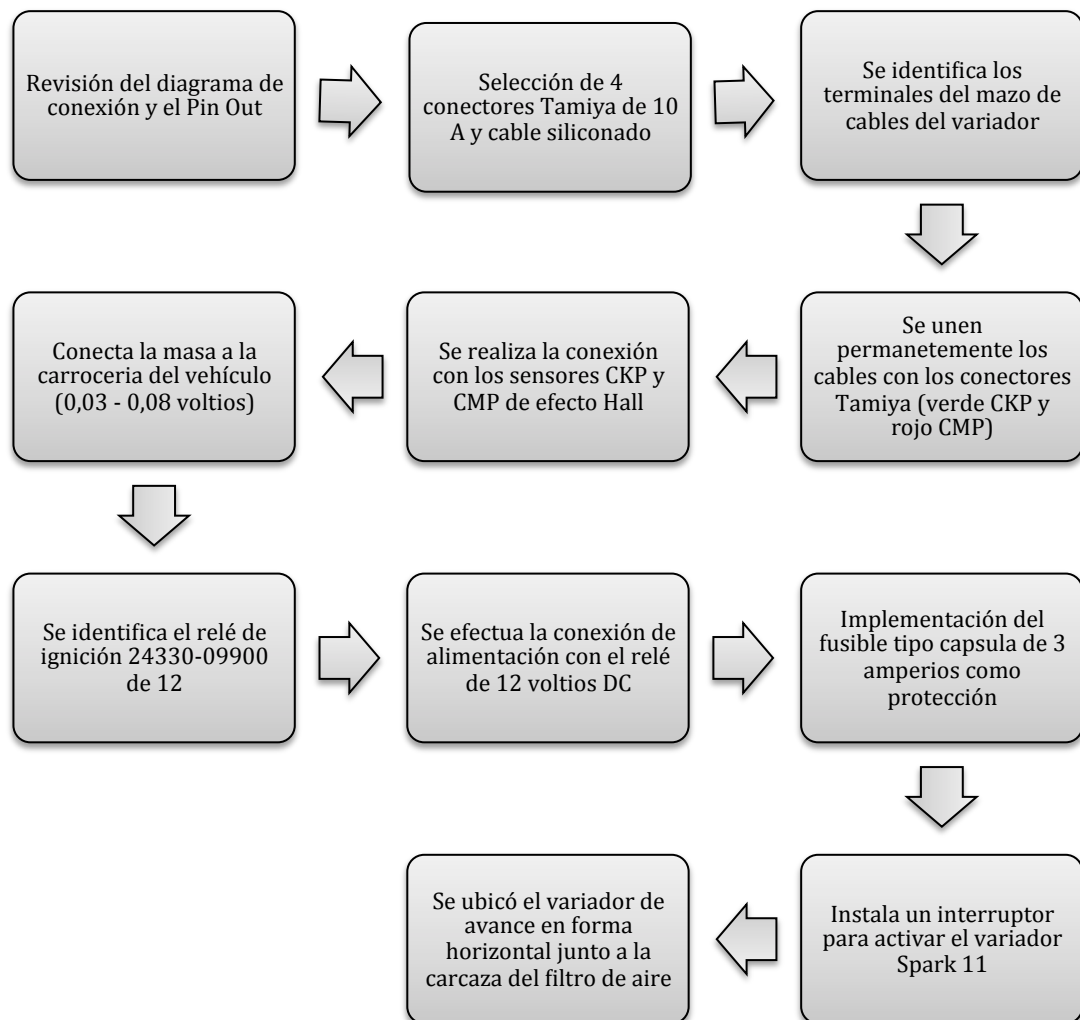
La figura 38 indica en el recuadro rojo la señal del sensor CMP en el osciloscopio OTC, que se emplea para realizar una correcta adaptación del sensor con el variador Spark 11.



**Figura 38** Señal CMP – Hall en el OTC

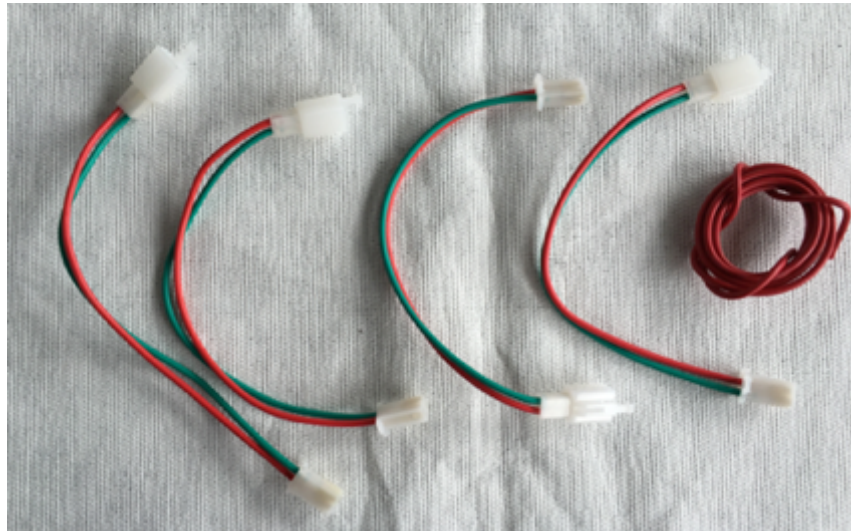
### 3.1.4. Conexión eléctrica

Para realizar la conexión eléctrica se utilizó el manual técnico que viene con el variador de avance al encendido Spark 11, el diagrama de conexión del dispositivo con los sensores (Figura 27), el Pin-Out (Figura 28) que indica la función de cada uno de los cables y el diagrama de flujo de la figura 39.



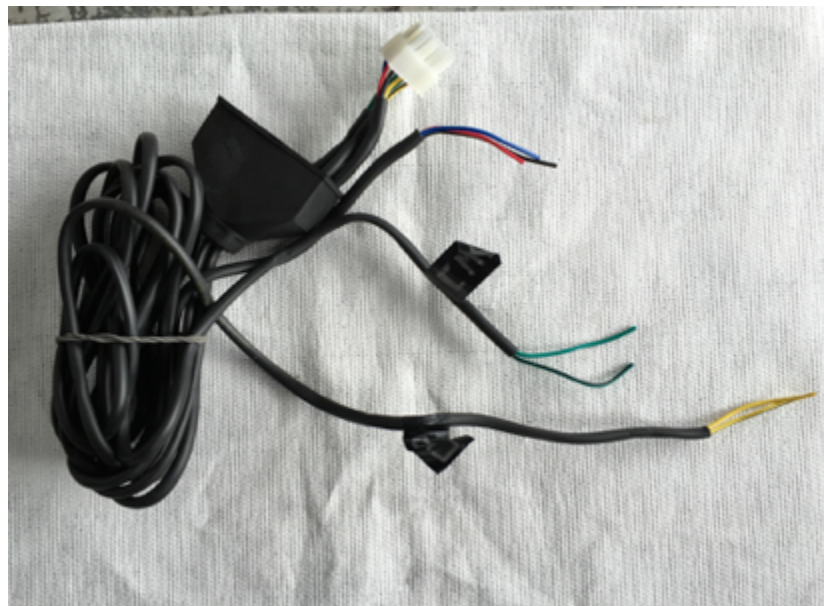
**Figura 39** Diagrama de flujo de conexión eléctrica.

Los elementos empleados para realizar la conexión con los sensores CKP y CMP son 4 conectores Tamiya de 10 A y conductor eléctrico siliconado, que se indica en la figura 40.



**Figura 40** Conectores Tamiya y cable de conexión

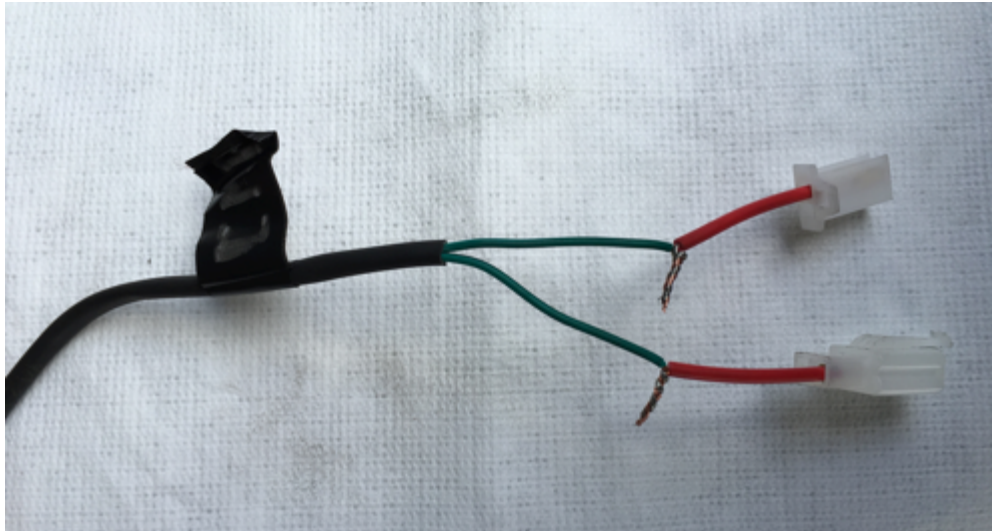
Se identificó cada uno de los terminales del mazo de cables del variador Spark 11 como muestra la figura 41 y se los etiquetó. CKP (amarillo y amarillo con negro) y CMP (verde y verde con negro).



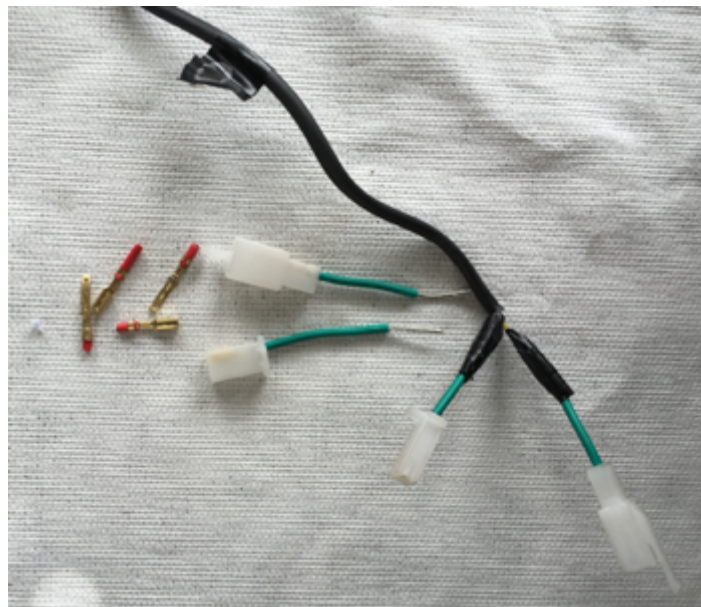
**Figura 41** Mazo de cables



Se realizó la unión de tipo permanente con la ayuda del cautín y estaño, los conectores tipo Tamiya con los cables del CKP – CMP, como se observa en la figura 42 y 43. Se asignó un color para cada sensor, verde para el CKP y el rojo para el CMP.



**Figura 42** Conexión con los cables CMP

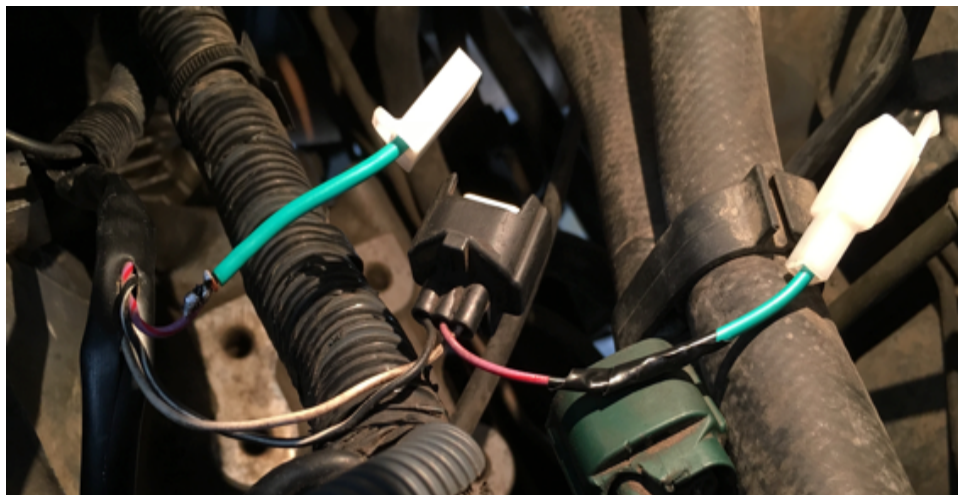


**Figura 43** Conexión con los cables CKP

Se realizó la unión de los conectores tipo Tamiya con los sensores CKP y CMP, cortando el cable de voltaje de señal en los dos sensores (pin #2 ), como se muestra en la tabla 5 y en las figuras 44 y 45. El cual se identificó por medio del osciloscopio.

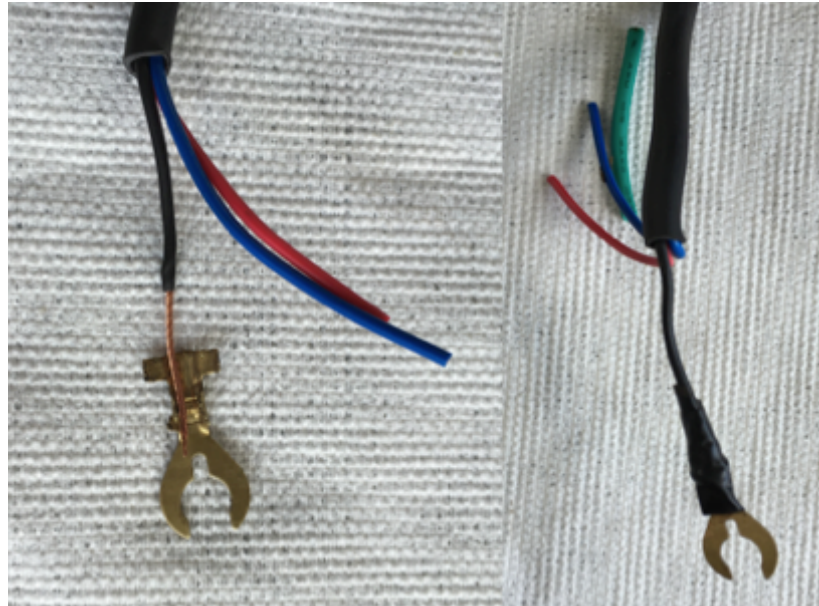


**Figura 44** Conexión con el socket del CMP



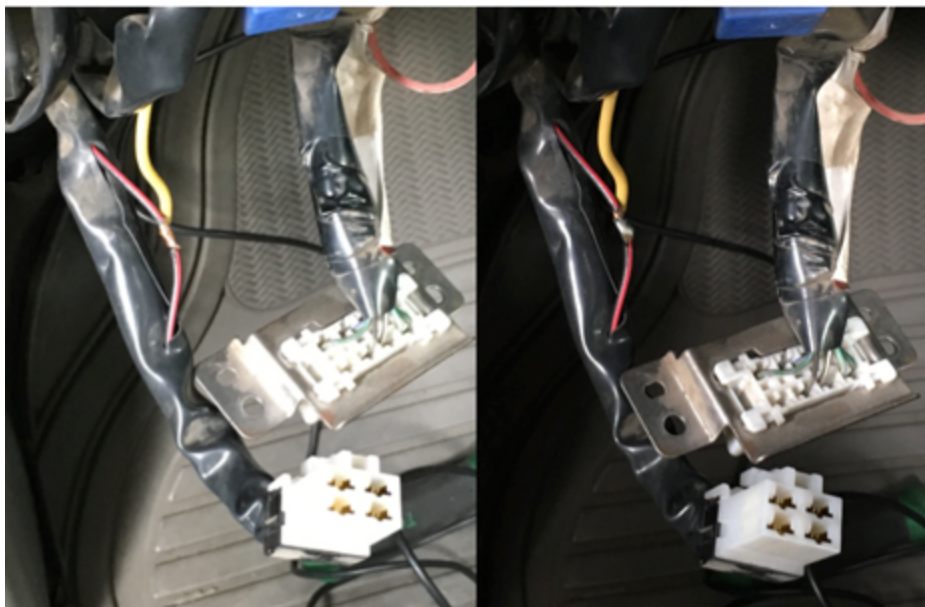
**Figura 45** Conexión con el socket del CKP

Se empernó el cable de masa del variador de avance Spark 11 a la carrocería del vehículo NISSAN X-TRAIL, para ello se soldó un terminal de masa tipo U, como se muestra en la figura 46.



**Figura 46** Conexión a masa

Se realizó la conexión de alimentación y la de posición del conmutador, que se indica en la figura 47, para ello se identificó el relé de ignición 24330-09900 del cual se obtuvo +12 VDC que se activa al poner el vehículo en contacto.



**Figura 47** Conexión del rele de ignición

Se envió el cable de alimentación desde la caja de fusibles, ubicada debajo del volante hasta el variador que se encuentra junto a la carcasa del

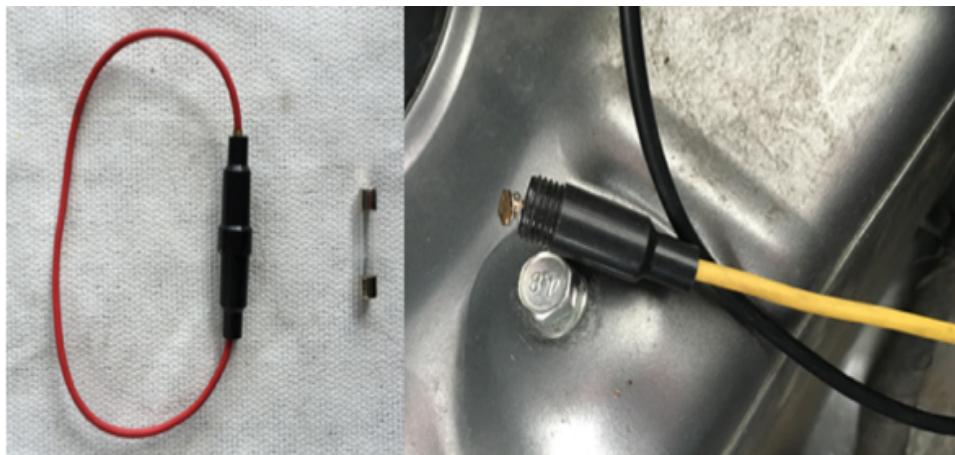


filtro de aire, por el mazo de cables de la ECU. Como se muestra en la figura 48.



**Figura 48** Cable de alimentación

Se colocó al final del cable de alimentación un fusible tipo capsula de 3 amperios, con el fin de proteger el variador de avance Spark 11, el cual se puede observar en la figura 49.



**Figura 49** Fusible de protección

Se situó un interruptor de dos posiciones en el cable del conmutador, como se indica en la figura 50, el cual permitió enviar 12 voltios al dispositivo y activarlo después de que el vehículo haya arrancado.



**Figura 50** Accionamiento del variador Spark 11

Se ubicó el variador de avance al encendido junto a la carcasa del filtro de aire en forma horizontal, con el propósito de poder observar los Leds indicadores y de obtener una correcta ventilación. Como se muestra en la figura 51.



**Figura 51** Implementación Spark11

### 3.1.5. Validación de la implementación

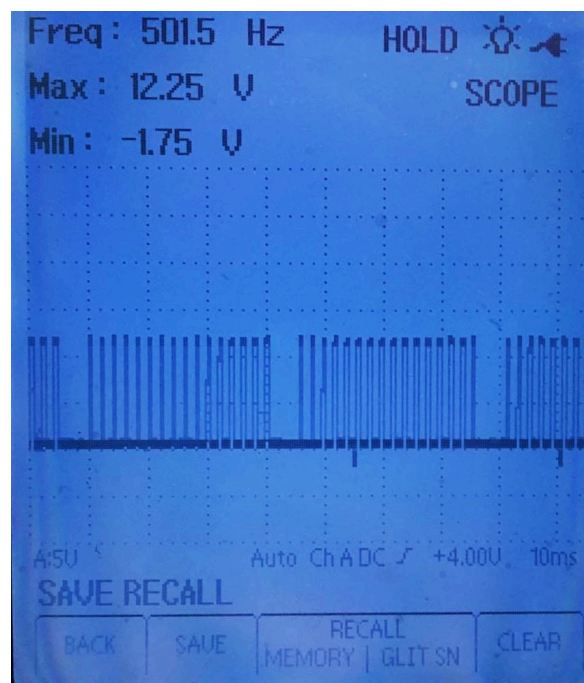
Para verificar que el variador de avance Spark11 este correctamente instalado es medir voltajes en los terminales 5 y 11.

**Tabla 6**

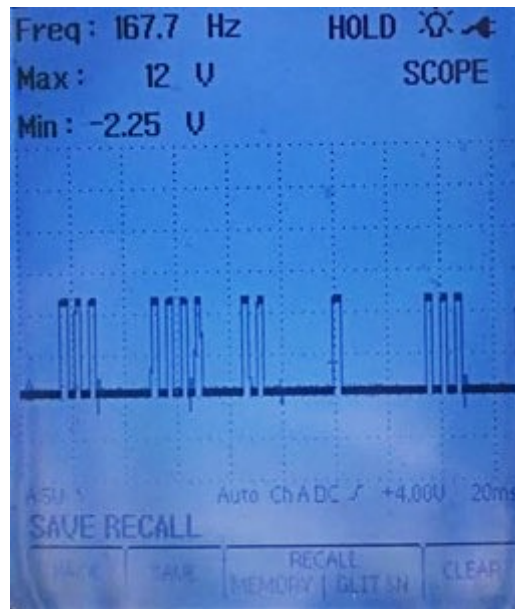
Validación de voltajes

TERMINAL	COLOR	FUNCIÓN
5	Verde/Negro	Voltaje de Señal CMP de 0 a 5 voltios
11	Amarillo/Negro	Voltaje de Señal CKP de 0 a 5 voltios

Para comprobar que el dispositivo este adecuadamente instalado es obteniendo los oscilogramas del CKP y CMP, como se observa en la figura 52 y 53, en los terminales 5 y 11 del variador Spark 11.



**Figura 52** Señal CKP terminal 11



**Figura 53** Señal CMP terminal 5

Para verificar que el variador de avance Spark11 esta correctamente instalado es mediante los Leds indicadores (verde y rojo), de la siguiente manera:

Si el led verde se encuentra encendido pero no parpadea indica que la conexión del sensor CKP esta incorrecta. Se deberá verificar la conexión.

Si el led rojo permanece apagado podría significar señal incompatible o variador defectuoso.

### Tabla 7

Condiciones de verificación del variador

CONDICION	LED	ESTADO DEL LED
Vehículo en contacto	Verde	Encendido
	Rojo	Apagado
Vehículo encendido	Verde	Parpadeando
	Rojo	Apagado
Variador activado	Verde	Parpadeando
	Rojo	Encendido

### 3.2. Programación

Para realizar la programación del dispositivo, se debe descargar el Software S700 para sistemas de 64 bits del sitio web ([www.electronicadiel.com](http://www.electronicadiel.com)), posteriormente se debe instalar el software S700 que es una aplicación que se utilizó para modificar la curva de avance de los variadores de la línea 700.

#### 3.2.1. Establecer las condiciones atmosféricas

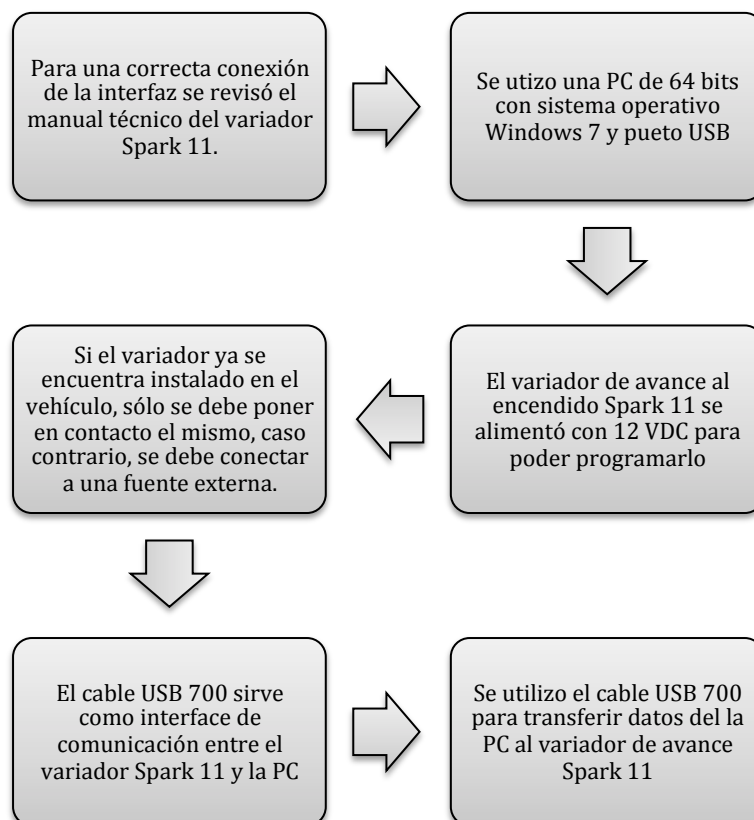
**Tabla 8**

Condiciones atmosféricas

CIUDAD	ALTURA	TEMPERATURA	PRESIÓN
Latacunga	2850 m s. n. m.	13 °C	1013hPa
Quito	2820 m s. n. m.	15 °C	1011hPa

Fuente: (Inamhi, 2016)

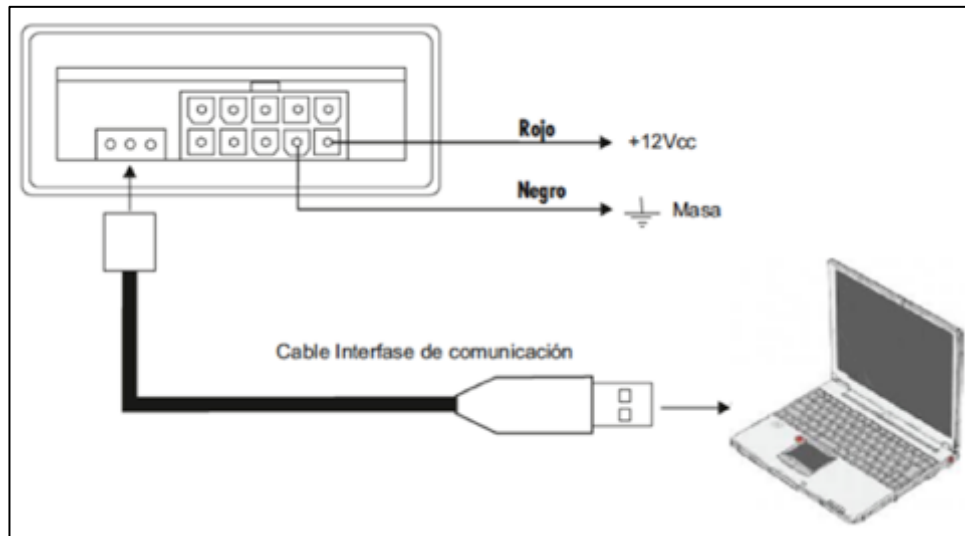
#### 3.2.2. Conexión de la interfaz de comunicación



**Figura 54** Diagrama de flujo del interfaz



Para realizar la correcta conexión de la interfaz de comunicación se revisó la figura 55 y el manual técnico del variador de avance Spark 11, el cual indica los requerimientos que debe tener la PC y la alimentación del variador.



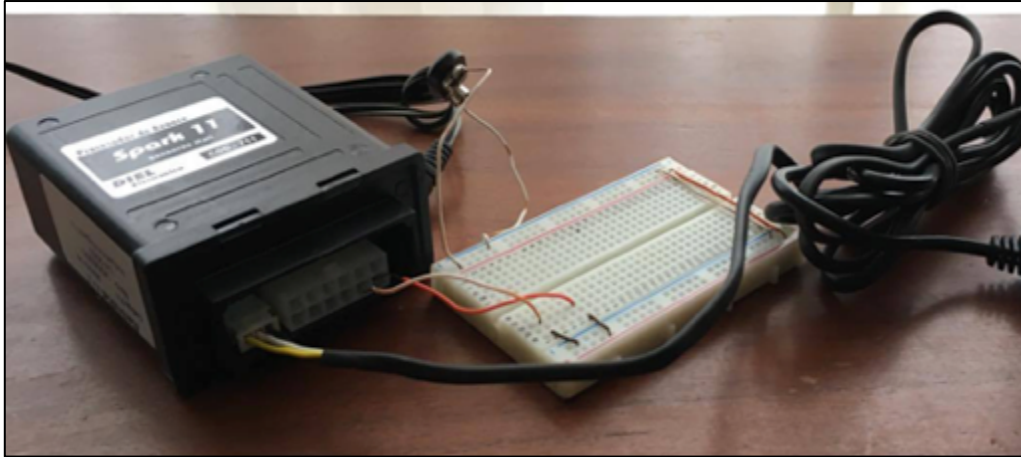
**Figura 55** Conexión con la interfaz  
**Fuente:** (Diel Electrónica, 2014)

El cable de interfaz de comunicación USB 700 que se muestra en la figura 56, ayudó a conectar el variador de avance Spark 11 a la computadora, con el fin de poder transferir los datos para la ejecución de las diferentes pruebas.



**Figura 56** Cable USB 701

Si el variador ya se encuentra instalado en el vehículo, sólo se debe poner en contacto. Si se desea programar fuera del vehículo, se debe conectar a una batería o fuente externa como se indica en la figura 57. La fuente externa debe entregarnos un voltaje de salida de 12 VDC y un amperaje de 500mA.



**Figura 57** Alimentación fuente externa

Una vez realizadas todas las conexiones explicadas anteriormente se conectó el variador de avance al encendido Spark 11 a la PC por medio del cable de interfaz de comunicación USB 700. Como se observa en la figura 58.



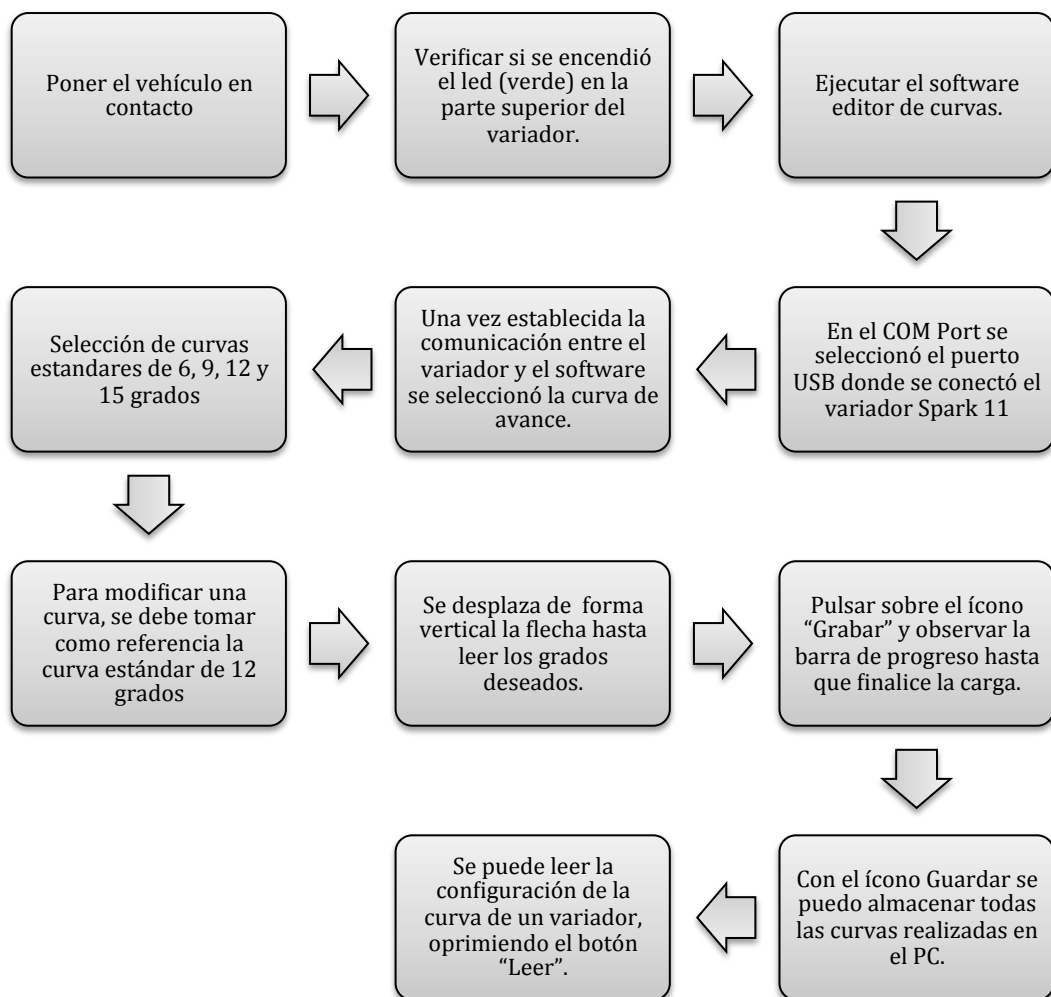
**Figura 58** Conexión a la PC

### 3.2.3. Seteo del dispositivo con el programa del S700

Al programar el variador, se debe alimentar el mismo con 12 VDC. Si el variador ya se encuentra instalado en el vehículo, solo se debe poner en contacto. Si se va a programar fuera del vehículo, se conecta a una batería o fuente externa

#### a. Seteo de curvas estándares y personalizadas

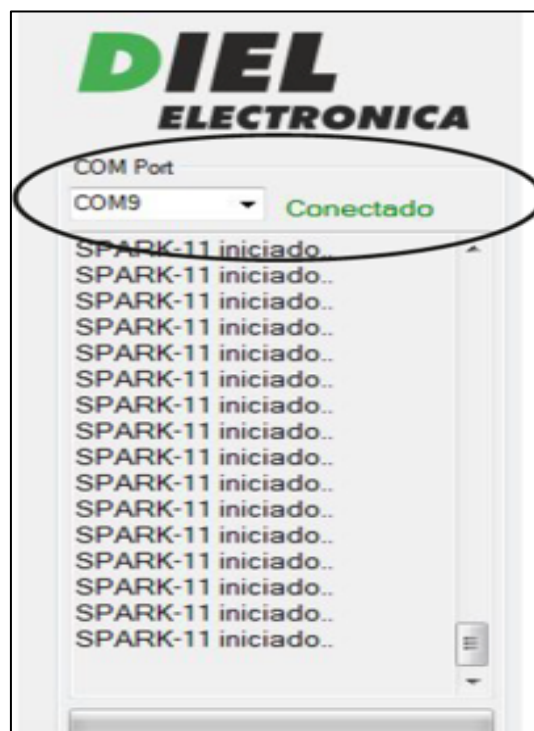
Una vez realizada la instalación del Spark11 en el vehículo, y luego de conectar la interface de comunicación, se realiza el siguiente procedimiento descrito en la figura 59.



**Figura 59** Diagrama de flujo de programación de variador

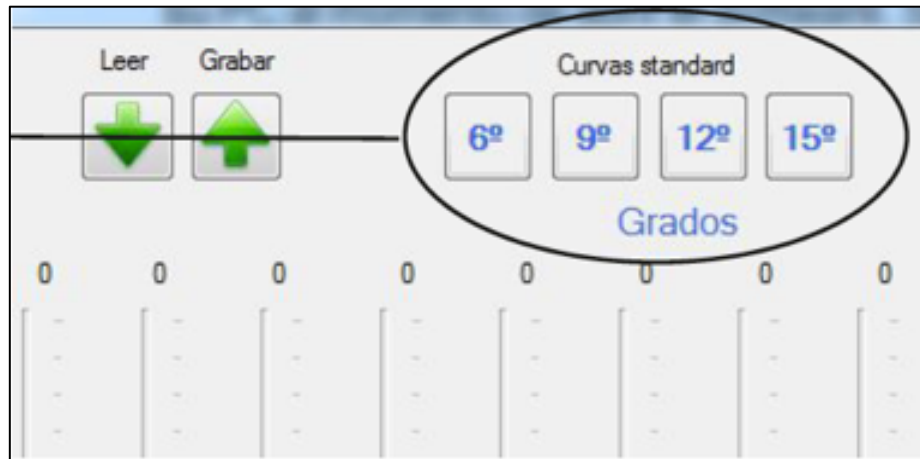


- Se puso el vehículo en contacto y se verificó que el led (verde) se encendió en la parte superior del variador. (Es importante saber que con el motor en funcionamiento no es posible leer o transferir archivos desde el Software).
- Se ejecutó el software editor de curvas y se seleccionó el puerto de comunicación donde se encuentra conectado el USB 700. Al seleccionar el puerto correcto se mostrará la leyenda “Conectado”. Como se refleja en la figura 60.



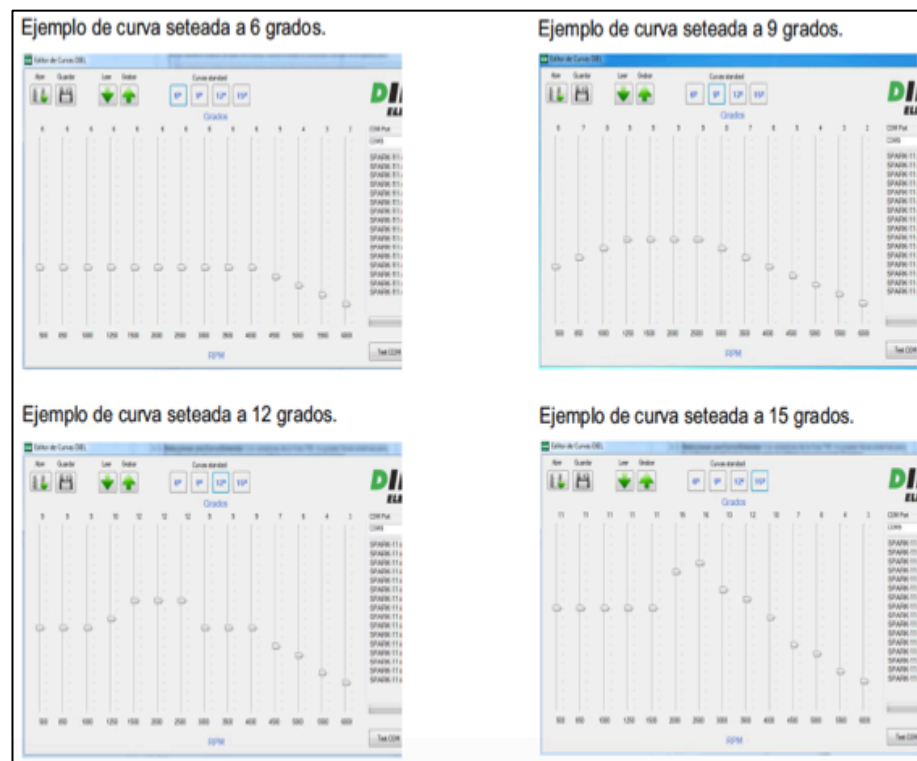
**Figura 60** Selección del COM Port  
**Fuente:** (Diel Electrónica, 2014)

- Una vez establecida la comunicación entre el variador y el software se seleccionó una curva.
- El momento que se pulsa los iconos de 6°, 9°, 12° o 15° se obtendrán las curvas estándares como indica la figura 61.



**Figura 61** Curvas estándar  
**Fuente:** (Diel Electrónica, 2014)

- Se podrá observar en el panel central el trazado de cada curva al presionar los diferentes íconos. Las curvas estándares de 6°, 9°, 12° y 15° son expresadas en la figura 62.

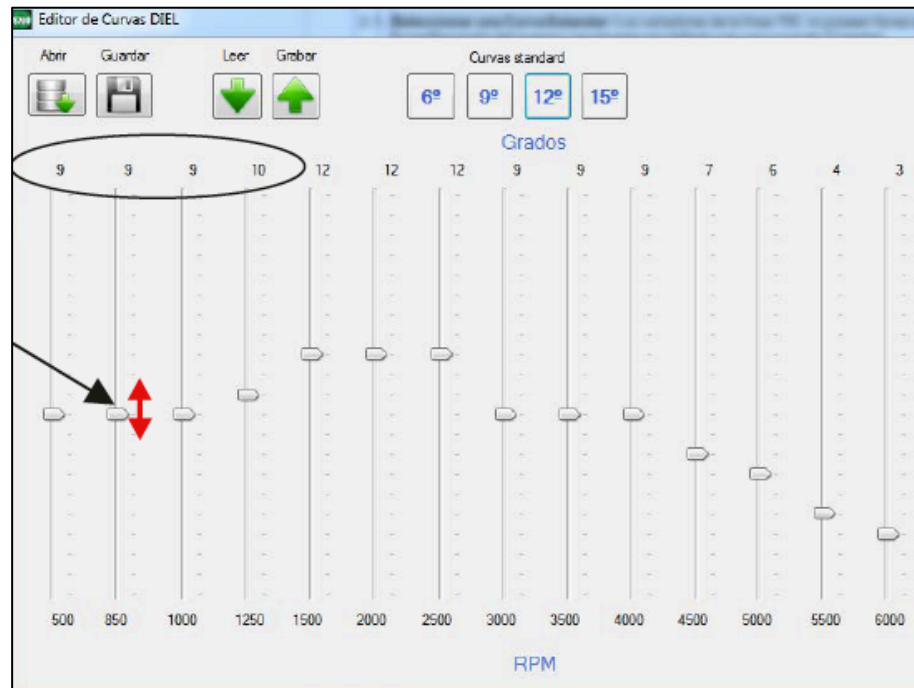


**Figura 62** Ejemplos de curvas estándar  
**Fuente:** (Diel Electrónica, 2014)

- Para modificar una curva, se debe tomar como referencia la curva estándar de 12 grados y una vez cargada en el panel central, se

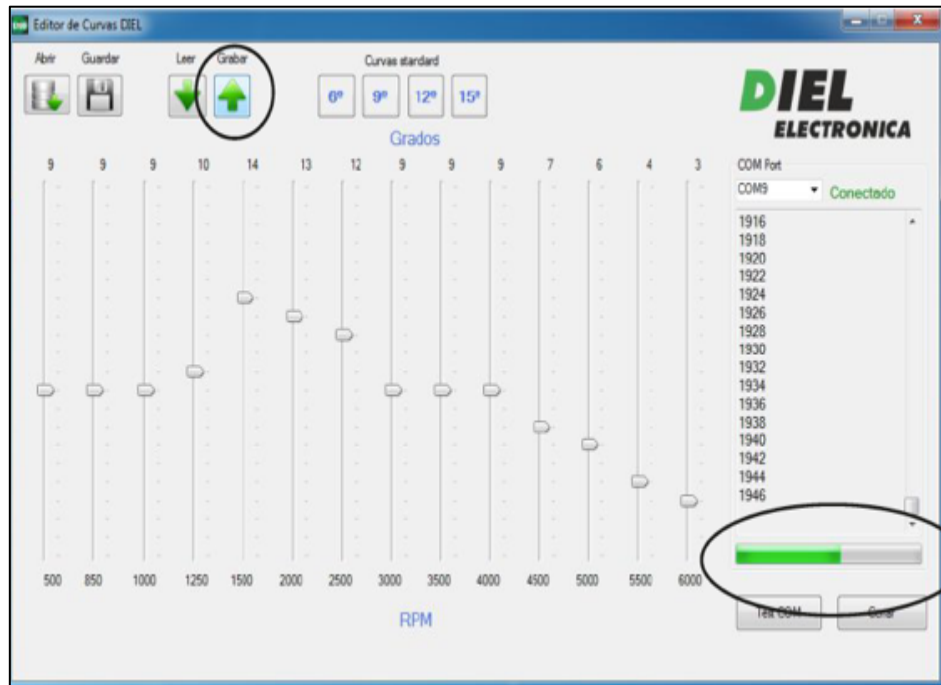
deslizarán los controles de cada nivel de RPM a los grados deseados con el Mouse (botón izquierdo y desplazar) o el cursor del Teclado.

- Se debe seleccionar con el mouse y desplazar hacia arriba o hacia abajo hasta obtener los grados deseados como se muestra en la figura 63. Esta operación se repetirá en las RPM que se quiera modificar la curva.



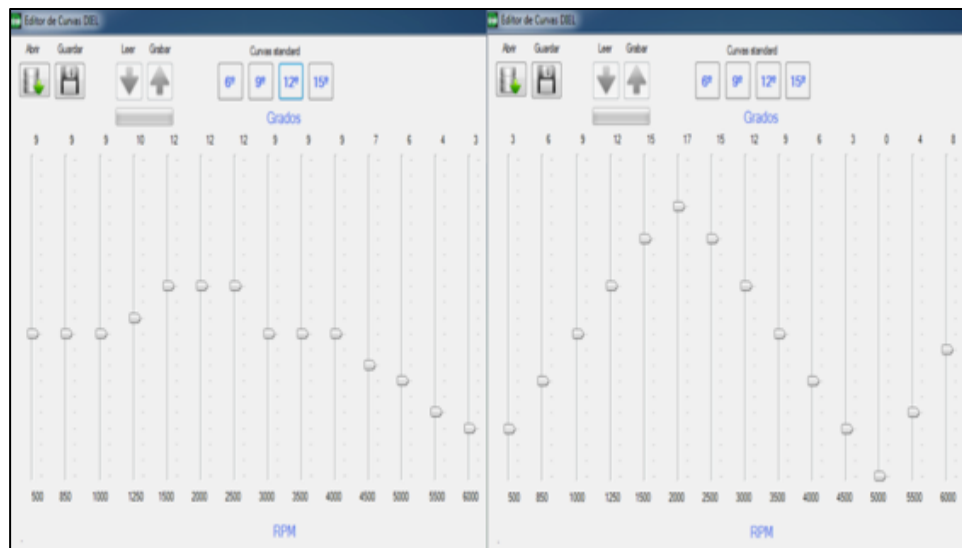
**Figura 63** Curvas personalizadas  
**Fuente:** (Diel Electrónica, 2014)

- Cuando se ha realizado las modificaciones deseadas, se deberán grabar las mismas al variador. Para realizar ésta operación se debe pulsar sobre el icono “Grabar” y observar la barra de progreso hasta que se muestre un mensaje que diga “carga exitosa”.
- Con el icono “Guardar” que se observa en la figura 64, se puede almacenar todas las curvas realizadas con nombre y configuración personalizada en cualquier lugar de su PC. Posteriormente se podrán cargar al editor con el comando “Abrir” y ser transferidas a otros variadores de avance Spark 11.



**Figura 64** Guardar curva en el variador  
**Fuente:** (Diel Electrónica, 2014)

- Se puede observar la configuración de la curva de un variador, oprimiendo el ícono “Leer”. Si se observa la barra de progreso al terminar se desplegará sobre el panel central las posiciones de la curva cargada.



**Figura 65** Curva estándar vs personalizada  
**Fuente:** (Diel Electrónica, 2014)

## CAPÍTULO IV

### 4. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para la ejecución del presente proyecto, se ha utilizado un enfoque metodológico definitivo que le da claridad y definición al problema de investigación; para lo cual se establece un orden de pruebas experimentales (torque y potencia, análisis de gases y consumo), cuya función es entregar datos certeros para la elaboración de la investigación.

Para el desarrollo de cada una de las pruebas (torque y potencia, análisis de gases y consumo), la modalidad de la investigación fue la misma, ya que los datos se obtuvieron mediante experimentación los mismos que fueron medidos, comparados y tabulados.

Para el desarrollo del Capítulo IV se utilizó el método experimental, el método de medición y el método de observación directa durante la realización de las diferentes pruebas, además el método comparativo al momento de tabular y analizar los datos obtenidos y finalmente el método de matematización al obtener el torque, potencia y consumo mediante formulas.

#### 4.1. Obtención de parámetros característicos

Al utilizar el dinamómetro de rodillos se logra obtener las curvas de torque y potencia a la rueda del vehículo NISSAN X-TRAIL, con las que se puede valorar la potencia y torque obtenidos a través de la implementación del variador de avance Spark 11.

##### 4.1.1. Protocolo de pruebas

El protocolo de pruebas se fundamenta en la norma SAE J1349 cuya finalidad es proporcionar un método que permita obtener mediciones de manera repetitiva que muestren con precisión el rendimiento verdadero del motor. Esta utiliza un factor de corrección de potencia y par del motor que depende de las condiciones geográficas (altura y presión), y un protocolo de

pruebas el cual indica las condiciones que se deben cumplir para determinar la potencia del motor y el torque a plena carga (valor máximo), por medio de la utilización de un dinamómetro.

#### 4.1.2. Requisitos para la prueba

Es indispensable tomar todas las medidas de seguridad que sean necesarias con el fin de evitar cualquier percance, verificando que el vehículo esté perfectamente anclado, de esta manera se logrará que el vehículo no salga desprendido durante la prueba.

Las medidas de seguridad de carácter preventivo que se deben considerar y que adoptan las personas que ejecutan la prueba, así como también las personas que estén observando la realización del ensayo se pueden observar en la figura 66 y son:

Antes de realizar la prueba

- Utilizar equipo de protección (zapatos punta de acero, mandil, casco y orejeras).



**Figura 66** Medidas de seguridad

- Se colocó el medidor de temperatura del motor y el extractor de gases en el escape del vehículo, y se ancló el vehículo a los soportes inferiores colocados en la fosa. Como se muestra en las figuras 67 y 68.



**Figura 67** Extrator de gases



**Figura 68** Anclaje del vehículo

Durante la realización de la prueba de torque y potencia.

- El freno de mano debe estar accionado antes de empezar el proceso.
- Al momento de guardar las curvas en el computador se debe caminar por la zona de seguridad asignada que se indica en la figura 69, sin acercarse al banco de rodillos, y peor aún ingresar a la fosa.



**Figura 69** Zona de seguridad

- Cada vez que se realice una nueva prueba en el dinamómetro de rodillos se debe encerrar las condiciones de carga del sistema de medición.

Después de realizar la prueba

- No se debe frenar en ninguna ocasión ya que el banco de medición posee un sistema para detener el giro de los rodillos y de los neumáticos en forma progresiva, en caso de pisar el freno los datos obtenidos serian erróneos.
- Se debe controlar la temperatura del vehículo antes, durante y después de cada medición con el fin de prevenir un recalentamiento del motor.

#### **4.1.3. Consideraciones de la prueba**

Como el vehículo de prueba tiene un sistema de tracción integral es fundamental transformarlo a tracción 4x2, debido a que el dinamómetro utilizado para la medición no es diseñado para este tipo de automóviles. Por esta razón se opto por desconectar el diferencial y convertirlo así en tracción delantera.

Hay que considerar que el vehículo posee transmisión automática y si existe un excesivo descenso en las RPM provocado por el cambio automático en la marcha, la prueba finalizará arrojando valores incorrectos.



Además el banco de pruebas utiliza un factor de corrección que afecta a los valores obtenidos de torque y potencia por este motivo el dinamómetro nos permite encontrar dichos valores en las condiciones geográficas (altura y presión) de la ciudad de Quito.

#### 4.1.4. Curvas características estándar.

La figura 70 muestra el comportamiento de las curvas de torque (anaranjado) y potencia (azul y rojo) sin la activación del variador de avance Spark 11.

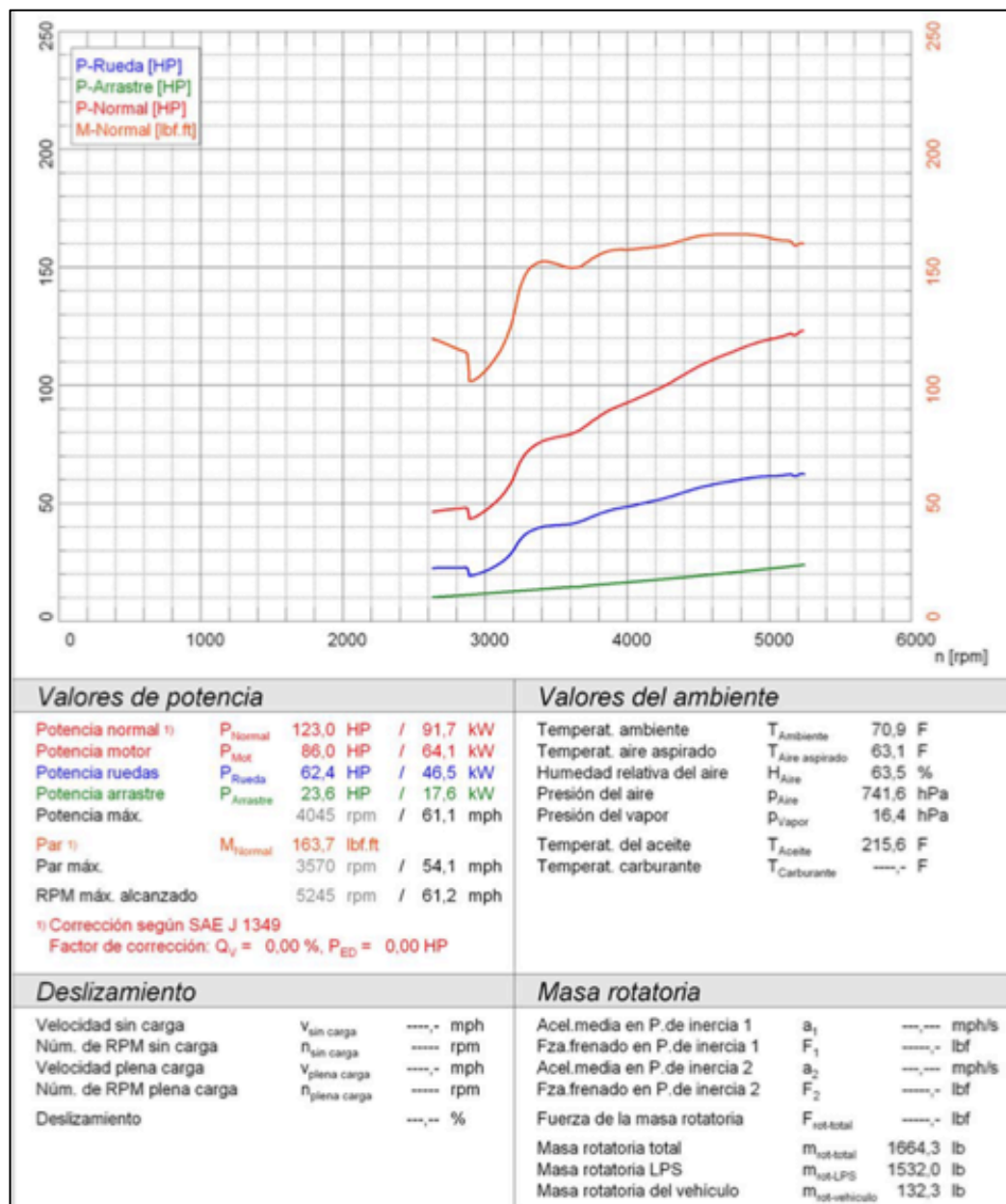


Figura 70 Curva de potencia y torque estándar

#### 4.1.5. Curvas características con el uso del dispositivo SPARK11

Variador a 6 grados

La figura 71 indica las curvas y valores de torque y potencia obtenidos mediante la prueba del dinamómetro de rodillos de las curvas cuando el variador de avance Spark 11 esta activado a 6°.

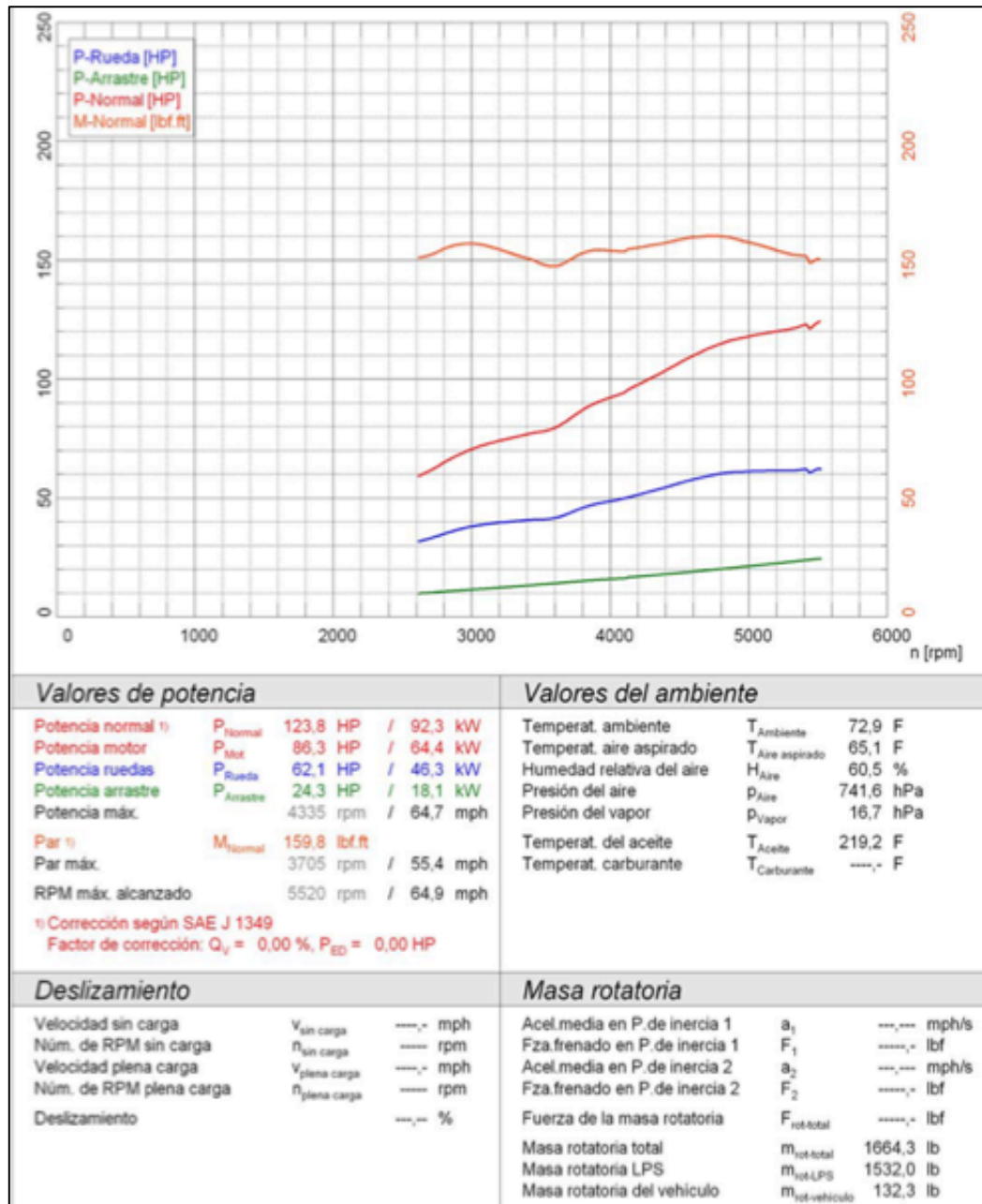


Figura 71 Curva de potencia y torque a 6°

## Variador a 9 grados

La figura 72 presenta la información de las curvas de torque y potencia cuando el variador de avance Spark 11 esta activado a 9°.

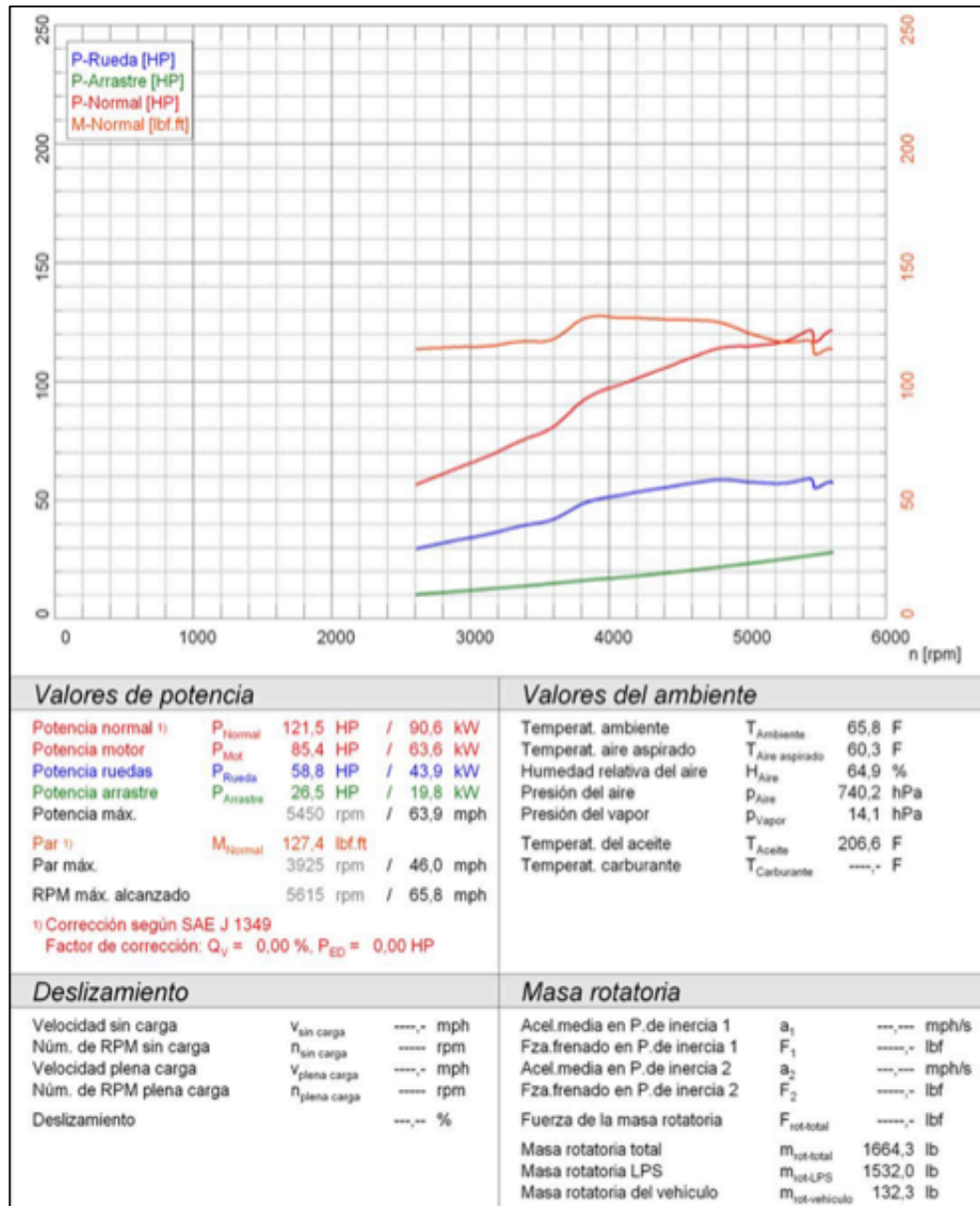
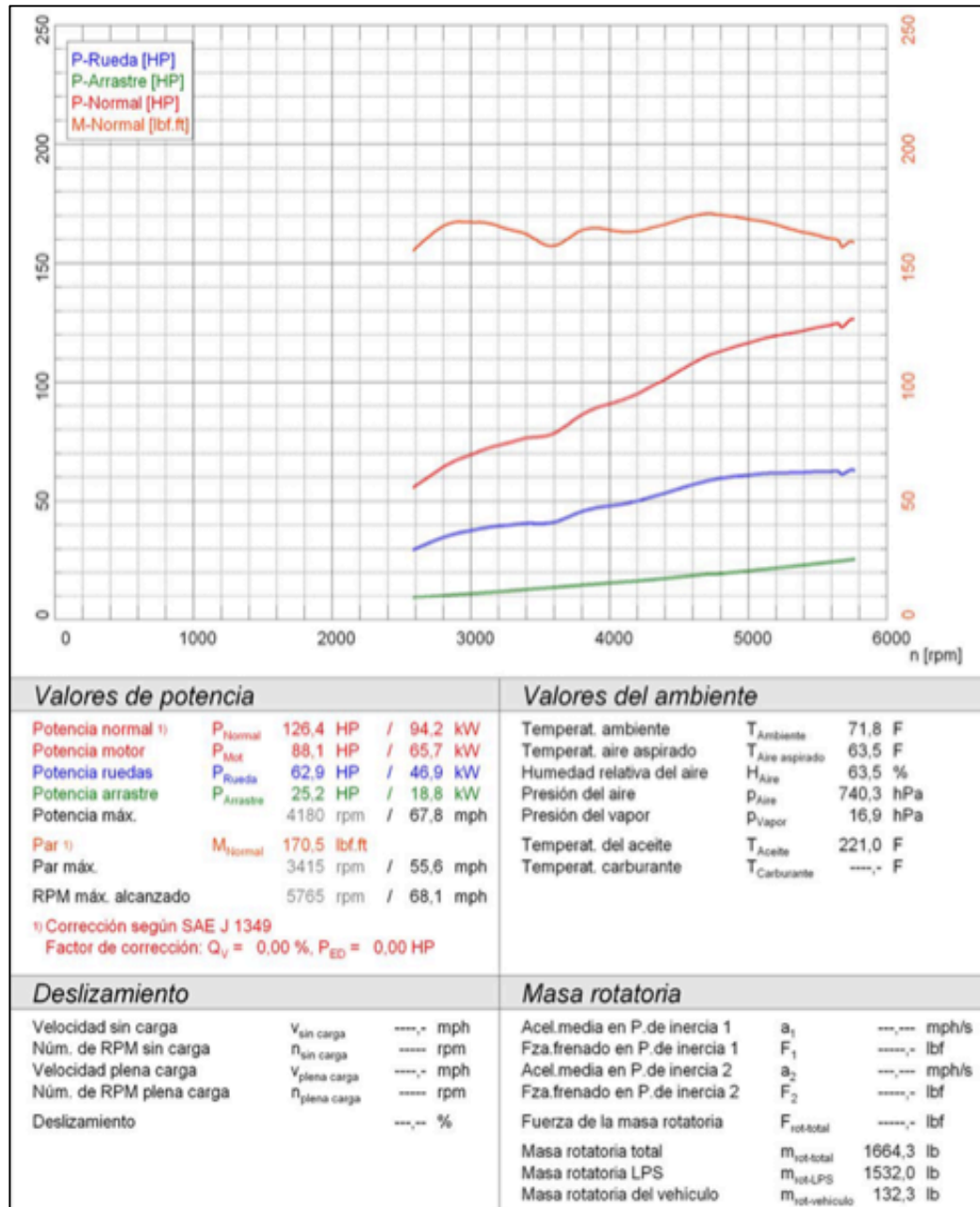


Figura 72 Curva de potencia y torque a 9°

## Variador a 12 grados

La figura 73 muestra el comportamiento de las curvas de torque (anaranjado) y potencia (azul y roja) cuando el variador de avance Spark 11 esta activado a 12°.



**Figura 73** Curva de potencia y torque a 12°

## Variador a 15 grados

La figura 74 indica las curvas y valores de torque y potencia obtenidos mediante la prueba del dinamómetro de rodillos de las curvas cuando el variador de avance Spark 11 esta activado a 15°.

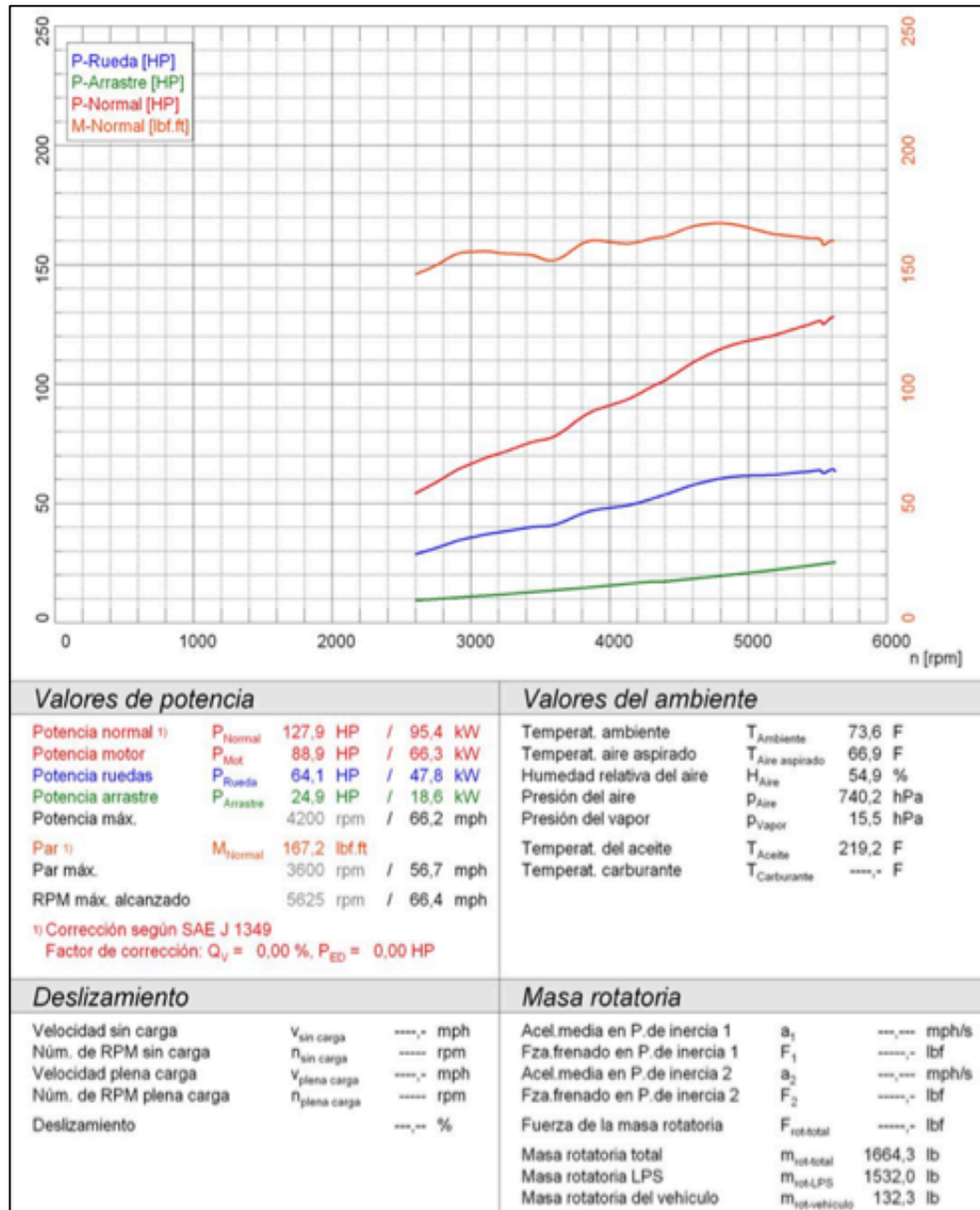


Figura 74 Curva de potencia y torque a 15°

## **4.2. Ejecución de la prueba de emisiones contaminantes**

La estimación de gases está sujeta a las normas de gestión ambiental establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización "INEN"; Para la ejecución de las pruebas de análisis de gases se empleará la norma NTE INEN 2 204:2002. Esta norma establece los límites permitidos de emisiones por fuentes móviles a gasolina en prueba estática y dinámica (tabla 1 y 2 de la norma).

Además se uso la norma NTE INEN 2 203:2000 con la finalidad de establecer el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape del automóvil.

### **4.2.1. Protocolo de pruebas**

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos equipados con motor de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o ralentí. Se aplicará a los vehículos automotores cuyo combustible es gasolina.

También consta el método de ensayo que esta conformado por el principio de operación, el equipo (analizador de gases), la calibración del equipo, el procedimiento de medición y la elaboración del informe de resultados.

### **4.2.2. Procedimiento de medición**

Es indispensable tomar todas las medidas de seguridad que sean necesarias con el fin de evitar cualquier percance durante la realización de la prueba.

- Se encendió el analizador de gases y se ejecutó el programa CARTEK.
- Se encendió el motor del vehículo y se verificó que se encuentre a la temperatura normal de operación.

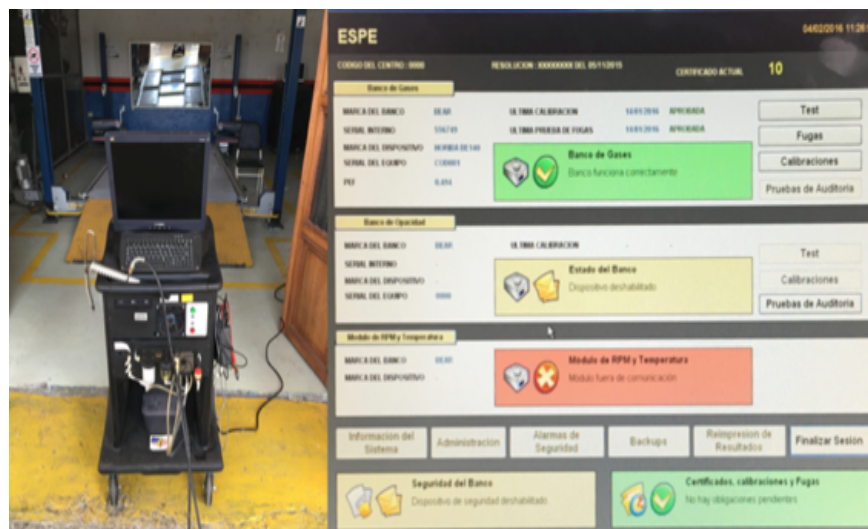


- A la batería del vehículo NISSAN X-TRAIL se conectó el módulo magnético de revoluciones BEAR 57-500 como se muestra en la figura 75.



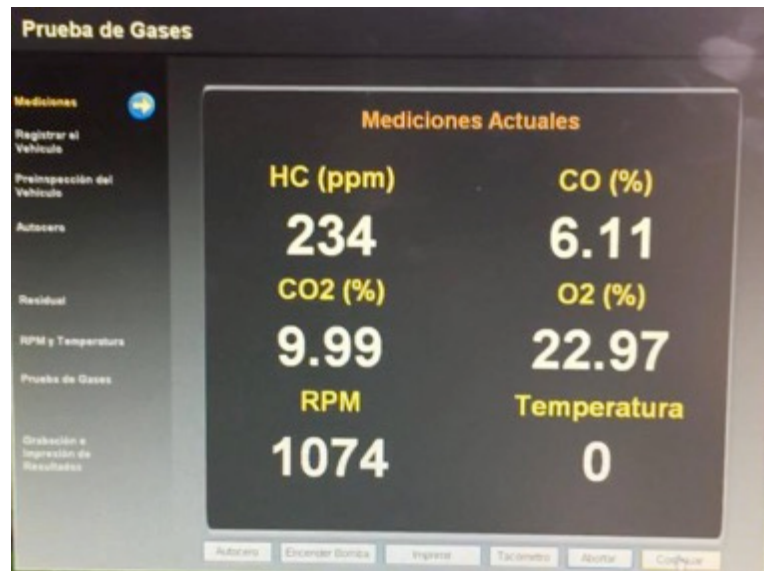
**Figura 75** Módulo magnético de revoluciones

- El equipo realizó una calibración automática del banco de gases, además de un test del módulo de r.p.m. y de temperatura la cual se observa en la figura 76.



**Figura 76** Calibración del equipo

- El siguiente paso que realiza automáticamente el equipo es la medición de los valores de HC, CO<sub>2</sub>, CO y O<sub>2</sub>, como se indica en la figura 77 cuando la sonda de muestreo no esta colocada en el escape del vehículo.



**Figura 77** Mediciones

- Se registró todos los datos del vehículo NISSAN X-TRAIL al que se le realizó la prueba de gases como se muestra en la figura 78.

Información del Vehículo			
Placa	LED-851	Número de motor	GFZ5895485
Marca	NISSAN	Número de Chasis	1TDNT304W001535
Línea	X-TRAIL	Combustible	Gasolina
Modelo	2004	Cilindrada	2500
Servicio	PARTICULAR	Kilometraje	195475
Clase	CAMPERO	Número Cilindros	4

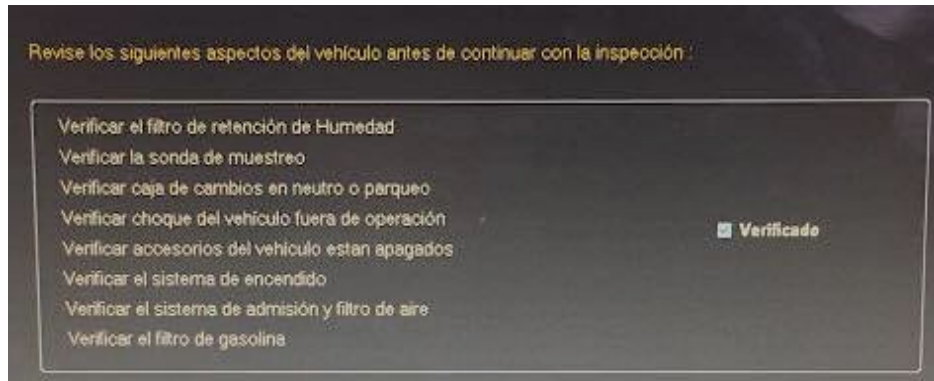
  

Información del Propietario			
Identificación	88000036	Ciudad	LATACUNGA
Tipo de identificación	CC	Teléfono	098990796
Nombre	RICARDO		
Apellidos	ALVARADO		
Dirección	FICOA		
Contacto	RICARDO		
Correo Electrónico	ricardo.c.34		

**Figura 78** Registro del vehículo

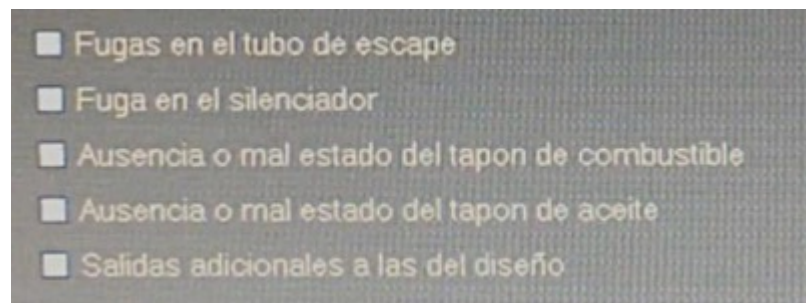
- Se realizó una pre inspección del vehículo NISSAN X-TRAIL en donde se verificó cada uno de los aspectos como son: el filtro de retención de humedad, el filtro de gasolina y el sistema de encendido, que se exponen en la figura 79.





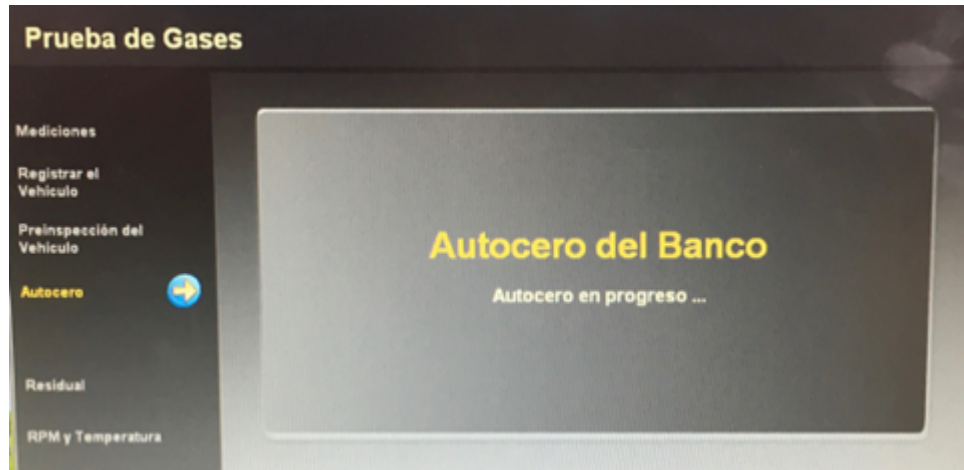
**Figura 79** Pre inspección del vehículo

- Se retiró todo material en forma de partículas, eliminando cualquier sustancia extraña o agua, que se haya acumulado en la sonda de muestreo y que pueda alterar las lecturas de la muestra.
- La transmisión del vehículo se colocó en neutro (transmisión manual) o parqueo (transmisión automática).
- Se verificó que los accesorios del vehículo (luces, aire acondicionado, etc.), estén apagados.
- Se observó en el vehículo que el sistema de escape se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y sin ninguna salida adicional a las del diseño que provoque dilución de los gases de escape o fugas de los mismos.
- Si el vehículo cumple con alguna de las características que se muestra en la figura 80, la prueba será rechazada.



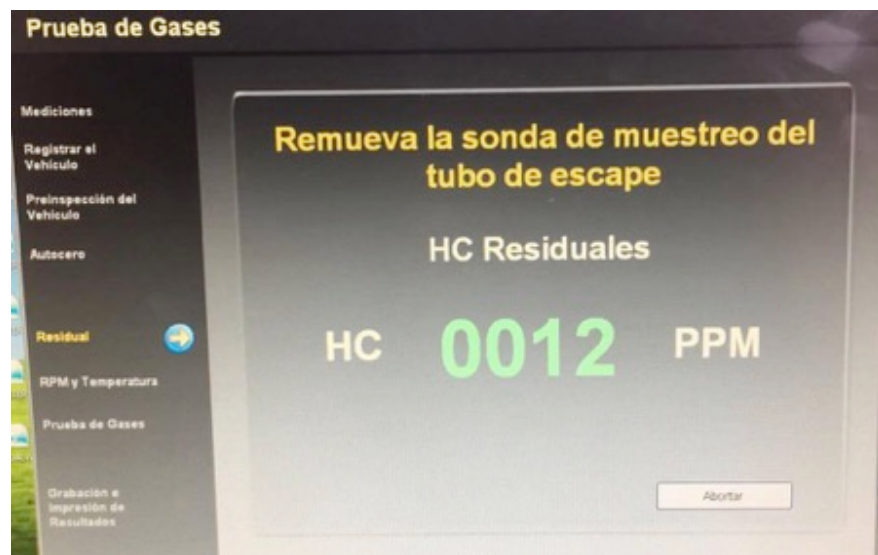
**Figura 80** Características de rechazo

- El programa CARTEK realizó automáticamente el proceso de Autocero del banco, como se observa en la figura 81, se deberá esperar el tiempo de respuesta del equipo de medición dado por cada fabricante.



**Figura 81** Autocero

- Se removió la sonda de muestro del tubo de escape con el fin de cumplir con el rango mínimo de HC residuales establecidos por el programa CARTEK. Como se muestra en la figura 82.



**Figura 82** Autocero

- Por medio del modulo magnético de revoluciones se verificó las r.p.m. del vehículo NISSAN X-TRAIL, el cual se expone en la figura 83, con el fin de iniciar la prueba.



**Figura 83** Teste de revoluciones

- Se introdujo la sonda de muestreo en el tubo de escape del vehículo NISSAN X-TRAIL, como lo indica la figura 84. Se debe tener la seguridad de que la sonda permanezca fija dentro del sistema de escape mientras dure la prueba.



**Figura 84** Sonda de prueba

- Mantener las revoluciones bajo la condición indicada para la prueba de ralentí y crucero (2000 – 2750 RPM) por un tiempo de 20 segundos de continuidad de velocidad constante. Como se observa en las figuras 85 y 86.



**Figura 85** Prueba ralentí



**Figura 86** Prueba de crucero

- Una vez concluida la prueba se removió la sonda de muestreo y el módulo magnético de r.p.m. y se imprimió las lecturas obtenidas de las emisiones medidas.

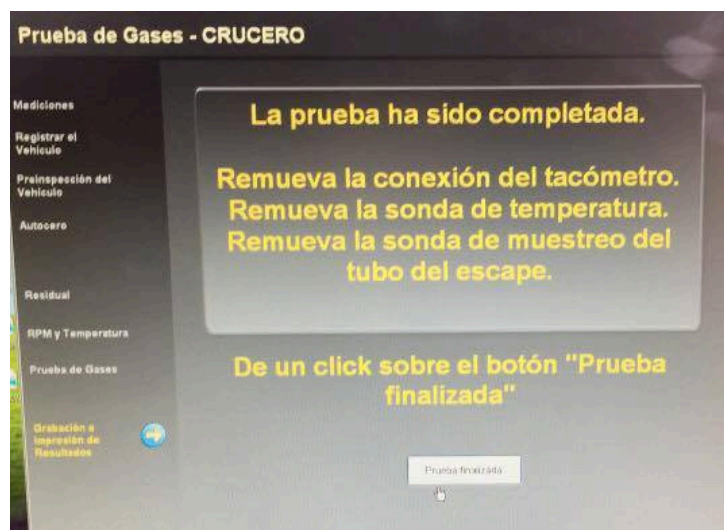


Figura 87 Finalización de la prueba

#### 4.2.3. Consideraciones de la prueba

El variador de avance al encendido al ser activado, posee un modo de operación en el cual hace que el vehículo no pueda mantener un régimen de giro constante en ralentí durante 20 segundos.

#### 4.2.4. Lectura de gases residuales dinámica estándar SPARK 11.

En la figura 88 podemos observar los resultados obtenidos de las pruebas de gases residuales en ralentí y crucero.

DATOS DEL CLIENTE				DATOS DEL VEHICULO			
NOMBRE:	HUGO			PLACA:	TDD091		
APELLIDO:	ALVARADO CORTI			MODELO:	2004		
IDENTIFICACION:	1803090636			MARCA:	NISSAN		
DISPOSITIVO:	COD001			MOTOR:	COMBUSTIBLE: GASOLINA		
				VIN:	JN1TBNT304W001535		

DATOS DE LA PRUEBA				CRUCERO			
RALENTI		NORMA		RESULTADOS		NORMA	
RESULTADOS							
HC:	251.00	HC LIMITE:	200.00 ppm	HC:	148.00	HC LIMITE:	200.00 ppm
CO:	6.45	CO LIMITE:	3.00 %	CO:	4.96	CO LIMITE:	3.00 %
CO2:	9.91	CO2 MINIMO:	7.00 %	CO2:	11.04	CO2 MINIMO:	7.00 %
O2:	0.84	O2 MAXIMO:	5.00 %	O2:	0.54	O2 MAXIMO:	5.00 %
RPM:	1,057	RPM MIN:	500 rpm	RPM:	2,630	RPM MIN:	2,000 rpm
TEMP:	0	TEMP MIN:	0.00 °	TEMP:	0	TEMP MIN:	0.00 °
RESULTADO RECHAZADA				RESULTADO RECHAZADA			
FECHA DE LA PRUEBA:				MOTIVO: Excedido límite HC en Ralenti - Excedido límite CO en RalentiExcedido límite CO en Crucero			
3/23/2016 9:38:33AM				<b>RESULTADO GENERAL: RECHAZADA</b>			
OPERARIO RESPONSABLE: _____							
LEONIDAS QUIROZ							

Figura 88 Prueba de análisis de gases estándar



#### 4.2.5. Lectura de gases residuales dinámica con el uso del dispositivo SPARK 11.

Variador a 6 grados

En la figura 89 se pueden ver los resultados que se obtienen de las pruebas de gases residuales en ralentí y crucero cuando se usa el dispositivo SPARK 11.

DATOS DEL CLIENTE		DATOS DEL VEHICULO	
NOMBRE:	HUGO	PLACA:	TDD091
APELLIDO:	ALVARADO CORTI	MODELO:	2004
IDENTIFICACION:	1803090636	MARCA:	NISSAN
DISPOSITIVO:	COD001	LINEA:	X-TRAIL
		MOTOR:	COMBUSTIBLE: GASOLINA
		VIN:	JN1TBNT304W001535

DATOS DE LA PRUEBA			
RALENTI		CRUCERO	
RESULTADOS	NORMA	RESULTADOS	NORMA
HC:	243.00	HC LIMITE:	200.00 ppm
CO:	6.07	CO LIMITE:	3.00 %
CO2:	10.10	CO2 MINIMO:	7.00 %
O2:	0.86	O2 MAXIMO:	5.00 %
RPM:	993	RPM MIN:	500 rpm
TEMP:	0	TEMP MIN:	0.00 °
RESULTADO RECHAZADA		RESULTADO RECHAZADA	
FECHA DE LA PRUEBA:		MOTIVO: Excedido límite HC en Ralentí - Excedido límite CO en RalentíExcedido límite CO en Crucero	
3/23/2016 10:06:28AM		<b>RESULTADO GENERAL: RECHAZADA</b>	
OPERARIO RESPONSABLE: _____			
LEONIDAS QUIROZ			

**Figura 89** Prueba de análisis de gases 6°

Variador a 9 grados

En la figura 90 se presentan los datos obtenidos una vez que se realizan las pruebas de gases residuales tanto en ralentí y crucero usando el dispositivo SPARK 11.

DATOS DEL CLIENTE		DATOS DEL VEHICULO	
NOMBRE:	HUGO	PLACA:	TDD091
APELLIDO:	ALVARADO CORTI	MODELO:	2004
IDENTIFICACION:	1803090636	MARCA:	NISSAN
DISPOSITIVO:	COD001	LINEA:	X-TRAIL
		MOTOR:	COMBUSTIBLE: GASOLINA
		VIN:	JN1TBNT304W001535

DATOS DE LA PRUEBA			
RALENTI		CRUCERO	
RESULTADOS	NORMA	RESULTADOS	NORMA
HC:	229.00	HC LIMITE:	200.00 ppm
CO:	6.26	CO LIMITE:	3.00 %
CO2:	10.04	CO2 MINIMO:	7.00 %
O2:	0.81	O2 MAXIMO:	5.00 %
RPM:	1,032	RPM MIN:	500 rpm
TEMP:	0	TEMP MIN:	0.00 °
RESULTADO RECHAZADA		RESULTADO RECHAZADA	
FECHA DE LA PRUEBA:		MOTIVO: Excedido límite HC en Ralentí - Excedido límite CO en RalentíExcedido límite CO en Crucero	
3/23/2016 10:24:53AM		<b>RESULTADO GENERAL: RECHAZADA</b>	
OPERARIO RESPONSABLE: _____			
LEONIDAS QUIROZ			

**Figura 90** Prueba de análisis de gases 9°

### Variador a 12 grados

En la figura 91 se muestra la información obtenida una vez que se realizan las pruebas de gases residuales con el uso del dispositivo SPARK 11 programado a 12 grados.

DATOS DEL CLIENTE		DATOS DEL VEHICULO	
NOMBRE:	HUGO	PLACA:	TDD091
APELLIDO:	ALVARADO CORTI	MODELO:	2004
IDENTIFICACION:	1803090636	MARCA:	NISSAN
DISPOSITIVO:	COD001	LINEA:	X-TRAIL
		MOTOR:	COMBUSTIBLE: GASOLINA
		VIN:	JN1TBNT304W001535

DATOS DE LA PRUEBA		CRUCERO	
<b>RALENTI</b>		<b>RESULTADOS</b>	
<b>RESULTADOS</b>	<b>NORMA</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>NORMA</b>
HC:	265.00	HC LIMITE:	200.00 ppm
CO:	6.30	CO LIMITE:	3.00 %
CO2:	9.92	CO2 MINIMO:	7.00 %
O2:	0.88	O2 MAXIMO:	5.00 %
RPM:	1,013	RPM MIN:	500 rpm
TEMP:	0	TEMP MIN:	0.00 °
RESULTADO RECHAZADA		RESULTADO RECHAZADA	
FECHA DE LA PRUEBA: 3/23/2016 11:00:21AM		MOTIVO: Excedido límite HC en Ralentí - Excedido límite CO en Ralentí Excedido límite CO en Crucero	
		<b>RESULTADO GENERAL: RECHAZADA</b>	
OPERARIO RESPONSABLE: _____			
LEONIDAS QUIROZ			

**Figura 91** Prueba de análisis de gases 12°

### Variador a 15 grados

En la figura 92 se muestran los datos que arroja la prueba de gases residuales en ralentí y crucero.

DATOS DEL CLIENTE		DATOS DEL VEHICULO	
NOMBRE:	HUGO	PLACA:	TDD091
APELLIDO:	ALVARADO CORTI	MODELO:	2004
IDENTIFICACION:	1803090636	MARCA:	NISSAN
DISPOSITIVO:	COD001	LINEA:	X-TRAIL
		MOTOR:	COMBUSTIBLE: GASOLINA
		VIN:	JN1TBNT304W001535

DATOS DE LA PRUEBA		CRUCERO	
<b>RALENTI</b>		<b>RESULTADOS</b>	
<b>RESULTADOS</b>	<b>NORMA</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>NORMA</b>
HC:	245.00	HC LIMITE:	200.00 ppm
CO:	6.22	CO LIMITE:	3.00 %
CO2:	10.01	CO2 MINIMO:	7.00 %
O2:	0.82	O2 MAXIMO:	5.00 %
RPM:	1,032	RPM MIN:	500 rpm
TEMP:	0	TEMP MIN:	0.00 °
RESULTADO RECHAZADA		RESULTADO RECHAZADA	
FECHA DE LA PRUEBA: 3/23/2016 11:13:49AM		MOTIVO: Excedido límite HC en Ralentí - Excedido límite CO en Ralentí Excedido límite CO en Crucero	
		<b>RESULTADO GENERAL: RECHAZADA</b>	
OPERARIO RESPONSABLE: _____			
LEONIDAS QUIROZ			

**Figura 92** Prueba de análisis de gases 15°

### 4.3. Prueba de consumo de combustible

El análisis de consumo de combustible volumétrico, es una prueba de campo que consiste en someter al vehículo a varios parámetros de conducción dentro de los límites de velocidad permitidos por la Comisión de Tránsito del Ecuador, según el Capítulo V del Reglamento General para la aplicación de la Ley Orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial “De los límites de velocidad”; y en condiciones normales de conducción dentro de un circuito establecido, con la finalidad de repetir varias veces el mismo tramo, obteniendo de esta manera los datos de consumo de combustible y los tiempos de cumplimiento del trayecto determinado.

#### 4.3.1. Equipo de medición

El equipo de medición que se utilizó para la prueba de consumo de combustible es el ElmScan 5, que se muestra en la figura 93, el cual permite establecer una conexión entre el vehículo (conector OBD II) y el computador (USB port) mediante el uso del software OBDwiz.



**Figura 93** ElmScan 5 y Software OBDwiz.  
**Fuente:** (Scantool, 2016)



El ElmScan 5 permite crear tableros virtuales en los cuales se puede observar 10 parámetros a la vez, los mismos que indican el consumo de combustible en tiempo real.

#### **4.3.2. Consideraciones para la prueba**

Se realizará una revisión previa del funcionamiento del vehículo, en la que se inspeccionarán los niveles de fluidos del motor, el estado del aceite, los frenos y neumáticos, garantizando de esta manera la seguridad del ocupante del mismo y la obtención de medidas más exactas.

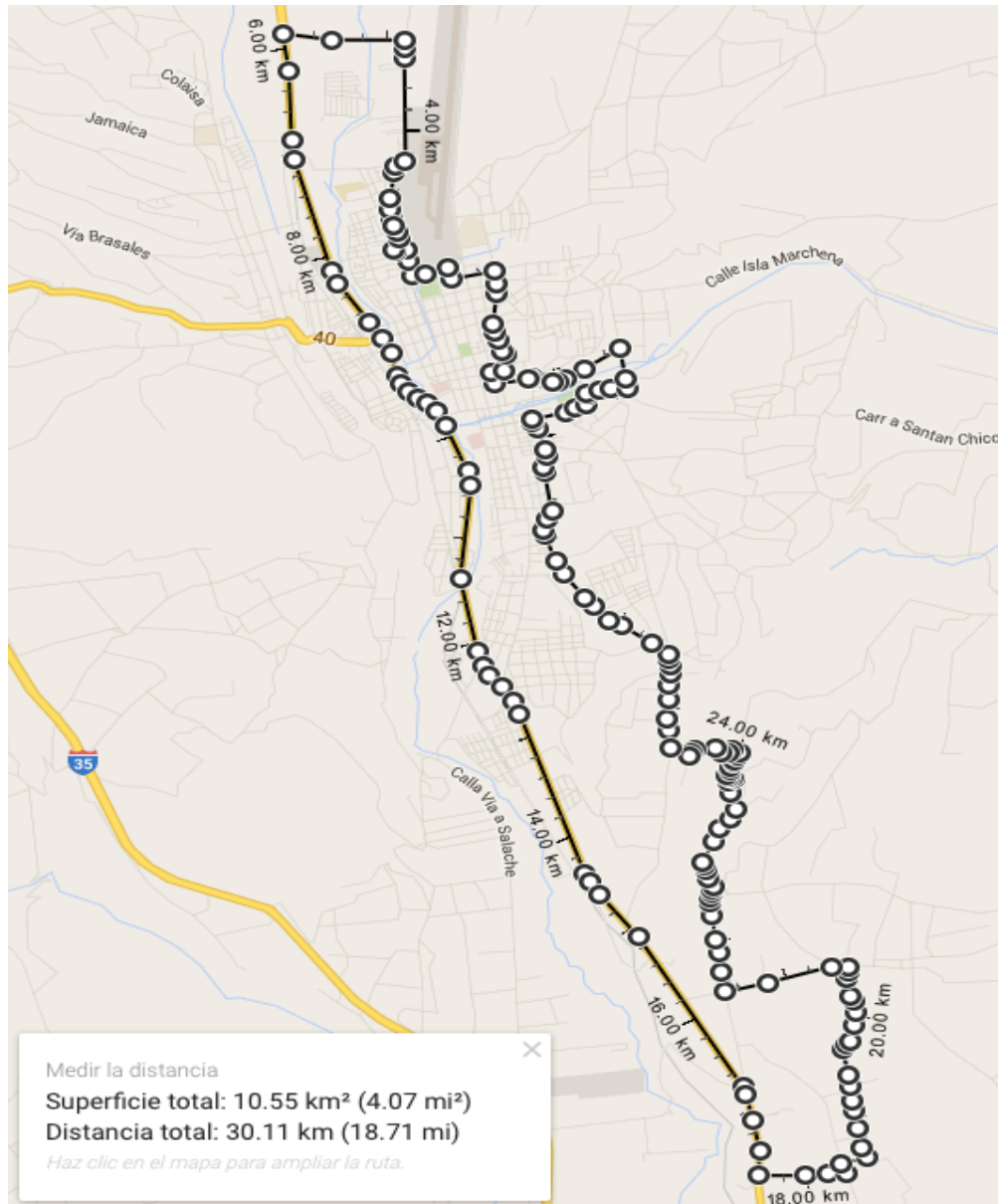
El circuito debe alojar distintas condiciones de conducción combinando un tramo en carretera en el cual el dispositivo mejorará la potencia del vehículo, otro en ciudad, en donde disminuirá el consumo y las emisiones, además de un tramo en la zona rural que posee diferentes tipos de superficie (empedrado y tierra), con el que el dispositivo mejorara el torque para optimizar las prestaciones del vehículo.

La conducción debe ser realizada por el mismo piloto durante la duración de la prueba, bajo las mismas condiciones de manejo, y rigiéndose a los límites de velocidad vigentes en el país, siendo estos: 50 Km/h para ciudad y 100 km/h en carretera.

#### **4.3.3. Circuito para la prueba de consumo.**

El circuito de evaluación está establecido bajo los siguientes parámetros:

- Tanto el inicio como el final del circuito estará en el mismo punto. Redondel de la mama negra
- En el circuito habrá un tramo para conducción en la ciudad que tendrá una distancia de 5.16 km.
- La ruta posee un tramo para conducción en carretera el cual tendrá la distancia más grande, 20 km.
- La presencia de tramos de asfalto/pavimento rígido en el circuito será de 3 km.
- En el circuito existiran tramos cortos en vias rurales bajo presencia de empedrado y tierra, que poseerá una distancia de 5km.



**Figura 94** Circuito para la prueba de consumo  
**Fuente:** (Google Maps, 2016)

#### 4.4. Tabulación de resultados

Se tabularon todos los datos obtenidos en las diferentes pruebas, con el fin de determinar cual ángulo de variación del encendido incide mas en los parámetros característicos del motor QR25 es el más óptimo.

##### 4.4.1. Tabulación de curvas de rendimiento

Se procedió a tabular todos los parámetros característicos obtenidos de las pruebas realizadas en el CCICEV.

a. **Estándar**

**Tabla 9**

Valores obtenidos en el dinamómetro

<b>PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA</b>					
	<b>Potencia</b>			<b>Torque</b>	
	kW	hp	rpm	lbt.ft	rpm
Prueba 1	95.4	122.9	4505	159,8	3655
Prueba 2	96	128.7	5785	130,1	2965
Prueba 3	91.7	123	4045	163,7	3570
<b>Promedio</b>	<b>94.37</b>	<b>124.87</b>		<b>156</b>	

b. **Variador a 6 grados**

**Tabla 10**

Valores obtenidos en el dinamometro a 6°

<b>PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA</b>					
	<b>Potencia</b>			<b>Torque</b>	
	kW	hp	rpm	lbt.ft	rpm
Prueba 1	93.4	125.3	5425	127,5	4725
Prueba 2	92.3	123.8	4335	159,8	3705
Prueba 3	95.4	122.9	5605	127,3	4770
<b>Promedio</b>	<b>93.7</b>	<b>124</b>		<b>143</b>	

c. **Variador a 9 grados**

**Tabla 11**

Valores obtenidos en el dinamometro a 9°

<b>PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA</b>					
	<b>Potencia</b>			<b>Torque</b>	
	kW	hp	rpm	lbt.ft	rpm
Prueba 1	90.6	121.5	5450	127,4	3925
Prueba 2	92	123.4	5720	124,1	4735
Prueba 3	93.5	125.3	4425	157,8	3750
<b>Promedio</b>	<b>92.03</b>	<b>123.4</b>		<b>140.33</b>	

d. **Variador a 12 grados**

**Tabla 12**

Valores obtenidos en el dinamometro a 12°

<b>PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA</b>					
	<b>Potencia</b>			<b>Torque</b>	
	kW	hp	rpm	lbt.ft	rpm
Prueba 1	94.2	126.4	4180	120,5	3600
Prueba 2	93.2	123.6	5765	124,2	4770
Prueba 3	94.7	127.8	4150	169,9	4750
<b>Promedio</b>	<b>94.03</b>	<b>125.93</b>		<b>143</b>	

e. **Variador a 15 grados**

**Tabla 13**

Valores obtenidos en el dinamometro a 15°

<b>PRUEBA DE TORQUE Y POTENCIA</b>					
	<b>Potencia</b>			<b>Torque</b>	
	kW	hp	rpm	lbt.ft	rpm
Prueba 1	95.4	127.9	4200	167.2	3600
Prueba 2	95.2	127.7	7805	124.6	4770
Prueba 3	94.5	126.7	5700	123.7	4750
<b>Promedio</b>	<b>95.03</b>	<b>127.43</b>		<b>138.5</b>	

**4.4.2. Tabulación del análisis gases de escape**

Con el fin de comparar los resultados arrojados por el analizador de gases Cartek se realizó una tabla que contiene los datos de cada una de las pruebas.

a. **Estándar**

**Tabla 14**

Valores obtenidos en el analizador de gases

<b>TABULACIÓN DEL ANALISIS DE GASES</b>								
	<b>Ralentí</b>				<b>Crucero</b>			
	HC	CO	CO2	O2	HC	CO	CO2	O2
Prueba 1	267	6.36	9.92	0.83	155	4.99	11.03	0.50
Prueba 2	221	6.37	9.98	0.79	146	5.01	11.01	0.54
Prueba 3	251	6.45	9.91	0.84	148	4.96	11.04	0.54
Prueba 4	224	6.15	10.11	0.78	147	5.04	11	0.50
<b>Promedio</b>	<b>240.75</b>	<b>6.33</b>	<b>9.98</b>	<b>0.81</b>	<b>149</b>	<b>5</b>	<b>11.02</b>	<b>0.52</b>

**b. Variador a 6 grados**

**Tabla 15**

Valores obtenidos en el analizador de gases a 6°

<b>TABULACIÓN DEL ANALISIS DE GASES</b>								
	<b>Ralentí</b>				<b>Crucero</b>			
	HC	CO	CO2	O2	HC	CO	CO2	O2
Prueba 1	243	6.07	10.10	0.86	152	4.82	11.15	0.51
Prueba 2	253	6.44	9.89	0.87	149	5.15	10.97	0.53
Prueba 3	248	6.44	9.91	0.87	145	5.20	10.93	0.47
Prueba 4	235	6.39	9.94	0.84	143	5.01	11.04	0.51
<b>Promedio</b>	<b>244.8</b>	<b>6.34</b>	<b>9.96</b>	<b>0.86</b>	<b>147.3</b>	<b>5.05</b>	<b>11.02</b>	<b>0.5</b>

**c. Variador a 9 grados**

**Tabla 16**

Valores obtenidos en el analizador de gases a 9°

<b>TABULACIÓN DEL ANALISIS DE GASES</b>								
	<b>Ralentí</b>				<b>Crucero</b>			
	HC	CO	CO2	O2	HC	CO	CO2	O2
Prueba 1	229	6.26	10.04	0.81	147	4.98	11.04	0.52
Prueba 2	231	6.38	9.95	0.78	148	5.11	10.97	0.48
Prueba 3	213	6.34	10.01	0.77	147	5.06	10.99	0.49
Prueba 4	234	6.34	9.92	0.75	144	5.01	10.94	0.47
<b>Promedio</b>	<b>226.8</b>	<b>6.33</b>	<b>9.98</b>	<b>0.78</b>	<b>146.5</b>	<b>5.04</b>	<b>10.99</b>	<b>0.5</b>

d. Variador a 12 grados

Tabla 17

Valores obtenidos en el analizador de gases a 12°

TABULACIÓN DEL ANALISIS DE GASES								
	Ralentí				Crucero			
	HC	CO	CO2	O2	HC	CO	CO2	O2
Prueba 1	245	6.04	10.14	0.87	144	4.69	11.23	0.51
Prueba 2	258	6.38	9.92	0.85	143	4.96	11.03	0.50
Prueba 3	237	6.49	9.90	0.80	145	5.19	10.92	0.51
Prueba 4	265	6.30	9.92	0.88	144	5.14	10.91	0.52
<b>Promedio</b>	<b>251.25</b>	<b>6.3</b>	<b>9.97</b>	<b>0.85</b>	<b>144</b>	<b>5</b>	<b>11.02</b>	<b>0.51</b>

e. Variador a 15 grados

Tabla 18

Valores obtenidos en el analizador de gases a 15°

TABULACIÓN DEL ANALISIS DE GASES								
	Ralentí				Crucero			
	HC	CO	CO2	O2	HC	CO	CO2	O2
Prueba 1	269	6.11	10.07	0.88	150	5.18	10.91	0.52
Prueba 2	260	6.25	10.02	0.87	145	5.24	10.89	0.51
Prueba 3	245	6.22	10.01	0.82	146	5.10	10.93	0.52
Prueba 4	211	6.25	10.06	0.74	145	5.13	10.94	0.49
<b>Promedio</b>	<b>246.3</b>	<b>6.2</b>	<b>10.04</b>	<b>0.83</b>	<b>146.5</b>	<b>5.2</b>	<b>10.92</b>	<b>0.51</b>

#### 4.4.3. Tabulación de la prueba de consumo de combustible

En la tabla 19 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de consumo en las diferentes configuraciones del variador de avance.

**Tabla 19**

Tabulación de consumo de combustible

TABULACIÓN DE CONSUMO DE COMUSTIBLE					
	Distancia km	Trip l /100 km	Total l /100 km	Fuel (l)	Fuel (l/h)
<b>Estándar</b>	30.16	9.50	9.5	2.75	1.75
<b>Variador 6°</b>	30.16	8.97	9.0	2.71	1.31
<b>Variador 9°</b>	30.16	8.94	8.9	2.69	1.34
<b>Variador 12°</b>	30.16	9.17	9.2	2.77	1.23
<b>Variador 15°</b>	30.16	9.24	9.2	2.79	1.30

En la figura 95 podemos observar los parámetros que se utilizaron durante la prueba de consumo de combustible como son: la distancia total en km y el consumo de combustible en l/h.



**Figura 95** Prueba consumo estándar



#### 4.5. Análisis de resultados

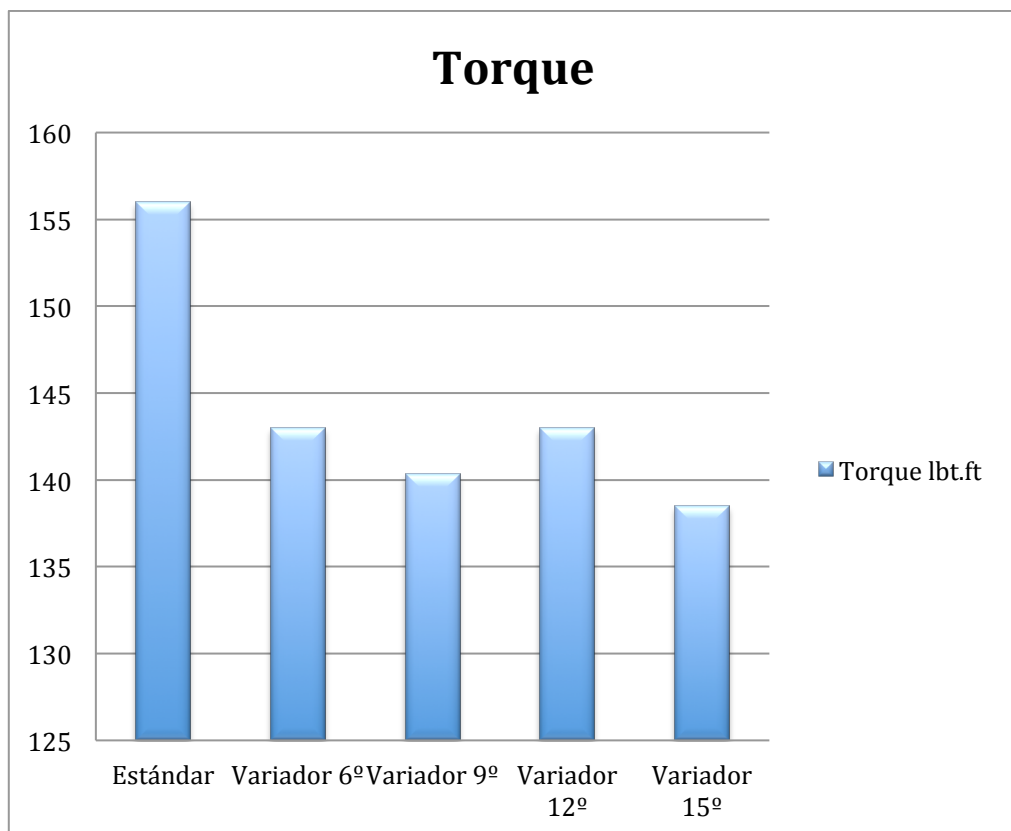
Con la finalidad de tener un criterio definido acerca de las prestaciones que brinda el variador avance al encendido Spark 11, se realizó el análisis de los datos de cada una de las pruebas.

##### 4.5.1. Curvas de rendimiento

**Tabla 20**

Análisis torque

ANÁLISIS DE TORQUE	
<b>Estándar</b>	156 lbt.ft
<b>Variador 6°</b>	143 lbt.ft
<b>Variador 9°</b>	140.33 lbt.ft
<b>Variador 12°</b>	143 lbt.ft
<b>Variador 15°</b>	138.5 lbt.ft



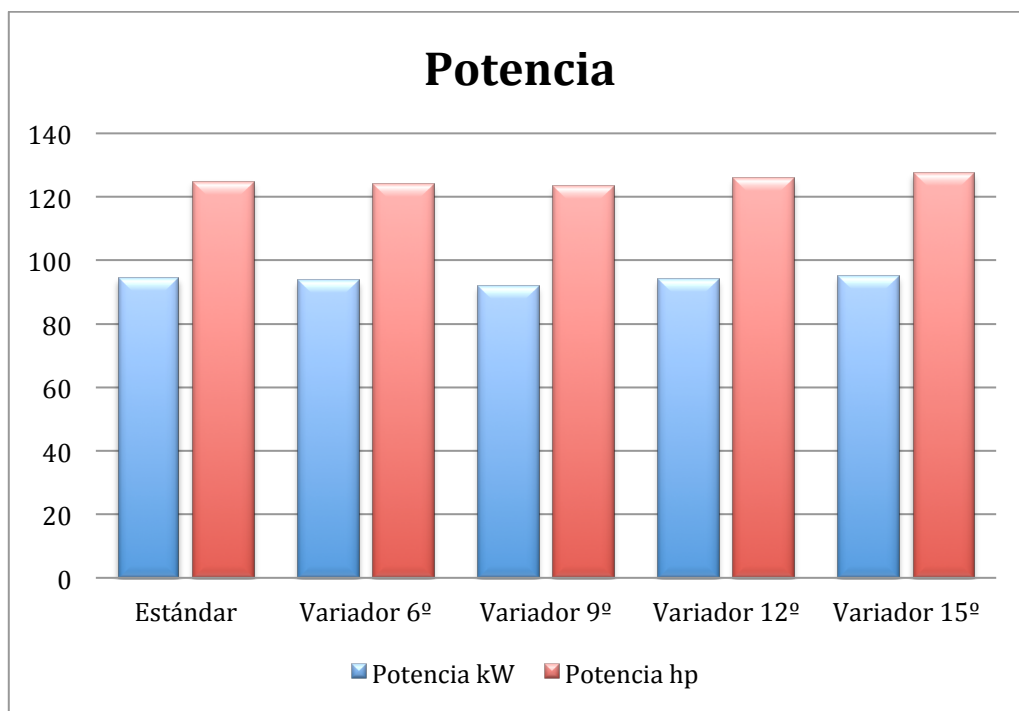
**Figura 96** Análisis de torque

En la figura 96, el torque del vehículo bajo la influencia del variador de avance al encendido en 6, 9, 12 y 15 grados disminuyo de un 8 a 11 por ciento en comparación con el torque obtenido sin la influencia del dispositivo.

**Tabla 21**

Análisis de potencia

ANÁLISIS POTENCIA		
	Potencia	
	kW	hp
<b>Estándar</b>	94.37	124.87
<b>Variador 6°</b>	93.7	124
<b>Variador 9°</b>	92.03	123.4
<b>Variador 12°</b>	94.03	125.93
<b>Variador 15°</b>	95.03	127.43



**Figura 97** Análisis de potencia

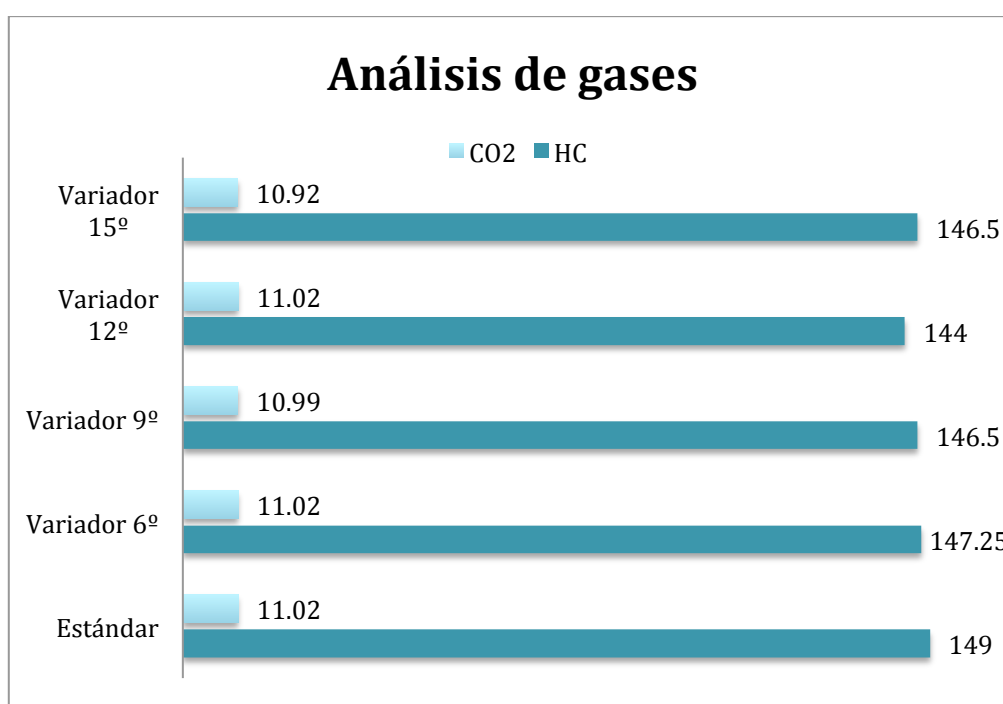
Mientras que en la figura 97, la potencia se redujo de 124.87 hp sin el dispositivo a 124 hp y 123.4 hp con una variación al encendido de 6 grados y 9 grados respectivamente

#### 4.5.2. Análisis de gases de escape

**Tabla 22**

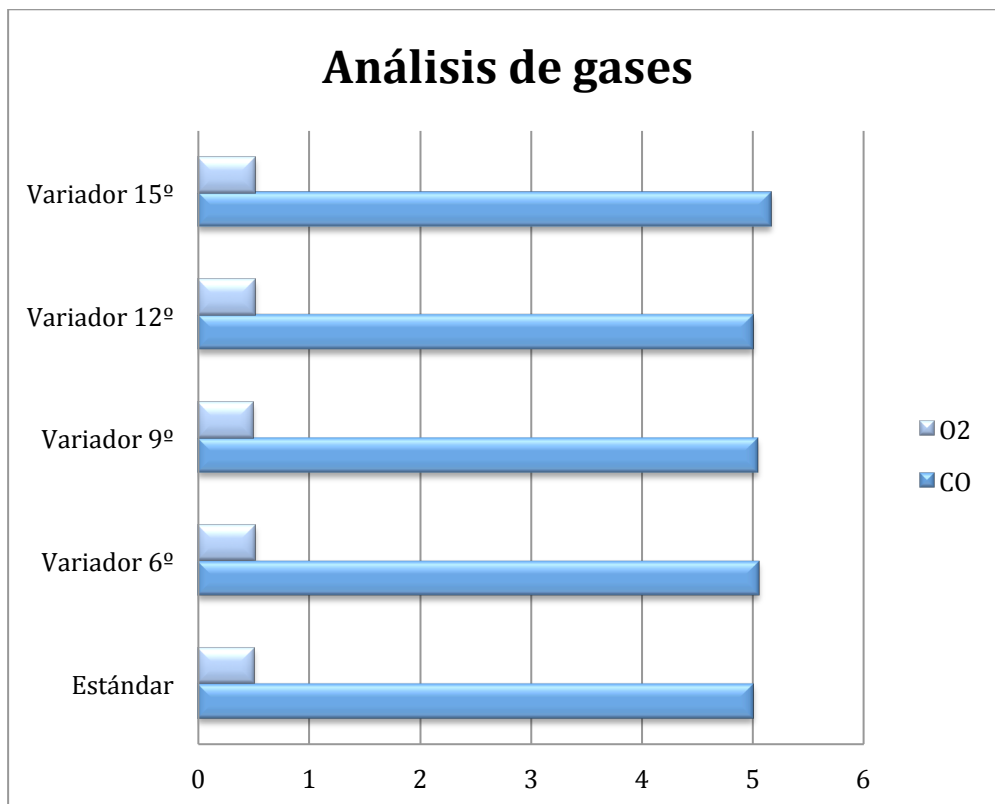
Análisis de los valores de gases de escape

ANÁLISIS DE GASES								
	Ralentí				Crucero			
	HC	CO	CO2	O2	HC	CO	CO2	O2
<b>Estándar</b>	240.75	6.33	9.98	0.81	149	5	11.02	0.50
<b>Variador 6°</b>	244.75	6.43	9.96	0.86	147.3	5.05	11.02	0.5
<b>Variador 9°</b>	226.75	6.33	9.98	0.78	146.5	5.04	10.99	0.49
<b>Variador 12°</b>	251.25	6.3	9.97	0.85	144	5	11.02	0.51
<b>Variador 15°</b>	246.25	6.21	10.04	0.83	146.5	5.16	10.92	0.51



**Figura 98** Análisis de los valores de CO2 y HC

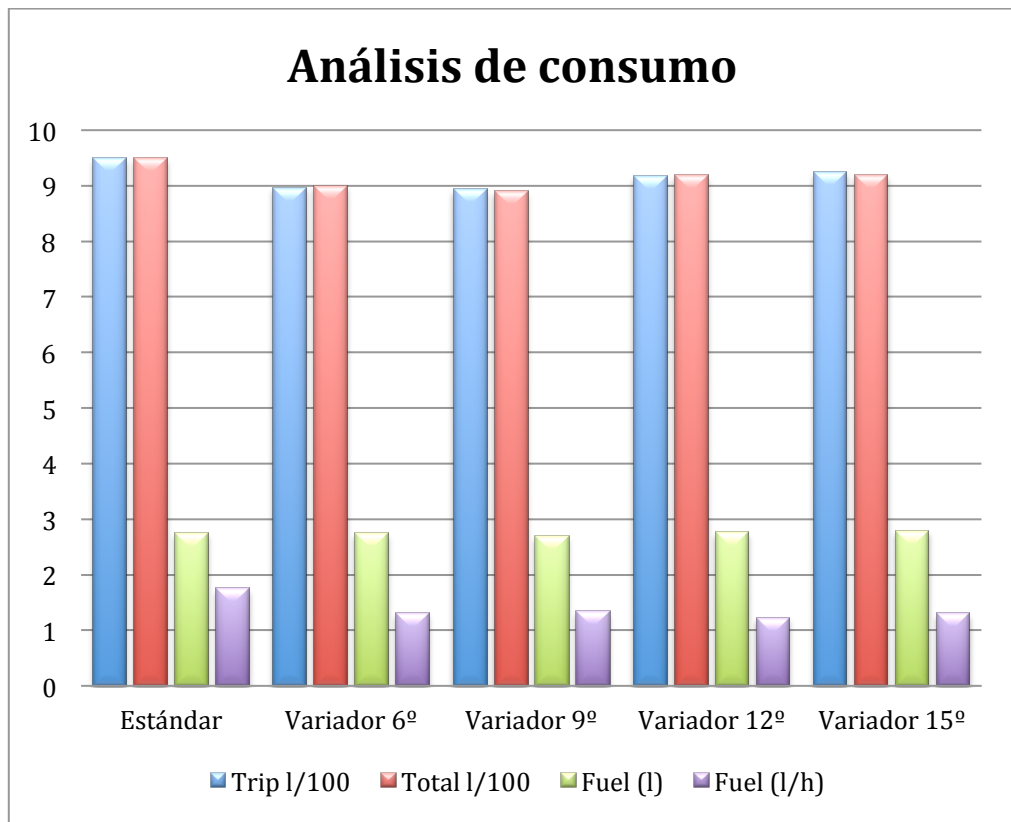
En figura 98, se puede observar que las emisiones de HC cuando el vehículo esta sin el variador de avance Spark 11 son mayores con 149 ppm en comparación con las demás configuraciones, de igual manera los niveles de CO<sub>2</sub> son los más altos alcanzando un 11.02



**Figura 99** Análisis de los valores de O<sub>2</sub> y CO

Cuando el variador de avance al encendido Spark 11 esta configurado para 15º los niveles de CO y O<sub>2</sub> son los más altos de todas las configuraciones como se puede observar en la figura 99.

### 4.5.3. Consumo de combustible



**Figura 100** Análisis de consumo de combustible

En la figura 100, se determina que cuando el variador de avance al encendido Spark 11 está configurado a 9º posee el menor consumo de combustible con 2.69 l, mientras que cuando se configura para 15º posee el mayor consumo de combustible con 2.79 l.

### 4.6. Matematización de cálculos

Mediante la utilización de fórmulas matemáticas y datos técnicos del motor QR25 se procederá a obtener torque, potencia y consumo de combustible específico.

#### 4.6.1. Cálculo de torque y potencia

Para el cálculo de torque y potencia se utilizó las condiciones atmosféricas de la ciudad de Quito (ver tabla 5), los datos del motor QR25 y los valores de interpolación; los cuales causan una variación en el resultado de aproximadamente 5%.

**Tabla 23**

Datos del motor QR25DE

<b>DATOS MOTOR</b>			
Revoluciones	n	6000	rpm
Relación de compresión	$\varepsilon$	9.5	: 1
Carrera	S	0.096	m
Longitud de biela	L	0.1431	m
Diámetro de la válvula	Dvalv	0.0358	m
Diámetro del pistón	Dpist	0.089	m
Adelanto a la apertura del escape	AAE	41	°
Cilindrada total	VH	2488	cm <sup>3</sup>
Consumo indicado	Cind	1.75	l/h
Número de cilindros	i	4	

Fuente: (Nissan, 2004)

**Tabla 24**

Valores de Interpolación

<b>VALORES PARA INTERPOLAR</b>			
Altura	2743	3000	msnm
Densidad del aire	0.8986	0.8794	kg/m <sup>3</sup>
Relación de compresión	6	9	: 1
Posición del pistón	0	180	°
Presion residual	0.11	0.125	Mpa
Variación de temperatura en el sistema	0	20	°C
Temperatura de gases residuales	900	1000	°K
CONTINÚA →			

Temperatura máxima del ciclo	2500	2700	°K
Exponente politrópico	1.23	1.30	
Resistencia al sistema de adm.	2.5	4	
Constante politrópica	1.30	1.37	

**Fuente:** (Jóvaj, M., 1982) y (Mena, L., 2011)

La velocidad máxima del pistón se calcula aplicando la ecuación 4.

$$Cp \text{ máx} = R\omega * \sqrt{1 + \lambda^2} = 31.8107 \text{ m/s} \quad (4)$$

**Ecuación 4** Velocidad máxima del pistón

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

Para obtener la velocidad de movimiento de la carga en la sección del paso de la válvula se utiliza la ecuación 5.

$$W_{ad} = \frac{Cp \text{ máx} * Fp}{f_{ad}} = 196.6019 \text{ m/s} \quad (5)$$

**Ecuación 5** Velocidad de movimiento de la carga en la sección del paso de la válvula.

**Fuente:** (Jóvaj, M.1982.)

Una vez calculada la velocidad máxima del pistón y la velocidad de movimiento de la carga en la sección del paso de la válvula se procede a obtener la presión al final de la admisión empleando la ecuación 6.

$$Pa = Po - (\beta^2 + \xi_{ad}) * \frac{W_{ad}^2}{2} * \rho_o * 10^{-6} = 0.0278 \text{ MPa} \quad (6)$$

**Ecuación 6** Presión al final de la admisión

**Fuente:** (Jóvaj, M.1982.)

La presión al final de la compresión se calcula aplicando la ecuación 7.

$$Pc = Pa * \varepsilon^{n-1} = 0.623 \text{ MPa} \quad (7)$$

**Ecuación 7** Presión al final de la compresión

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

Para conseguir el coeficiente  $\gamma_{res}$  se emplea la ecuación 8.

$$\gamma_{res} = \frac{T_o + \Delta T}{T_r} * \frac{P_r}{\varepsilon P_a - P_r} = 0.2774 \quad (8)$$

**Ecuación 8** Coeficiente  $\gamma_{res}$

**Fuente:** (Jóvaj, M.1982.)

La temperatura de admisión se obtiene utilizando la ecuación 9.

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_{res} + T_r}{1 + \gamma_{res}} = 463.0538 \text{ } ^\circ K \quad (9)$$

**Ecuación 9** Temperatura de admisión

**Fuente:** (Jóvaj, M.1982.)

Para obtener la temperatura de compresión se usa la ecuación 10.

$$T_c = T_a * \varepsilon^{(120-1)} = 1093.4424 \text{ } ^\circ K \quad (10)$$

**Ecuación 10** Temperatura de compresión

**Fuente:** (Jóvaj, M.1982.)

Una vez calculados todos los parámetros necesarios para conseguir la presión al final del trabajo se procede a aplicar la ecuación 11.

$$P_z = \mu_r * \frac{T_z}{T_c} * P_c = 1.6540 \text{ } MPa \quad (11)$$

**Ecuación 11** Presión al final del trabajo

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

La presión al final del escape se calcula aplicando la ecuación 12:

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n2-1}} = 0.0918 \text{ } MPa \quad (12)$$

**Ecuación 12** Presión al final del escape

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

Para obtener la máxima fuerza generada en el ciclo de trabajo se deberá multiplicar el área de la cara del pistón ( $A_{cp}$ )  $0.0012065 \text{ } m^2$  y la presión al final del trabajo ( $P_z$ )  $1.6969 \text{ } Mpa$ .

$$F_{m\acute{a}x} = P_z * A_{cp} * 10^6 = 1987.281 \text{ } N \quad (13)$$

**Ecuación 13** Fuerza máxima

**Fuente:** (Jóvaj, M.1982.)



Una vez calculada la máxima fuerza generada en el ciclo de trabajo empleamos la ecuación 14 para conseguir el torque.

$$\tau = F_{max} * S = 190.77898 \text{ Nm} \quad (14)$$

**Ecuación 14** Torque  
Fuente: (Jóvaj, M.1982.)

La potencia se calcula aplicando la ecuación 15.

$$P = \tau * \omega = 119870.25 \text{ W} = 119.87 \text{ kW} = 160.68 \text{ Hp} \quad (15)$$

**Ecuación 15** Potencia  
Fuente: (Rodríguez H., 2013)

**Tabla 25**

Resumen de cálculos de torque y potencia

RESUMEN DE CÁLCULOS			
Ord.	VARIABLES	RESULTADOS	
1	Radio de la manivela (R)	0.0489 m	Cp = 31.8107 m/s
	Frecuencia de rotación del cigüeñal ( $\omega$ )	628.319 rad/s	
	Relación entre el radio de la manivela y la longitud de la biela ( $\lambda$ )	0.3354	
2	Área de la de la cabeza de la válvula de escape ( $f_{ad}$ )	0.0010 m <sup>2</sup>	Wad = 196.602 m/s
	Área de la cara del pistón (Fp)	0.0062 m <sup>2</sup>	
	Velocidad máxima del pistón (Cp máx.)	31.8107 m/s	
3	Densidad del aire ( $\rho_o$ )	0.893 Kg/m <sup>3</sup>	Pa = 0.0278 MPa
	$(\beta^2 + \xi_{ad})$	4.25	
	Velocidad de movimiento de la carga en la sección del paso de la válvula (Wad)	196.602 m/s.	
	Presión inicial	10110 Pa	
			CONTINÚA →

4	Constante politrópica interpolada ( $n_1$ )	1.38	$P_c = 0.623$ MPa
	Presión al final de la admisión ( $P_a$ )	0.0278 MPa.	
5	Temperatura del ambiente ( $T_o$ )	13°C	$\gamma_{res} = 0.2774$
	Variación de la temperatura en el ciclo ( $\Delta T$ )	23.333 °C	
	Temperatura de gases quemados ( $T_r$ )	1016.666 7 °K	
	Presión de los gases residuales ( $P_r$ )	0.1275 Mpa	
	Relación de compresión ( $\epsilon$ )	9.5	
	Presión al final de la admisión ( $P_a$ )	0.0278 Mpa	
6	Temperatura del ambiente ( $T_o$ )	13°C	$T_a = 463.054$ °K
	Temperatura de gases quemados ( $T_r$ )	1016.666 7 °K	
	Variación de la temperatura en el ciclo ( $\Delta T$ )	23.333 °C	
	Coeficiente $\gamma_{res}$	0.2774	
7	Temperatura de admisión	2700	$T_c = 1093.442$ °K
	Relación de compresión ( $\epsilon$ )	9.5	
9	Constante ( $\mu_r$ )	1.075	$P_z = 1.654$ MPa
	Temperatura de admisión ( $T_a$ )	463.0538 °K	
	Temperatura máxima del ciclo ( $T_z$ )	463.0538 °K	
	la presión al final de la compresión ( $P_c$ )	0.263 Mpa	
10	Exponente politrópico ( $n_2$ )	1.38	$P_b = 0.0918$ MPa
	Presión al final del trabajo ( $P_z$ )	1.6545 MPa	
11	Área de la cara del pistón ( $A_{cp}$ )	0.001206 5 m <sup>2</sup>	$F_{m\acute{a}x} =$ 1987.28 N
	Presión al final del trabajo ( $P_z$ )	1.6545 MPa	
			CONTINÚA →

12	Fuerza máxima (F <sub>máx</sub> )	1987.28 N	$\tau$ = 190.779 Nm
	Carrera (S)	0.096 m <sup>2</sup>	
13	Torque ( $\tau$ )	190.770 Nm	P = 119.87 kW
	Velocidad angular ( $\omega$ )	628.319 rad/seg	

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

Para el cálculo del consumo específico se utilizará los datos del motor QR25 (ver tabla 21) y el valor de consumo de litros por hora obtenido en la prueba de consumo estándar; los cuales causan una variación en el resultado de aproximadamente 5%.

El volumen del cilindro se calcula aplicando la ecuación:

$$VH = \frac{\pi * Dpis^2 * S}{4} = 5.9723 \times 10^{-4} m^3 \quad (16)$$

**Ecuación 16** Volumen del cilindro

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

Para conseguir la presión media efectiva se emplea la ecuación 17.

$$P.m.e = 1,2 * 10^6 * \frac{P_{efectiva}}{V * n} = 9.7268 bar = 972668.81 Pa \quad (17)$$

**Ecuación 17** Presión media efectiva del motor

**Fuente:** (Jóvaj, M.1982.)

La potencia efectiva del motor se obtiene utilizando la ecuación 18.

$$Ne = \frac{2 * P.m.e * Vh * n * i}{10^3 * \tau} = 116.18 kW \quad (18)$$

**Ecuación 18** Potencia efectiva del motor

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

El consumo de combustible teórico se adquiere empleando la ecuación 19.

$$B = Consumo indicado * \delta_{gasolina} = 3.743056 \times 10^{-4} kg/s \quad (19)$$

**Ecuación 19** Consumo de combustible teórico

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

El gasto específico efectivo del combustible se deduce empleando la ecuación 20.

$$b_e = \frac{B * 3600}{N_e} = 0.011598 \text{ kg/kW} * h \quad (20)$$

**Ecuación 20** Gasto específico efectivo del combustible  
Fuente: (Mena, L. 2011.)

El consumo de combustible calculado se obtienen aplicando la ecuación 21:

$$C. cal = b_e * N_e = 1.34745565 \text{ kg/h} \quad (21)$$

**Ecuación 21** Consumo de combustible calculado  
Fuente: (Jóvaj, M.1982.)

Para conseguir el consumo de combustible calculado en l/h se divide el mismo para la densidad de la gasolina súper en el Ecuador ( $\delta_{gasolina}$ ) 0.770 kg/l

$$C. cal = \frac{1.34745565 \text{ kg/h}}{0.770 \text{ kg/l}} = 1,74 \text{ l/h} \quad (22)$$

**Tabla 26**

Resumen de cálculos de consumo

RESUMEN DE CÁLCULOS		
Ord.	VARIABLES	RESULTADOS
1	Carrera (S)	0.096 m <sup>2</sup>
	Diámetro del pistón (Dpis)	0.089 m <sup>2</sup>
		VH = 5.97 x 10 <sup>-4</sup> m <sup>3</sup>
2	Presión efectiva (Pefectiva)	13°C
	Revoluciones (n)	23.333 °C
	Cilindrada (V)	2488 cm <sup>3</sup>
		P.m.e = 972668.81 Pa
		CONTINÚA →

3	Presión media efectiva ( $P.m.e$ ),	972668.81 Pa	$N_e = 116.18$ kW
	Volumen del cilindro (VH)	$5.97 \times 10^{-4} \text{ m}^3$	
	Revoluciones del motor (n)	100 rpm	
	Número de cilindros (i)	4	
	Número de tiempos del motor ( $\tau$ )	4	
4	Consumo de combustible indicado (Cind)	1.75 l/h l	$B = 3.743 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$
	Densidad de la gasolina super ( $\delta_{gasolina}$ )	0.770 kg/l	
5	Consumo de combustible teórico (B)	$3.743 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$	$b_e = 0.01159 \text{ kg/kW}^*h$
	Potencia efectiva del motor ( $N_e$ )	1116.18 kW	
6	Gasto específico de combustible ( $b_e$ )	1987.28 N	$C_{.cal} = 1.347 \text{ kg/h}$
	Potencia efectiva del motor ( $N_e$ )	1116.18 kW	
7	Consumo calculado de combustible (C.cal)	1.347 kg/h	$C_{.cal} = 1.74 \text{ l/h}$
	Densidad de la gasolina super ( $\delta_{gasolina}$ )	0.770 kg/l	

#### 4.7. Comparación entre valores calculados, indicados y experimentales

Para poder realizar una correcta comparación se debe considerar que por cada 1000 msnm se pierde un 10% en la potencia, esto afectará a la potencia calculada e indicada en la ficha técnica y se omite a las potencias experimentales ya que se obtuvieron en la ciudad de Quito.

Tabla 27

Comparación de potencia

COMPARACIÓN DE POTENCIA		
	Potencia a 6000 rpm	
	kW	Hp
<b>Indicado</b>	121 – 94.38	162 - 126.5
<b>Calculado</b>	119.87 – 93.5	160.68 – 125.34
<b>Estándar</b>	94.37	124.87
<b>Variador 6°</b>	93.7	124
<b>Variador 9°</b>	92.03	123.4
<b>Variador 12°</b>	94.03	125.93
<b>Variador 15°</b>	95.03	127.43

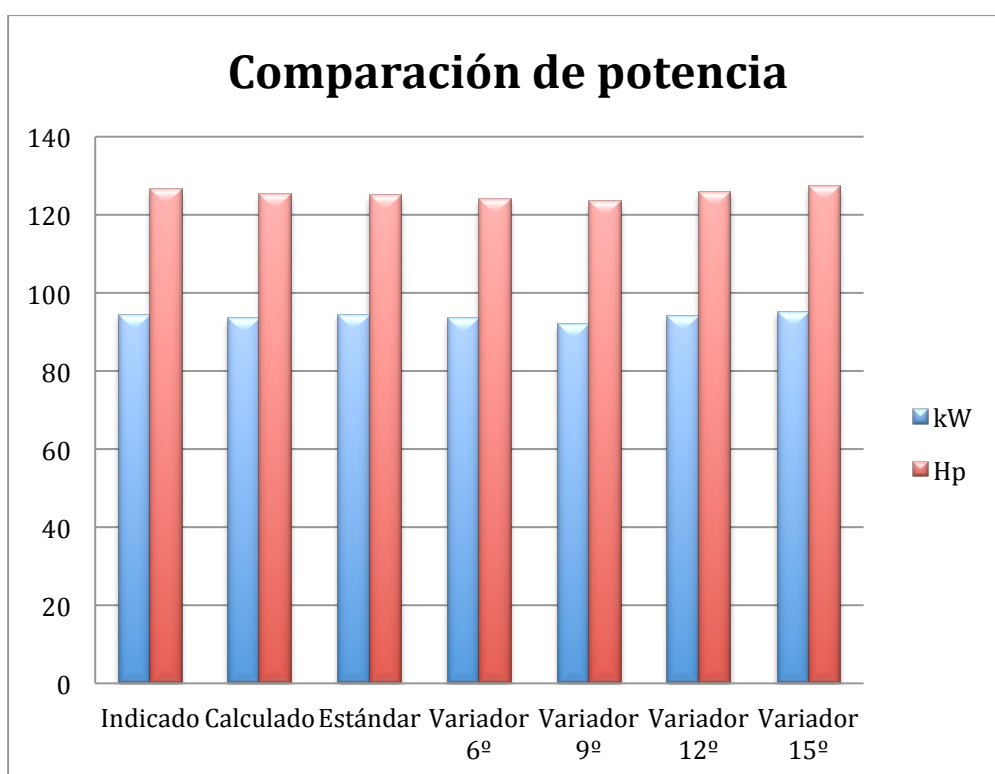


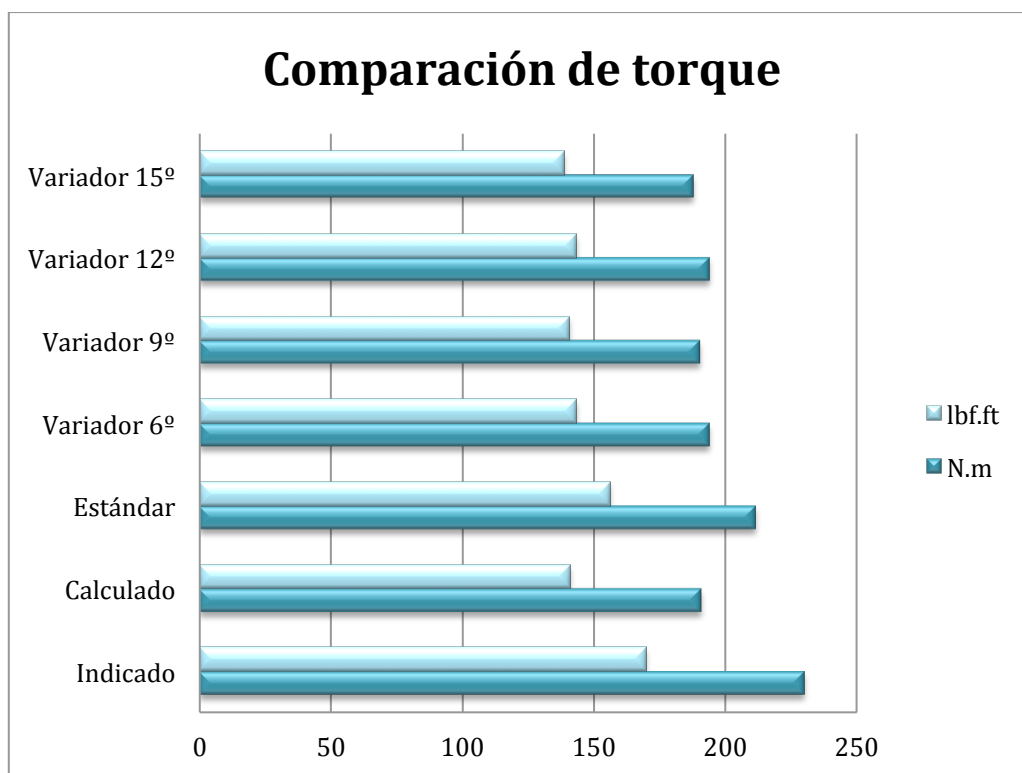
Figura 101 Comparación de la potencia

En la figura 101 de comparación de potencia podemos observar que la potencia obtenida por medio de cálculos tiene una variación mínima de 0.88 en kW y 1.16 en Hp en comparación con la potencia que consta en la ficha técnica del vehículo.

**Tabla 28**

Comparación de torque

<b>COMPARACIÓN DE TORQUE</b>		
	<b>Torque</b>	
	<b>N.m</b>	<b>lbt.ft</b>
<b>Indicado</b>	230	169.639
<b>Calculado</b>	190.77	140.705
<b>Estándar</b>	211.5	156
<b>Variador 6°</b>	193.88	143
<b>Variador 9°</b>	190.26	140.33
<b>Variador 12°</b>	193.88	143
<b>Variador 15°</b>	187.78	138.5



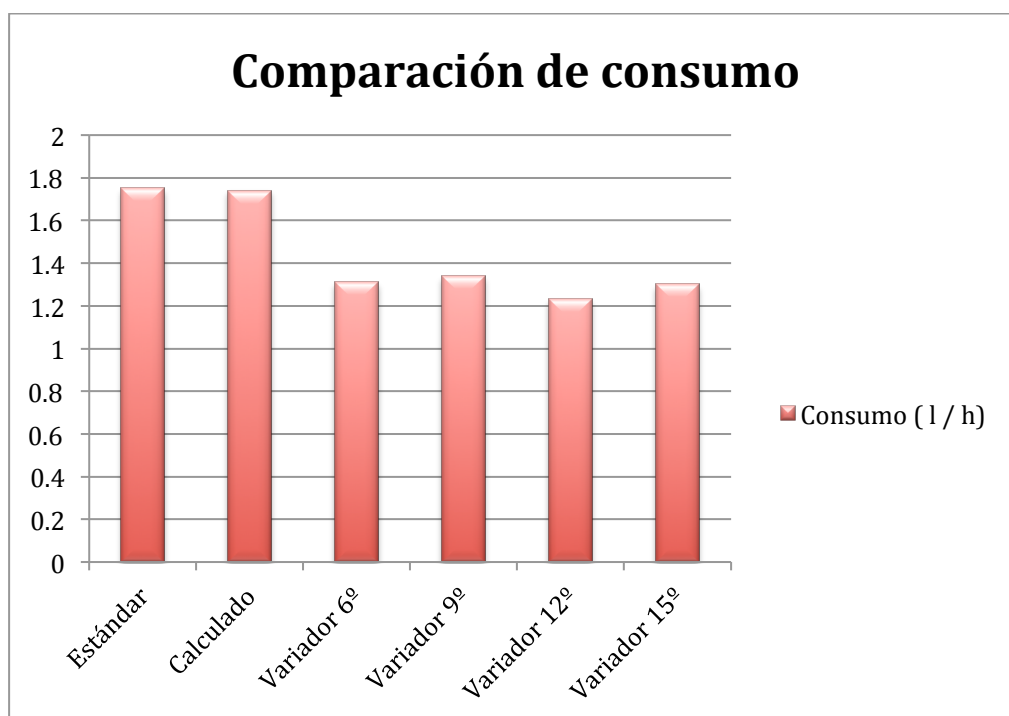
**Figura 102** Comparación del torque

Como indica la figura 102, el torque indicado en la ficha técnica se asemeja al torque obtenido cuando el dispositivo esta apagado, por otra parte el torque calculado es el mismo que se obtiene cuando el variador se encuentra configurado a 9°

**Tabla 29**

Comparación de consumo

<b>COMPARACIÓN DE CONSUMO</b>	
	CONSUMO (l / h)
<b>Estándar</b>	1.75
<b>Calculado</b>	1.74
<b>Variador 6°</b>	1.31
<b>Variador 9°</b>	1.34
<b>Variador 12°</b>	1.23
<b>Variador 15°</b>	1.30



**Figura 103** Comparación de consumo



Como se muestra en la figura 103 de la comparación de consumo, cuando el vehículo tiene el variador de avance al encendido Spark11 activado en 6, 9, 12 y 15 grados; siempre tendrá un consumo menor comparándolo con el valor del consumo calculado y con el valor obtenido cuando no esta activado el dispositivo.

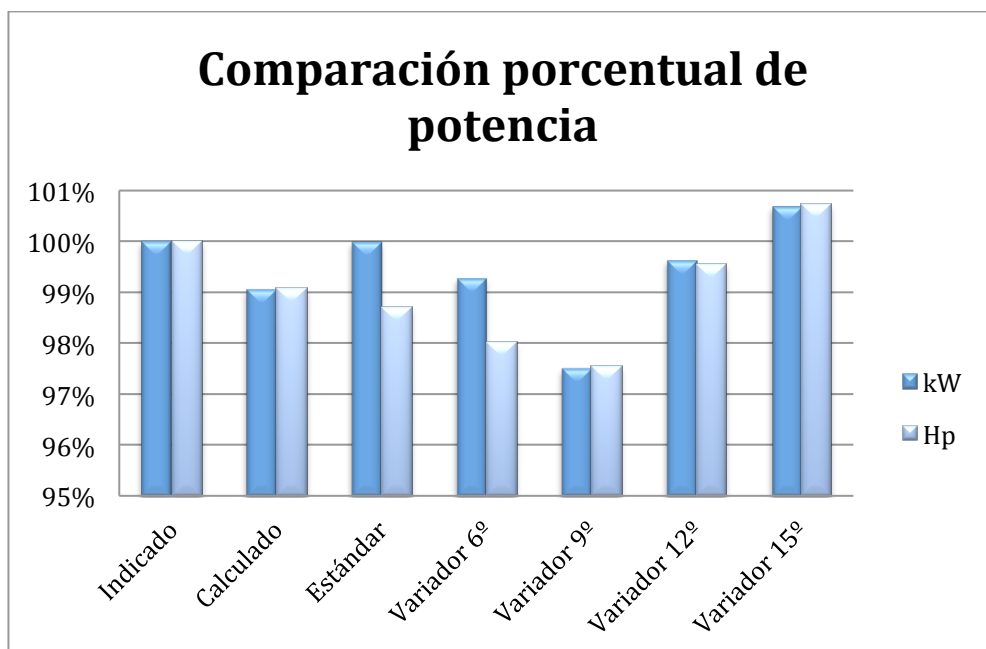
#### 4.8. Comparación de valores porcentuales

**Tabla 30**

Comparación porcentual de la potencia

<b>COMPARACIÓN PORCENTUAL DE POTENCIA</b>				
	<b>Potencia a 6000 rpm</b>			
	<b>kW</b>		<b>Hp</b>	
<b>Indicado</b>	100%	Variación	100%	Variación
<b>Calculado</b>	99.068%	0.932%	99.083%	0.917%
<b>Estándar</b>	99.989%	0.011%	98.712%	1.289%
<b>Variador 6°</b>	99.279%	0.721%	98.024%	1.976%
<b>Variador 9°</b>	97.510%	2.489%	97.549%	2.451%
<b>Variador 12°</b>	99.629%	0.371%	99.549%	0.451%
<b>Variador 15°</b>	100.689%	0.689%	100.735%	0.735%

Se puede observar en la tabla 30 y en la figura 104, que la potencia obtenida por medio de cálculos tiene una variación mínima de 0.93% en kW y 0.91% en Hp, además cuando el variador esta programado a 9° la potencia aumenta en 2.5%



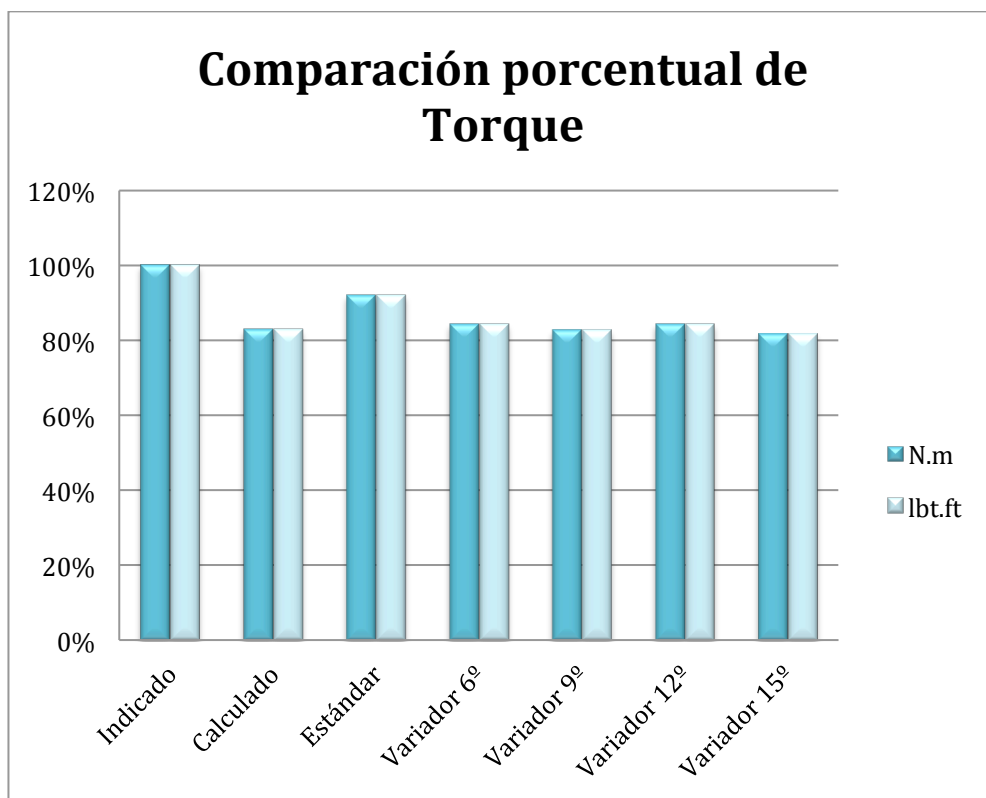
**Figura 104** Comparación porcentual de potencia

**Tabla 31**

Comparación porcentual del torque

COMPARACIÓN PORCENTUAL DEL TORQUE				
	Potencia a 6000 rpm			
	N.m		lbt.ft	
Indicado	100%	Variación	100%	Variación
Calculado	82.944%	17.057%	82.944%	17.056%
Estándar	91.957%	8.044%	91.959%	8.040%
Variador 6°	84.296%	15.704%	84.297%	15.703%
Variador 9°	82.722%	17.278%	82.723%	17.277%
Variador 12°	84.296%	15.704%	84.297%	15.703%
Variador 15°	81.644%	18.357%	81.644%	18.356%

La tabla 31 muestra que existe una pérdida del 17% en el torque en comparación con el que consta en la ficha técnica del vehículo, cualquiera que sea el ángulo de encendido con el variador activado. Como se puede observar en la figura 105.



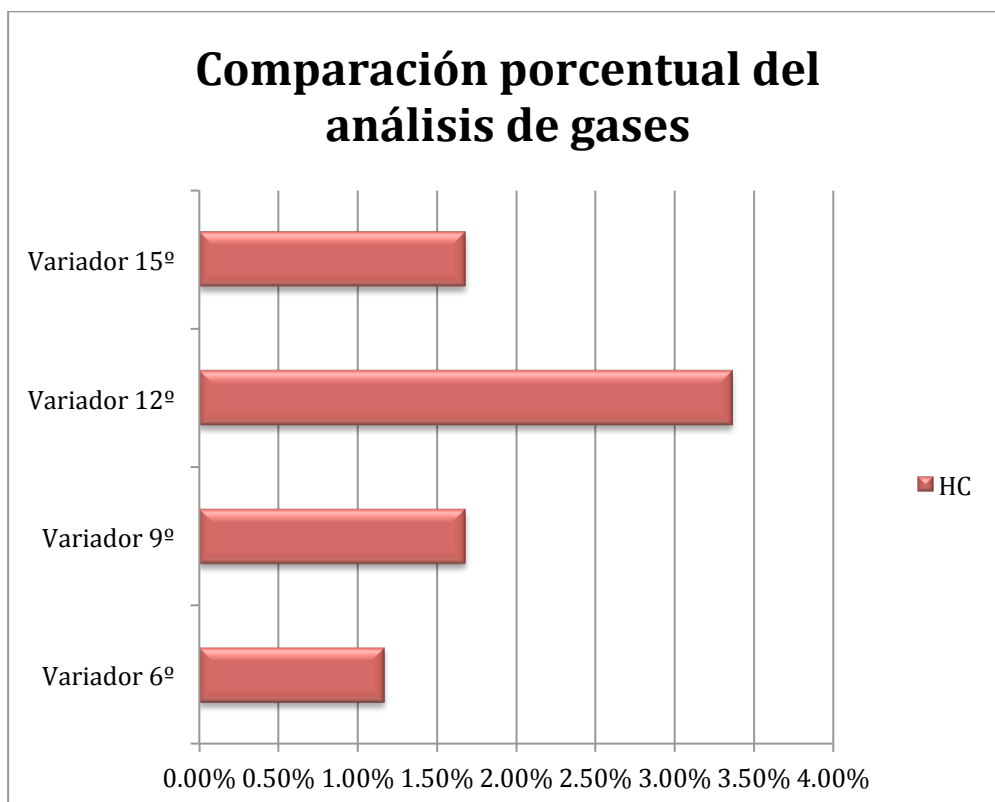
**Figura 105** Comparación porcentual de torque

**Tabla 32**

Comparación porcentual del análisis de gases

COMPARACIÓN PORCENTUAL DEL ANÁLISIS DE GASES						
	Crucero					
		HC	CO	CO2	O2	
<b>Estándar</b>	149	100%	Variación			
<b>Variador 6º</b>	147.2 5	98.83%	1.17%	0.05%	0.00%	0.00%
<b>Variador 9º</b>	146.5	98.32%	1.68%	0.04%	0.03%	0.01%
<b>Variador 12º</b>	144	96.64%	3.36%	0.00%	0.00%	0.02%
<b>Variador 15º</b>	146.5	98.32%	1.68%	0.16%	0.10%	0.00%

En la tabla 32 y en la figura 106, se muestra como la emisión de gases contaminantes se redujo cuando el dispositivo estaba encendido, mostrando una variación que va desde del 1.17% hasta el 3.36%.



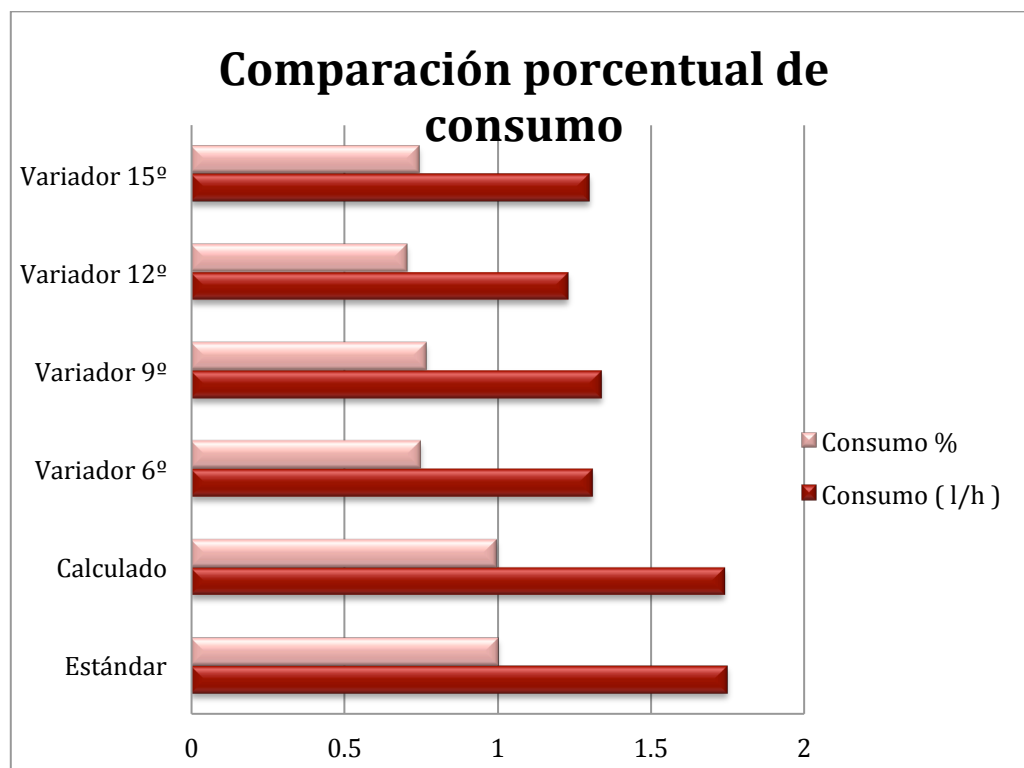
**Figura 106** Comparación porcentual del análisis de gases

**Tabla 33**

Comparación porcentual de consumo

COMPARACIÓN PORCENTUAL DE CONSUMO			
	CONSUMO (l / h)	CONSUMO %	VARIACIÓN
<b>Estándar</b>	1.75	100%	0%
<b>Calculado</b>	1.74	99.42857%	0.57143%
<b>Variador 6º</b>	1.31	74.85714%	25.14286%
<b>Variador 9º</b>	1.34	76.57143%	23.4286%
<b>Variador 12º</b>	1.23	70.28571%	29.7143%
<b>Variador 15º</b>	1.3	74.28571%	25.7143%

En la tabla 33 se puede observar el consumo de litros de combustible sobre hora, el mismo que se redujo en un rango que va desde el 23.42% hasta el 29.71%, siempre que el variador este activado en cualquier ángulo. Como se describe en la figura 107



**Figura 107** Comparación porcentual de consumo

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO ADMINISTRATIVO

#### 5.1. Recursos

##### 5.1.1. Recursos humanos

En lo referente al recurso humano que intervino en la realización de la investigación se destaca la participación de personas especializadas en distintas áreas, que contribuyeron con su conocimiento en las diferentes etapas que se describen a continuación:

Hugo Alvarado Corti	<i>Investigación y elaboración del proyecto.</i>
Ing. Leónidas Quiroz	<i>Tutor y asesor general.</i>
Ing. Andrés Urbina	<i>Asesoría en pruebas de torque y potencia.</i>
Ing. Xavier Gordillo	<i>Asesoría en circuitos eléctricos.</i>
Ing. Walter Barrionuevo	<i>Asesoría en mecánica y electrónica automotriz.</i>
Ing. Daniel A. Gazzola	<i>Asesoría para selección e implementación del dispositivo.</i>
Lic. Milvia Corti	<i>Asesoría en metodología de la investigación y estructuración del escrito.</i>
Téc. Gilberto Revelo	<i>Asesoría de la implementación y comprobación del funcionamiento del variador de avance Spark11.</i>
Sr. Paul Guevara	<i>Importación y desaduanización del dispositivo.</i>

Ing. Víctor Alvarado

*Financista del proyecto.***5.1.2. Recursos tecnológicos**

Los recursos tecnológicos son los medios que contribuyeron y facilitaron la elaboración de la parte escrita de la investigación y tabulación de resultados, así como también, ayudaron en el desarrollo de las pruebas más trascendentales de la misma.

Las herramientas tecnológicas computarizadas empleadas se detallan a continuación:

Software Diel S700	<i>Programación del variador de avance Spark11.</i>
Software MAHA LPS 3000 LKW	<i>Control en la prueba de torque y potencia.</i>
Software CARTEK	<i>Control en la prueba de análisis de gases.</i>
Software OBDwiz	<i>Control en la prueba de consumo.</i>
Microsoft Office (Word/Excel)	<i>Elaboración escrito / Tabulación.</i>

**Tabla 34**

Costo recurso tecnológico

RECURSO TECNOLÓGICO					
Ord.	Descripción	Cant.	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Microsoft Office	1	Unidad	\$ 100	\$ 100
2	Software OBDwiz	1	Unidad	\$ 60	\$ 60
3	Software CARTEK	1	Unidad	\$ 2	\$ 100
<b>Total</b>					<b>\$ 260.00</b>

### 5.1.3. Recursos materiales

Se conoce como recurso material a todo elemento físico que se emplea y utiliza durante el desarrollo y la culminación del trabajo de titulación.

En lo que se refiere al material empleado en el desarrollo investigativo a continuación se detallan los siguientes elementos:

- Vehículo Nissan X-trail 2.5
- Caja de Herramientas (llaves, dados, desarmadores, etc.)
- Equipos automotrices (Analizador de gases, Dinamometro de rodillos, Scanner, Osciloscopio OTC y Multímetro automotriz)
- Equipos de oficina (laptop, calculadora)
- Kit para circuitos eléctricos (cautin, estaño y pasta)

**Tabla 35**

Costo recurso material

RECURSO MATERIAL					
Ord.	Descripción	Cant.	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Variador de avance Spark 11	1	Unidad	\$ 700	\$ 700
2	Conectores	6	Unidades	\$ 1	\$ 6
3	Interruptor	1	Unidad	\$ 2	\$ 2
4	Cable	5	Metros	\$ 0.75	\$ 3.75
5	Cautín	1	Unidad	\$ 15	\$15
					CONTINÚA →



6	Estaño	2	Metros	\$ 1.25	\$ 2.50
7	Equipo de seguridad personal	1	Unidad	\$ 10	\$ 10
8	Multímetro automotriz	1	Unidad	\$ 250	\$ 250
9	Caja de herramientas	1	Unidad	\$ 500	\$ 350
10	Combustible	50	Galones	\$ 2.02	\$ 101
11	Calculadora	1	Unidad	\$ 15	\$ 15
12	Resma de papel Bond A4	1	Unidad	\$ 5.75	\$ 5.75
13	Copias e Impresiones	1000	Unidad	\$ 0.05	\$ 50
14	Empastados	1	Unidad	\$ 25	\$ 25
15	FedEx	1	Unidad	\$ 25	\$ 25
16	Desaduanización	1	Unidad	\$ 15	\$ 15
17	Mantenimiento del vehículo	1	Unidad	\$ 50	\$ 50
18	Instalación	1	Unidad	\$ 50	\$ 50
19	Pruebas en el CICCEV	15	Unidad	\$ 33.6	\$ 504
20	Peajes	80	Unidad	\$ 1	\$ 80
<b>Total</b>					<b>\$2260.00</b>

## 5.2. Gastos del Proyecto

Ya determinado los costos por separado de los recursos tecnológicos y materiales para el desarrollo del trabajo de titulación se procede a calcular el costo total neto.

**Tabla 36**

Costo neto

DESCRIPCIÓN	COSTO
Recurso Tecnológico	\$ 260
Recurso Material	\$ 2410.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2670.00</b>

Se concluye que para la ejecución del trabajo de titulación el costo total neto es de \$ 2670.00.

## 5.3. Plan de negocio

### 5.3.1. Estrategias

Estrategias financieras:

Ejecutar un análisis con la finalidad de tener una aproximación del tamaño y recepción que alcanzará el proyecto al presentarlo en el medio automotriz del Ecuador, con la idea de lograr una posible inserción masiva del producto en el mercado.

Estrategias de mercado:

Estudiar la creación del proyecto de manera global mediante la utilización de varios elementos que se puedan hallar en el país, logrando de esta manera crear fuentes de trabajo y contribuir a la iniciativa del cambio de matriz productiva que se orienta por el uso de recursos humanos y materiales nacionales.

### **5.3.2. Macro entorno – Análisis PEST**

#### Políticos:

La limitación de las importaciones, así como el conjunto de leyes de carácter arancelario que se han impuesto a varios productos importados, limitan que empresas con propuestas nuevas y diferentes surjan, ya que para esto se necesita la implementación de tecnología moderna y avanzada que lamentablemente no se puede encontrar en nuestro país.

#### Económicos:

El avance tecnológico de nuestro país es muy limitado para el desarrollo del proyecto, por ello se depende mucho de la utilización de componentes extranjeros. La crisis económica por la que se atraviesa como consecuencia de la caída en el precio del petróleo ha obligado al gobierno a imponer una serie de medidas que han afectado directamente al sector productivo, así como también a las importaciones en general.

El gobierno está empeñado en apoyar ampliamente la iniciativa del productor nacional, pero lamentablemente los elementos que se necesitan para el desarrollo de este proyecto deben ser importados, ya que no se cuenta con la materia prima necesaria dentro de nuestro país, esto hace que se deba aplicar un impuesto del 45% que es la tasa que se aplica a los repuestos para vehículos.

#### Social:

El proyecto se desarrolla para ser utilizado en el sector automotriz, por lo tanto el costo dependerá de varias condiciones como son el estrato económico y social en donde se utilizara, el poder adquisitivo de la población y el entorno económico en el que el país se encuentra actualmente.

#### Tecnológicos:

TICS: Gracias a la evolución y al avance tecnológico se ha vuelto más fácil la realización de importaciones de todo tipo de repuestos automotrices,

puesto que actualmente no es necesario viajar a los lugares de fabricación para su adquisición.

### **5.3.3. Meso entorno – Análisis PORTER**

Rivales:

En la actualidad dentro de nuestro país no existe competencia ya que es un producto que no ha sido introducido aún. Es prácticamente nuevo en el mercado. Sin embargo algunas empresas poseen productos similares a distintos precios.

Sustitutos:

En el mercado hay varias empresas que ofrecen distintos variadores de avance al encendido dependiendo de las características del motor de cada vehículo, lo que produce una reducción del mercado

Proveedores:

Los proveedores de los dispositivos como es el variador de avance al encendido serán exclusivamente empresas extranjeras (Argentinas) dedicadas a la fabricación de este producto, los demás elementos necesarios para la instalación del variador pueden ser obtenidos en el país conservando la misma calidad.

Compradores:

El mercado al que va dirigido este producto es el de todas aquellas personas que requieran más potencia en sus vehículos así como también las que deseen ahorrar en el consumo de combustible.

Nuevas empresas:

Como es un producto de baja demanda, su producción se vera limitada a los requerimientos del cliente, puesto que la adaptación es diferente para cada clase de vehículo. Por ello la empresa deberá realizar otro tipo de productos afines a este.

#### 5.3.4. FODA

##### Fortalezas:

- Pioneros en el mercado al ser un dispositivo nuevo en nuestro país.
- Fácil instalación y mantenimiento.
- Mejora los parámetros característicos del motor.
- Menora el consumo de combustible y emisiones de gases.
- Sistema comprobado y garantía de resultados.

##### Oportunidades:

- Aprovechar crecimiento del parque automotor.
- Alianzas con socios estratégicos.
- Mercado Retail
- Cambio de matriz productiva

##### Debilidades:

- Falta de conocimiento del dispositivo en el mercado
- Costo elevado
- Mercado limitado
- Poca capacitación del personal

##### Amenazas:

- Restricción de importaciones/matriz productiva.
- Competencia internacional barata (China).
- Inestabilidad legal del país
- Ilíquidez del sistema financiero

### 5.3.5. FODA cruzado

Tabla 37

FODA Cruzado

<b>FODA CRUZADO</b>	
<b>FORTALEZA</b>	<b>OPORTUNIDAD</b>
Pioneros en el mercado al ser un dispositivo nuevo en el país	Alianzas con socios estratégicos.
Estrategia: Al ser un producto nuevo se podrá abarcar todo el mercado automotriz ecuatoriano asociándose con los mayores distribuidores de autopartes del país	
<b>FORTALEZA</b>	<b>AMENAZAS</b>
Menora el consumo de combustible y emisiones de gases.	Inestabilidad legal del país
Estrategia: Concientizar a las personas que es un dispositivo que contribuye al ahorro de combustible y mejora del medio ambiente.	
<b>OPORTUNIDAD</b>	<b>DEBILIDADES</b>
Aprovechar crecimiento del parque automotor.	Falta de conocimiento del dispositivo en el mercado
Estrategia: Realizar publicidad mostrando los beneficios del dispositivo y sobre todo su garantía para que las personas se sientan seguras al comprar este dispositivo.	
<b>AMENAZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
Ilíquidez del sistema financiero	Costo elevado
Estrategia: Brindar descuentos, formas de pagos y promociones para los consumidores que adquieran el dispositivo.	

### 5.3.6. Matriz EFE

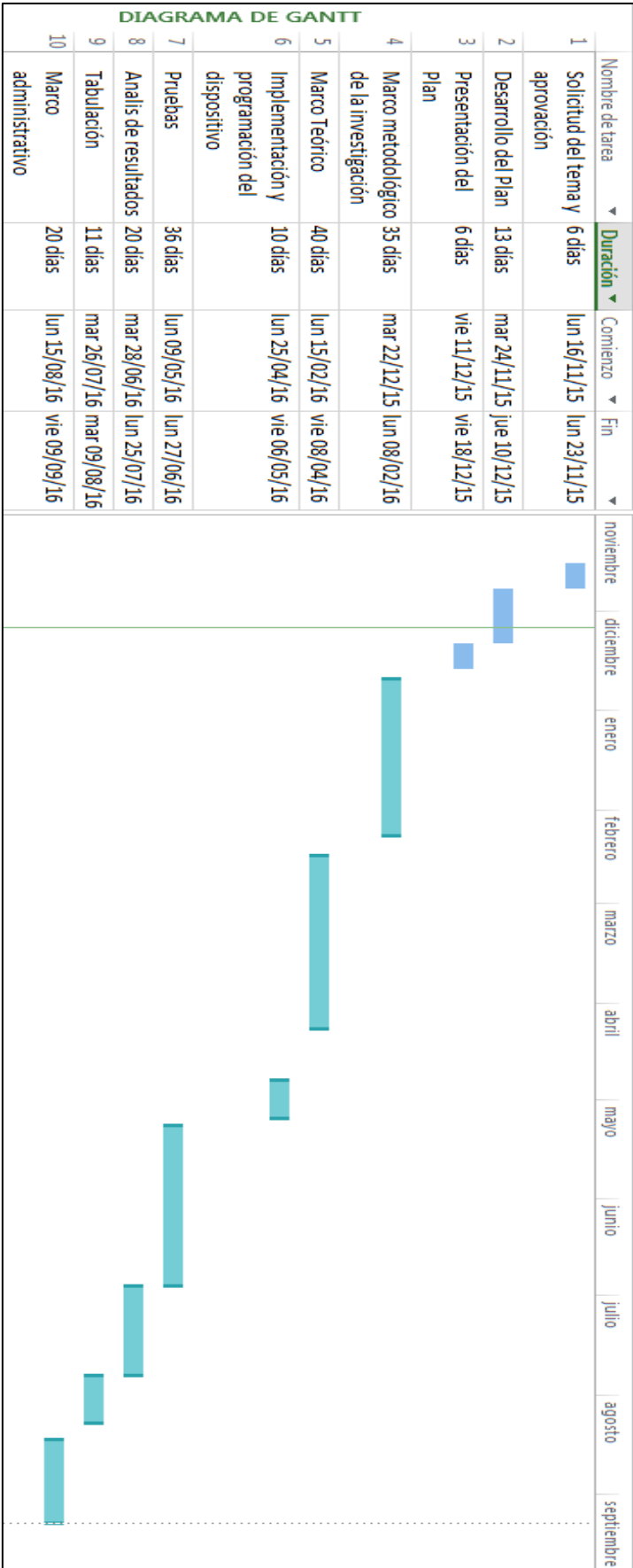
La matriz de evaluación de los factores externos (EFE) facilita a los involucrados a resumir y evaluar información social, política, jurídica, económica, ambiental y tecnológica.

**Tabla 38**

Matriz EFE

<b>MATRIZ EFE</b>			
<b>OPORTUNIDADES</b>	Peso	Calificación	Peso ponderado
Aprovechar el crecimiento del parque automotor.	0.20	4	0.80
Alianzas con socios estratégicos.	0.15	4	0.60
Mercado Retail	0.05	2	0.10
Cambio de matriz productiva	0.10	4	0.40
<b>Sub total</b>			1.90
<b>AMENAZAS</b>	Peso	Calificación	Peso ponderado
Restricción de importaciones / matriz productiva.	0.20	4	0.80
Competencia internacional barata (China).	0.05	2	0.10
Inestabilidad legal del país	0.10	3	0.30
Ilíquidez del sistema financiero	0.15	4	0.60
<b>Sub total</b>			1.80
<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>3.7</b>

5.4. Cronograma





## CONCLUSIONES

- El variador de avance al encendido Spark 11 implementado con el fin de analizar la influencia en el rendimiento del motor QR25 en los parámetros característicos (torque y potencia), análisis de gases y consumo de combustible, está diseñado para adaptarse al vehículo NISSAN X-TRAIL 2.5 litros mediante la conexión y procesamiento de las señales de los sensores CKP y CMP de efecto Hall dentro del habitáculo del motor que es activado por medio de un interruptor ubicado debajo del panel de instrumentos, variando así el ángulo de encendido entre 6, 9, 12 y 15, previamente programado con el Software S700.
- Se determinaron los parámetros característicos de torque 124.87 hp y potencia 156 lbf.ft sin alterar la condición original del motor QR25 por medio del dinamómetro de rodillos en el vehículo NISSAN X-TRAIL que fue modificado, cambiando su tracción integral mediante la suspensión del cardan con el fin de convertirlo en tracción delantera (4x2).
- Se implementó el variador de avance al encendido Spark 11 en el vehículo NISSAN X-TRAIL, realizando cada uno de los pasos que se deben seguir para la instalación del dispositivo descrito en el capítulo III, con el fin de realizar la programación que determinó la variación del ángulo de encendido A.E. (6°, 9°, 12° y 15°) influyendo de esta manera sobre los parámetros mecánicos del motor a combustión interna, en las diferentes pruebas.
- Los resultados obtenidos de la potencia del vehículo NISSAN X-TRAIL, luego de ser sometido a la prueba en el dinamómetro de rodillos sin el uso del dispositivo muestra que la potencia se redujo de 124.87 hp a 124 hp con una variación al encendido de 6 grados y 123.4 hp con una variación al encendido de 9 grados.
- Las pruebas con el variador de avance al encendido activado en 12 y 15 grados dieron como resultado el aumento de la potencia

del vehículo NISSAN X-TRAIL a 125.95 hp y 127.43 hp en comparación con 124.87 hp obtenido con el variador desactivado.

- En lo referente a los valores de torque obtenidos a través de la prueba en el dinamómetro de rodillos se determinó que el mayor torque se produce cuando el vehículo no opera con el variador de avance al encendido mostrando un valor de 156 lbf.ft
- Los resultados obtenidos después de la prueba en el dinamómetro de rodillos con el uso del dispositivo, muestra una pérdida en el torque en todos los ángulos de encendido (6, 9, 12 y 15) que va desde 138.5 lbf.ft hasta 143 lbf.ft en comparación con el torque estándar.
- Se generó un registro de las variaciones de los parámetros característicos de torque y potencia a través de la tabulación de los datos obtenidos en los cuales podemos observar que la potencia obtenida por medio de cálculos tiene una variación mínima (pérdida) de 0.93% en kW y 0.91% en Hp de igual manera se presenta una variación en el torque de 17% en N.m en comparación con la potencia que consta en la ficha técnica del vehículo, tomando en consideración que la potencia y torque calculados se reducen por el factor de corrección.
- Luego de tabular los resultados de la prueba de consumo de combustible se obtuvo que el consumo de litros de combustible sobre hora se redujo en un 25.14% a 6°, 23.42% a 9°, 29.71% a 12° y 25.71% a 15°.
- En la prueba de análisis de gases las emisiones contaminantes se redujeron en un rango que va desde del 1.17% hasta el 3.36% cuando el variador de avance al encendido Spark 11 esta activado.
- Una vez unidos los resultados de la prueba de consumo de combustible con la del análisis de gases se pudo comprobar que cuando el vehículo tiene el variador de avance al encendido

Spark11 activado en 6 , 9 , 12 y 15 grados; siempre tendrá un consumo menor de 1.4 l / h comparándolo con el valor del consumo calculado y con el valor obtenido de 1.75 l / h cuando esta desactivado el dispositivo de igual manera sucede con las emisiones de HC y CO<sub>2</sub> cuando el vehículo esta sin el variador de avance Spark 11 las emisiones son mayores en un 149 ppm y un 11.02 respectivamente en comparación con las demás configuraciones.

## **RECOMENDACIONES**

Al finalizar la trabajo de titulación, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Al utilizar un vehículo con tracción integral para la realización de las pruebas de torque y potencia en el dinamómetro de rodillos del CCICEV es fundamental transformarlo a tracción delantera o trasera (4x2).
- Para la obtención de la potencia máxima resulta indispensable el uso de un dinamómetro calibrado para vehículos con transmisión automática, ya que si existe un excesivo descenso en las RPM provocado por el cambio automático en la marcha, la prueba finalizará arrojando valores incorrectos.
- Obtener la ficha técnica del vehículo en donde se encuentra el valor de potencia máxima y la relación de transmisión en cada marcha, requisito necesario para la realización de la prueba de torque y potencia. Además se deben realizar tres pruebas en cada disposición con el fin de que el valor obtenido sea más preciso.
- El vehículo debe estar en perfectas condiciones de funcionamiento, para ello se deben efectuar los mantenimientos respectivos así como las correspondientes revisiones previas que se indican en cada una de las pruebas, con el fin de evitar fallos

en las mismas, garantizando así la seguridad del conductor y la obtención de medidas más exactas.

- A fin de que los datos sean lo más certeros posibles, la conducción debe ser realizada por el mismo piloto durante todas las pruebas de consumo, bajo las mismas condiciones tanto de manejo como climáticas y rigiéndose a los límites de velocidad vigentes en el país, siendo estos: 50 Km/h para ciudad y 100 km/h en carretera.
- La seguridad personal debe ser un parámetro fundamental desde la instalación del dispositivo hasta la realización de cada una de las pruebas siguiendo los protocolos establecidos, para eliminar posibles accidentes o complicaciones en el trabajo a desarrollarse.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias, M. (1990). Manual de Automóviles. Madrid, España: CIE.
- Benítez, A., & Velástegui, S. (2015). Análisis de los parámetros característicos de un motor de combustión interna con inyección directa de hidrógeno.
- Bosch, R. (2002). Los sensores en el automóvil. Barcelona: Reverté.
- Bosch, R. (1996). Manual de la Técnica del Automóvil. Barcelona: Reverté.
- Bosch, R. (2000). Sistemas de Encendido. Barcelona: Reverté.
- Castro, M. (1989). El motor de gasolina. Barcelona: Ceac.
- CFR U.S. (s.f.). Título 40, apartado 86.108-00. Código Federal de Regulaciones .
- Chaparron Martínez, P., & Tovar Prieto, J. (2007). Supervisión de un motor vehicular a gasolina con control electrónico para su uso como entrenador académico. Bogotá, Colombia.
- Código Federal de, Regulaciones. (2010). Título 40, apartado 86.108.00.
- Díaz, M. J., & Sopa, L. G. (2013). Reprogramación electrónica del vehículo Corsa Evolution 1.4, para elevar los parámetros característicos del motor de combustión interna.
- Gonzáles, D. (2011). Motores. Madrid, España: Parafino.
- H. Crouse, W. (1993). Mecánica del Automóvil (Tercera ed.). Barcelona, España: Boixar.
- Jójvaj, M. (1982). Motores de automóvil. Moscú: MIR.
- Jones, J. (1997). Termodinámica. México, D.F.: Prentice-Hall.
- Kindler, H. (1986). Matemática aplicada para la técnica del automóvil. Barcelona: Reverté.
- Laverde, C., & Panchi, D. (2007). Diseño e implementación de un módulo de entrenamiento para inyección electrónica a gasolina del vehículo chevrolet vitara G1600 de laboratorio de motores. Latacunga.
- Nissan. (2004). Service and Repair Manual. Japon.

- Martínez, J. (2011). *Conducción eficiente de vehículos industriales*. Madrid, España.
- Mena, L. (2011). *Compilador de ejercicios de motores de combustión intera Diesel-Gasolina*. Quito: Nueva Aurora.
- Obert, E. (1996). *Motores de Combustión interna*. México, D.F.: CECSA.
- Olivera, M. A. (2013). *Diseño de un Dinamómetro de Chasis*. México, D.F.: UNAM.
- Pérez, M. Á. (2011). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid, España: Parafino.
- Sanz, S. (2011). *Motores*. Madrid: Editex.
- Schwoch, W. (1982). *Manual práctico del automóvil*. México, D.F.: Reverté.
- Ruiz, R. (2007). *El método científico y sus etapas*. México, D.F.: Grijalbo.
- Rolle, K. C. (2006). *Termodinámica (Sexta ed.)*. Platteville, EEUU: Pearson.

## NETGRAFÍA

- Andreu, J. (s.f.). *geocities*. Recuperado el 4 de 12 de 2015, de [http://www.geocities.ws/jam49\\_es/page28.html](http://www.geocities.ws/jam49_es/page28.html)
- Banrepcultural. (2012). *Banrepcultural*. Recuperado el 5 de 12 de 2015, de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ciencias/sena/mecanica/gas-preconversion-vehiculos/gaspre12.htm>
- Diel Electronica. (2015). *Electronicadiel*. Recuperado el 5 de 12 de 2015, de <http://electronicadiel.com/index.php/producto/variadores-de-avance>
- Ditron. (2014). *Ditron*. Recuperado el 4 de 12 de 2015, de <http://www.ditron.com.ar/productos/variadores.htm>

- Freire , D. (2013). Repositorio de la Escuela Politecnica Nacional. Recuperado el 26 de 1 de 2016, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5799/1/CD-4686.pdf>
- Galbarro, H. (2013). Ingemecanica. Recuperado el 22 de 1 de 2015, de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>
- Garibaldi, A. (2011). *Las curvas de par y potencia*. Recuperado el 5 de 12 de 2015, de Auto Tecnica: [http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk\\_seccion=notas\\_tecnicas&id=9](http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk_seccion=notas_tecnicas&id=9)
- Nissan. (2004). *km77*. Recupera el 23 de 1 de 2016, de <http://www.km77.com/precios/nissan/x-trail/2004/x-trail-25-le-aut>
- Sitec. (2014). *Sitec*. Recuperado el 4 de 12 de 2015, de <http://www.sitec.com.ar/productos-y-servicios/>
- Rodríguez, H. (s.f.). *La Potencia y el Par Motor*. Recuperado el 5 de 12 de 2015, de Ingemecánica: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>
- Universidad de Castilla-Mancha. (2012). *Universidad de Castilla-Mancha (UCLM)*. Recuperado el 15 de 01 de 2016, de [https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/motores/temas/ciclo\\_teorico.pdf](https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/motores/temas/ciclo_teorico.pdf)
- Universidad Politécnica de Madrid . (2014). *Universidad Politécnica de Madrid (UPM)*. Recuperado el 5 de 4 de 2016, de <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termo2p/otto.html>

## NORMAS

- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2008). INEN 017:2008, CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES. Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2000). 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. Ecuador.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. (2002). NTE INEN 2204:2002, GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA. Ecuador.
- Society of Automotive Engineers SAE. (2004). SAE J1349, ENGINE POWER TEST CODE—SPARK IGNITION AND COMPRESSION IGNITION—NET POWER RATING. USA.



# ANEXOS



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

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: **HUGO RICARDO ALVARADO CORTI**.

En la ciudad de Latacunga, a los **5 días de julio del 2016**.

---

Ing. Leonidas Quiroz

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

Ing. Victor Danilo Zambrano

**DIRECTOR DE CARRERA**

---

Dr. Juan Carlos Díaz Álvarez

**SECRETARIO ACADÉMICO**

**Aprobado por:**