



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño y construcción de un sistema de diagnóstico por transductor de presión y vibración electrónico first look para motores de combustión gasolina – diesel

Pillajo Yépez, Steven Joel

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Erazo Laverde, Washington German

18 de enero del 2023

Latacunga

Document Information

Analyzed document	TESIS PILLAJO STEVEN ERAZO GERMAN.pdf (D156079210)
Submitted	1/16/2023 9:17:00 PM
Submitted by	Cristian Laverde
Submitter email	claverde@uteq.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	claverde.uteq@analysis.orkund.com



Firmado digitalmente por
WASHINGTON
GERMAN ERAZO
LAVERDE

Sources included in the report

Entire Document

1 Carátula Diseño y construcción de un sistema de diagnóstico por transductor de presión y vibración electrónico first look para motores de combustión gasolina – diesel Steven Joel Pillajo Yépez Departamento de Ciencias de La Energía y Mecánica Carrera de Ingeniería Automotriz Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz Ing. Erazo Laverde, Washington German Latacunga, 20 de diciembre del 2022

2 Dedicatoria Este trabajo de investigación se lo dedico a ti mami querida María que has estado en todo momento a mi lado con tu gran amor, apoyo, paciencia y confianza, brindándome siempre las guías necesarias para poder encaminar este logro tan anhelado que después de mucho esfuerzo de por medio se ha logrado junto con una euforia que de seguro llenará mucho tu corazón mamá. A mi querido padre William que con su voz de aliento y su apoyo moral incondicional logró una motivación como ninguna otra para yo poder seguir en el proceso de este objetivo tan preciado por usted y por mí. A ti Axel que con tu inocencia y admiración hiciste que mi objetivo sea alcanzado con más esfuerzo para poder ser una inspiración que te ayude a ser una gran persona y un excelente profesional. A mis hermanos Diana, Alex y Lenin, con su motivación e interés en mi carrera profesional lograron que el proceso sea cumplido. A ti mi amada Michelle que entendiste el proceso de esta investigación y me ayudaste de todas las maneras posibles con tu recordatorio de detalles, el apoyo moral y tu amor puro que me inspiró en cada letra de esta investigación. A ti Saily que estuviste a mi lado en cada ocasión desde que todo esto empezó, sin importar si hacía sol, lluvia u oscuridad. Pillajo Yépez, Steven Joel

3 Agradecimiento Todo mi agradecimiento a la vida por tener a mis padres María y William puesto a que ustedes nunca me dejaron solo en ningún momento, siempre me sentí respaldado por ustedes en todo momento, desde que todo esto inicio hasta los últimos días siempre serán ese fuerte que tanto amo ya que sin ustedes todo esto no sería posible. Un agradecimiento a toda mi familia y amigos que se prestaron para compartir herramientas, vehículos y conocimiento solo con el único fin de verme lograr mi meta, me llena mucho el saber que cuento con todos ustedes. Te agradezco a ti Michelle que no me dejaste desistir en el proceso y que me ayudaste a cumplir con lo debido, gracias por formar parte de mi vida y llenarla de mucho amor. A mis compañeros de trabajo que me ayudaron con todo el conocimiento, tiempo y motivación para que esta investigación se realice de la manera más técnica posible. Finalmente quiero agradecer al Ingeniero German Erazo que dirigió el presente proyecto de investigación, por ayudarme en cada pauta e indicación necesaria para poder culminar el trabajo de titulación y por compartir el conocimiento académico que me ayudará en mi vida profesional. Pillajo Yépez, Steven Joel



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **"Diseño y construcción de un sistema de diagnóstico por transductor de presión y vibración electrónico first look para motores de combustión gasolina – diesel"** fue realizado por el señor **Pillajo Yépez, Steven Joel**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 18 de enero de 2023

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

C. C.: 0503010555



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Yo **Pillajo Yépez, Steven Joel**, con cédula de ciudadanía n°1718304817, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diseño y construcción de un sistema de diagnóstico por transductor de presión y vibración electrónico first look para motores de combustión gasolina – diesel** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 18 de enero de 2023

.....
Pillajo Yépez, Steven Joel

C.C.: 1718304817



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Yo **Pillajo Yépez, Steven Joel**, con cédula de ciudadanía n°1718304817, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño y construcción de un sistema de diagnóstico por transductor de presión y vibración electrónico first look para motores de combustión gasolina – diesel** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 18 de enero de 2023

Pillajo Yépez, Steven Joel

C.C.: 1718304817

Dedicatoria

Este trabajo de investigación se lo dedico a ti mami querida María que has estado en todo momento a mi lado con tu gran amor, apoyo, paciencia y confianza, brindándome siempre las guías necesarias para poder encaminar este logro tan anhelado que después de mucho esfuerzo de por medio se ha logrado junto con una euforia que de seguro llenará mucho tu corazón mamá.

A mi querido padre William que con su voz de aliento y su apoyo moral incondicional logró una motivación como ninguna otra para yo poder seguir en el proceso de este objetivo tanpreciado por usted y por mí.

A ti Axel que con tu inocencia y admiración hiciste que mi objetivo sea alcanzado con más esfuerzo para poder ser una inspiración que te ayude a ser una gran persona y un excelente profesional.

A mis hermanos Diana, Alex y Lenin, con su motivación e interés en mi carrera profesional lograron que el proceso sea cumplido.

A ti mi amada Michelle que entendiste el proceso de esta investigación y me ayudaste de todas las maneras posibles con tu recordatorio de detalles, el apoyo moral y tu amor puro que me inspiró en cada letra de esta investigación.

A ti Saily que estuviste a mi lado en cada ocasión desde que todo esto empezó, sin importar si hacía sol, lluvia u oscuridad.

Pillajo Yépez, Steven Joel

Agradecimiento

Todo mi agradecimiento a la vida por tener a mis padres María y William puesto a que ustedes nunca me dejaron solo en ningún momento, siempre me sentí respaldado por ustedes en todo momento, desde que todo esto inicio hasta los últimos días siempre serán ese fuerte que tanto amo ya que sin ustedes todo esto no sería posible.

Un agradecimiento a toda mi familia y amigos que se prestaron para compartir herramientas, vehículos y conocimiento solo con el único fin de verme lograr mi meta, me llena mucho el saber que cuento con todos ustedes.

Te agradezco a ti Michelle que no me dejaste desistir en el proceso y que me ayudaste a cumplir con lo debido, gracias por formar parte de mi vida y llenarla de mucho amor.

A mis compañeros de trabajo que me ayudaron con todo el conocimiento, tiempo y motivación para que esta investigación se realice de la manera más técnica posible.

Finalmente quiero agradecer al Ingeniero German Erazo que dirigió el presente proyecto de investigación, por ayudarme en cada pauta e indicación necesaria para poder culminar el trabajo de titulación y por compartir el conocimiento académico que me ayudará en mi vida profesional.

Pillajo Yépez, Steven Joel

INDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Indice de contenidos	8
Indice de figuras	17
Indice de tablas.....	22
Indice de ecuaciones.....	25
Resumen.....	26
Abstract.....	27
Capítulo I: Marco metodológico de la investigación	28
Antecedentes investigativos.....	28
Planteamiento del problema	30
Descripción resumida del proyecto.....	31
Justificación e importancia	32
Objetivos	33
<i>Objetivo general</i>	33

<i>Objetivos específicos</i>	33
Metas del proyecto	34
Hipótesis	34
Variables de la investigación	35
<i>Variable independiente</i>	35
<i>Variable dependiente</i>	36
Metodología de desarrollo del proyecto.....	37
<i>Método analítico</i>	37
<i>Método de síntesis</i>	37
<i>Método inductivo</i>	38
<i>Método de modelación</i>	38
<i>Método experimental</i>	38
Capítulo II: Fundamento Teórico	41
Diagnóstico Automotriz.....	41
Tipos de osciloscopio	41
<i>Osciloscopio analógico de laboratorio</i>	41
<i>Osciloscopio digital portátil de automoción</i>	42
Osciloscopio Automotriz.....	43
Osciloscopio integrado en PC con interface	43
Variables del motor.....	44
<i>Contrapresión en el sistema de escape</i>	44

<i>Resonancias en el colector de admisión</i>	45
<i>Vacío del motor</i>	46
<i>Presiones del cárter</i>	47
<i>Sistema de distribución</i>	47
<i>Sincronía de tiempo de encendido</i>	48
Componentes de las herramientas de diagnóstico	49
<i>Dispositivo eléctrico piezoeléctrico</i>	49
Sensor de pulsos first look	49
<i>Obtención de señales</i>	51
Transductor de presión	54
<i>Selección de transductores de presión</i>	55
<i>Transductor de presión automotriz para cilindros</i>	55
<i>Obtención de señales</i>	56
<i>Forma de onda</i>	57
<i>Interpolación lineal</i>	58
Señales gráficas de diagnóstico	58
<i>Sensor de posición del cigüeñal</i>	58
<i>Sistema de encendido</i>	59
<i>Sistema de encendido DIS</i>	59
<i>Sistema de encendido COP</i>	60
<i>Gráfica del sistema de encendido</i>	60

Problemas comunes en el motor de combustión interna	61
<i>Fallas de encendido</i>	<i>61</i>
<i>Golpeteo de pistón</i>	<i>62</i>
<i>Soplado de empaque de culata</i>	<i>63</i>
<i>Sincronía incorrecta del sistema de distribución</i>	<i>64</i>
Vehículos más vendidos en el medio	64
Características de componentes electrónicos	65
<i>Regulador de voltaje</i>	<i>65</i>
<i>Disipación de calor</i>	<i>67</i>
<i>Transductor de presión</i>	<i>68</i>
<i>Sensor piezoeléctrico</i>	<i>69</i>
Capítulo III: Diseño y modelación del sistema de diagnóstico	70
Levantamiento de requerimientos	70
Especificación de componentes electrónicos	71
<i>Sensor Piezoeléctrico 4334</i>	<i>71</i>
<i>Transductor de presión Walfront P265</i>	<i>72</i>
<i>Regulador de voltaje variable Drok 2203ADJ</i>	<i>73</i>
<i>Regulador 7805</i>	<i>74</i>
<i>Cable BNC</i>	<i>75</i>
Especificación de programas de apoyo	76
<i>Interfaz de osciloscopio Hantek 1008c</i>	<i>76</i>

<i>Pressure Waveform Overlays</i>	76
Especificación de valores de calibración en osciloscopio	77
<i>First Look</i>	77
Transductor de presión	78
Vehículos seleccionados para los ensayos de pruebas	78
Construcción de prototipo first look	79
Construcción de prototipo de transductor de presión.....	81
Elaboración de calculadora en Excel	82
Diseño de regulador de voltaje	85
Diseño de producto final de la herramienta de diagnóstico	91
<i>Conjunto fuente de voltaje</i>	91
<i>Producto final de la herramienta de diagnóstico</i>	93
Conexión de la herramienta de diagnóstico first look	96
<i>Sistema de escape</i>	97
<i>Sistema de admisión</i>	98
<i>Cárter</i>	99
Análisis de la gráfica a través del software Pressure Waveform Overlays	100
Conexión del transductor de presión.....	101
Capítulo IV: Pruebas experimentales y análisis de resultados.....	104
Ensayos experimentales	104
Datos del vehículo Chevrolet Spark 1.2 L	105

<i>Sistema de escape</i>	105
<i>Sistema de admisión</i>	106
<i>Cárter</i>	107
<i>Compresión relativa</i>	108
Datos del vehículo Chevrolet Spark GT 1.2 L	109
<i>Sistema de escape</i>	110
<i>Sistema de admisión</i>	110
<i>Cárter</i>	111
<i>Transductor de presión</i>	112
Datos del vehículo Chevrolet Sail 1.4 L	114
<i>Sistema de escape</i>	114
<i>Sistema de admisión</i>	115
<i>Cárter</i>	116
<i>Transductor de presión</i>	117
Datos del vehículo Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L	118
<i>Sistema de escape</i>	118
<i>Sistema de admisión</i>	119
<i>Cárter</i>	120
Datos del vehículo Aveo Activo 1.6 L	122
<i>Sistema de escape</i>	122
<i>Sistema de admisión</i>	123

<i>Cárter</i>	124
<i>Transductor de presión</i>	125
Datos del vehículo Haval M4 1.5 L	126
<i>Sistema de escape</i>	127
<i>Sistema de admisión</i>	127
<i>Cárter</i>	128
<i>Transductor de presión</i>	129
Datos del vehículo Hyundai Tucson 2.0 L.....	130
<i>Sistema de escape</i>	131
<i>Sistema de admisión</i>	131
<i>Cárter</i>	132
<i>Transductor de presión</i>	133
Datos del vehículo Kia Río Stylus 1.6 L	134
<i>Sistema de escape</i>	135
<i>Sistema de admisión</i>	136
<i>Cárter</i>	136
<i>Transductor de presión</i>	137
Datos del vehículo Nissan Versa 1.6 L	139
<i>Sistema de escape</i>	139
<i>Sistema de admisión</i>	140
<i>Cárter</i>	141

<i>Transductor de presión</i>	142
Datos del Vehículo Hyundai Terracan 2.5L	143
<i>Sistema de escape</i>	143
<i>Cárter</i>	144
<i>Transductor de presión</i>	145
Datos del vehículo Hino Dutro 616 4.0 L	147
<i>Sistema de escape</i>	147
<i>Cárter</i>	148
<i>Transductor de presión</i>	149
Análisis e interpretación de gráficas resultantes	150
Diagnóstico del vehículo Chevrolet Spark 1.2 L.....	151
Diagnóstico del vehículo Chevrolet Spark GT 1.2 L.....	153
Diagnóstico del vehículo Chevrolet Sail 1.4 L	155
Diagnóstico del vehículo Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L	157
Diagnóstico del vehículo Aveo Activo 1.6 L	158
Diagnóstico del vehículo Haval M4 1.5 L.....	160
Diagnóstico del vehículo Hyundai Tucson 2.0 L	162
Diagnóstico del vehículo Kia Río Stylus 1.6 L	164
Diagnóstico del vehículo Nissan Versa 1.6 L.....	166
Diagnóstico del vehículo Hyundai Terracan 2.5 L	168
Diagnóstico del vehículo Hino Dutro 616 4.0 L.....	170

Capítulo V: Marco administrativo	172
Recursos	172
<i>Recursos humanos</i>	<i>172</i>
<i>Recursos tecnológicos</i>	<i>172</i>
<i>Recursos materiales</i>	<i>173</i>
Presupuesto	175
<i>Costo total del proyecto de investigación</i>	<i>175</i>
<i>Financiamiento</i>	<i>175</i>
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones	176
Conclusiones	176
Recomendaciones	178
Bibliografía.....	180
Anexos.....	183

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Planteamiento del problema.....	30
Figura 2	Osciloscopio analógico de laboratorio	42
Figura 3	Osciloscopio digital de mano para automoción.....	42
Figura 4	Interfaz de osciloscopio en PC	43
Figura 5	Ondas de presión en los conductos de escape	45
Figura 6	Ondas de presión en la admisión en base a los grados de giro del cigüeñal	46
Figura 7	Vacío del motor de combustión interna	46
Figura 8	Ondas de presión de los gases del cárter	47
Figura 9	Sistema de distribución	48
Figura 10	Puesto a punto de distribución	48
Figura 11	Funcionamiento de un elemento piezoeléctrico	49
Figura 12	First look.....	51
Figura 13	Gráfica obtenida del vacío del múltiple de admisión	52
Figura 14	Transductor de presión.....	54
Figura 15	Conexión de transductor de presión.....	56
Figura 16	Gráfica de funcionamiento normal del motor	57
Figura 17	Gráficas del sensor CKP	59
Figura 18	Esquema eléctrico de sistema de encendido COP	60
Figura 19	Gráfica de bobina de encendido.....	61
Figura 20	Luz de advertencia check engine.	62
Figura 21	Daños en segmentos de pistón	62
Figura 22	Empaque de cabezote roto entre los anillos	63
Figura 23	Sincronía incorrecta	64
Figura 24	Marcas de vehículos más vendidos en el país	65
Figura 25	Regulador de voltaje variable	66

Figura 26	Identificación de pines de 7805	67
Figura 27	Conexión de 7805 como regulador.....	67
Figura 28	Transductor de presión Walfront	69
Figura 29	Sensores piezoeléctricos.....	69
Figura 30	Sensor piezoeléctrico de la marca Gitty	71
Figura 31	Transductor de presión Walfront P265	72
Figura 32	Regulador 7805.....	74
Figura 33	Cable BNC	75
Figura 34	Interfaz de osciloscopio Hantek 1008c	76
Figura 35	Interfaz del software pressure waveform overlays	77
Figura 36	Diseño de interfaz de la calculadora.....	82
Figura 37	Interfaz de la calculadora de voltaje a presión.....	83
Figura 38	Código de programación de interfaz de calculadora	85
Figura 39	Conexión recomendada por fabricante.....	87
Figura 40	Diseño de regulador de voltaje	87
Figura 41	Simulación del circuito de regulador de voltaje.....	88
Figura 42	Circuito base de regulador de voltaje armado con componentes reales	88
Figura 43	Circuito esquemático de regulador de voltaje	89
Figura 44	Visualización previa en 3D del circuito diseñado	89
Figura 45	Circuito del regulador de tensión terminado	90
Figura 46	Dimensionamiento de componentes.....	93
Figura 47	Diseño de carcasa del producto final.....	94
Figura 48	Impresión en 3D	95
Figura 49	Ubicación de elementos electrónicos	95
Figura 50	Terminado de herramienta de diagnóstico.....	96
Figura 51	Diagrama de flujo de instalación de first look en el sistema de escape.....	97

Figura 52	Diagrama de flujo de instalación de first look en el sistema de admisión.	98
Figura 53	Diagrama de flujo de instalación de first look en el cárter.	99
Figura 54	Diagrama de flujo de conexión de transductor de presión en motor gasolina	102
Figura 55	Diagrama de flujo de conexión de transductor de presión en motor diesel	103
Figura 56	Vehículo Chevrolet Spark 1.2 L	105
Figura 57	Análisis de gráfica de escape Chevrolet Spark 1.2 I.....	106
Figura 58	Análisis de la gráfica de admisión de Chevrolet Spark 1.2 I.....	107
Figura 59	Análisis de la gráfica del cárter de Chevrolet Spark 1.2 I.....	107
Figura 60	Análisis de la gráfica de transductor de presión de Chevrolet Spark 1.2 I.....	109
Figura 61	Vehículo Chevrolet Spark GT 1.2 L	109
Figura 62	Análisis de la gráfica de escape de Chevrolet Spark GT 1.2 I.....	110
Figura 63	Análisis de la gráfica de admisión de Chevrolet Spark GT 1.2 I.....	111
Figura 64	Análisis de la gráfica de cárter de Chevrolet Spark GT 1.2 I.....	112
Figura 65	Análisis de la gráfica de transductor de presión de Chevrolet Spark GT 1.2 I.....	113
Figura 66	Vehículo Chevrolet Sail 1.4 L	114
Figura 67	Análisis de la gráfica de escape del Chevrolet Sail 1.4 L.....	115
Figura 68	Análisis de la gráfica de admisión del Chevrolet Sail 1.4 L.....	116
Figura 69	Análisis de la gráfica de cárter del Chevrolet Sail 1.4 L	116
Figura 70	Análisis de la gráfica de transductor de presión del Chevrolet Sail 1.4 L	118
Figura 71	Vehículo Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L.....	118
Figura 72	Análisis de la gráfica de escape del Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L	119
Figura 73	Análisis de la gráfica de admisión del Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L.....	120
Figura 74	Análisis de la gráfica de cárter del Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L.....	121
Figura 75	Vehículo Aveo Activo 1.6 L.....	122
Figura 76	Análisis de la gráfica de escape del Chevrolet Aveo Activo 1.6 L.....	123
Figura 77	Análisis de la gráfica de admisión del Chevrolet Aveo Activo 1.6 L	124

Figura 78	Análisis de la gráfica de cárter del Chevrolet Aveo Activo 1.6 L	124
Figura 79	Análisis de la gráfica de transductor del Chevrolet Aveo Activo 1.6 L.....	126
Figura 80	Vehículo Haval M4 1.5 L	126
Figura 81	Análisis de la gráfica de escape del Haval M4 1.5 L.....	127
Figura 82	Análisis de la gráfica de admisión del Haval M4 1.5 L.....	128
Figura 83	Análisis de la gráfica de cárter del Haval M4 1.5 L	129
Figura 84	Análisis de la gráfica de transductor del Haval M4 1.5 L.....	130
Figura 85	Vehículo Hyundai Tucson 2.0 L.....	130
Figura 86	Análisis de la gráfica de escape del Hyundai Tucson 2.0 L	131
Figura 87	Análisis de la gráfica de admisión del Hyundai Tucson 2.0 L	132
Figura 88	Análisis de la gráfica de cárter del Hyundai Tucson 2.0 L.....	133
Figura 89	Análisis de la gráfica de transductor del Hyundai Tucson 2.0 L.....	134
Figura 90	Vehículo Kía Río Stylus 1.6 L.....	134
Figura 91	Análisis de la gráfica de escape del Kia Río Stylus 1.6 L.....	135
Figura 92	Análisis de la gráfica de admisión del Kia Río Stylus 1.6 L.....	136
Figura 93	Análisis de la gráfica de cárter del Kia Río Stylus 1.6 L.....	137
Figura 94	Análisis de la gráfica de transductor del Kia Río Stylus 1.6 L	138
Figura 95	Vehículo Nissan Versa 1.6 L	139
Figura 96	Análisis de la gráfica de escape del Nissan Versa 1.6 L.....	140
Figura 97	Análisis de la gráfica de admisión del Nissan Versa 1.6 L.....	141
Figura 98	Análisis de la gráfica de cárter del Nissan Versa 1.6 L.....	141
Figura 99	Análisis de la gráfica de transductor del Nissan Versa 1.6 L	143
Figura 100	Vehículo Hyundai Terracan 2.5 L	143
Figura 101	Análisis de la gráfica de escape del Hyundai Terracan 2.5 L.....	144
Figura 102	Análisis de la gráfica de cárter del Hyundai Terracan 2.5 L.....	145
Figura 103	Análisis de la gráfica de transductor del Hyundai Terracan 2.5 L	146

Figura 104	Vehículo Hino Dutro 616 4.0 L.....	147
Figura 105	Análisis de la gráfica de escape del Hino Dutro 616 4.0 L.....	148
Figura 106	Análisis de la gráfica del cárter del Hino Dutro 616 4.0 L.....	148
Figura 107	Cable de bujía roto.....	153
Figura 108	Válvulas de admisión quemadas.....	157
Figura 109	Pistón con rotura entre los anillos.....	158
Figura 110	Cable de bujía en mal estado.....	160
Figura 111	Conector de inyector en mal estado.....	162
Figura 112	Válvulas de admisión y escape quemadas.....	164
Figura 113	Presencia de agua en bujía por empaque de cabezote en mal estado.....	166
Figura 114	Válvulas de admisión quemadas.....	168
Figura 115	Empaque de cabezote averiado.....	170

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de la variable independiente	35
Tabla 2	Operacionalización de la variable dependiente	36
Tabla 3	Metodología e instrumentación del proyecto	38
Tabla 4	Posibles problemas en los respectivos sistemas del motor	54
Tabla 5	Requerimientos para el prototipo de first look	70
Tabla 6	Requerimientos para el prototipo de transductor de presión	71
Tabla 7	Características de sensor piezoeléctrico	72
Tabla 8	Especificaciones del sensor transductor de presión	73
Tabla 9	Regulador de voltaje variable	73
Tabla 10	Especificaciones el regulador de voltaje	74
Tabla 11	Especificaciones el regulador 7805	75
Tabla 12	Calibración de first look en los respectivos sistemas del motor	77
Tabla 13	Calibración de osciloscopio con el transductor de presión	78
Tabla 14	Vehículos seleccionados para pruebas seleccionados	79
Tabla 15	Construcción del prototipo First Look	80
Tabla 16	Construcción de prototipo de transductor de presión	81
Tabla 17	Relación de voltaje-presión de transductor de presión	84
Tabla 18	Elementos electrónicos para el circuito de regulador de voltaje	90
Tabla 19	Componentes para conjunto de fuente de voltaje	91
Tabla 20	Procedimiento para construcción de transductor de presión	92
Tabla 21	Procedimiento para el análisis de la señal de onda	100
Tabla 22	Resultados del ensayo de transductor de presión en Chevrolet Spark	108
Tabla 23	Resultados del ensayo de transductor de presión en Chevrolet Spark GT	113
Tabla 24	Resultados del ensayo de transductor de presión en Chevrolet Sail	117
Tabla 25	Resultados del ensayo de transductor de presión en Chevrolet Aveo Activo 1.6 L	125

Tabla 26	Resultados del ensayo de transductor de presión en Haval M4 1.5 L	129
Tabla 27	Resultados del ensayo de transductor de presión en Hyundai Tucson 2.0 L.....	133
Tabla 28	Resultados del ensayo de transductor de presión en Kia Río Stylus 1.6 L.....	138
Tabla 29	Resultados del ensayo de transductor de presión en Nissan Versa 1.6 L	142
Tabla 30	Resultados del ensayo de transductor de presión en Hyundai Terracan 2.5 L	146
Tabla 31	Rangos de valores para herramienta first look en motores gasolina	150
Tabla 32	Rangos de valores para la herramienta de transductor de presión gasolina	150
Tabla 33	Rangos de valores para herramienta first look en motores diesel	151
Tabla 34	Rangos de valores para la herramienta de transductor de presión diésel	151
Tabla 35	Análisis con first look de Chevrolet Spark 1.2L	151
Tabla 36	Diagnóstico con first look de Chevrolet Spark 1.2 L	152
Tabla 37	Análisis de transductor de presión de Chevrolet Spark 1.2 L	152
Tabla 38	Diagnóstico con transductor de Chevrolet Spark 1.2 L.....	153
Tabla 39	Análisis con first look de Chevrolet Spark GT 1.2L.....	153
Tabla 40	Diagnóstico con first look de Chevrolet Spark GT 1.2L	154
Tabla 41	Análisis con transductor de Chevrolet Spark GT 1.2 L.....	154
Tabla 42	Diagnóstico con transductor de Chevrolet Spark GT 1.2 L.....	155
Tabla 43	Análisis con first look de Chevrolet Sail 1.4 L.....	155
Tabla 44	Diagnóstico con first look de Chevrolet Sail 1.4 L.....	155
Tabla 45	Análisis con transductor de Chevrolet Sail 1.4 L	156
Tabla 46	Diagnóstico con transductor de Chevrolet Sail 1.4 L.....	156
Tabla 47	Análisis con first look de Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L	157
Tabla 48	Diagnóstico con first look de Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L	157
Tabla 49	Análisis con first look de Chevrolet Aveo Activo 1.6 L.....	158
Tabla 50	Diagnóstico con first look de Chevrolet Aveo Activo 1.6 L.....	159
Tabla 51	Análisis con transductor de Chevrolet Aveo Activo 1.6 L.....	159

Tabla 52	Diagnóstico con transductor de Chevrolet Aveo Activo 1.6 L	159
Tabla 53	Análisis con first look de Haval M4 1.5 L.....	160
Tabla 54	Diagnóstico con first look de Haval M4 1.5 L.....	160
Tabla 55	Análisis con transductor de Haval M4 1.5 L	161
Tabla 56	Diagnóstico con transductor de Haval M4 1.5 L	161
Tabla 57	Análisis con first look de Hyundai Tucson 2.0 L	162
Tabla 58	Diagnóstico con first look de Hyundai Tucson 2.0 L.....	162
Tabla 59	Análisis con transductor de Hyundai Tucson 2.0 L.....	163
Tabla 60	Diagnóstico con transductor de Hyundai Tucson 2.0 L	163
Tabla 61	Análisis con first look de Kia Río Stylus 1.6 L.....	164
Tabla 62	Diagnóstico con first look de Kia Río Stylus 1.6 L	164
Tabla 63	Análisis con transductor de Kia Río Stylus 1.6 L	165
Tabla 64	Diagnóstico con transductor de Kia Río Stylus 1.6 L.....	165
Tabla 65	Análisis con first look de Nissan Versa 1.6 L.....	166
Tabla 66	Diagnóstico con first look de Nissan Versa 1.6 L.....	167
Tabla 67	Análisis con transductor de Nissan Versa 1.6 L	167
Tabla 68	Diagnóstico con transductor de Nissan Versa 1.6 L.....	167
Tabla 69	Análisis con first look de Hyundai Terracan 2.5 L.....	168
Tabla 70	Diagnóstico con first look de Hyundai Terracan 2.5 L	168
Tabla 71	Análisis con transductor de Hyundai Terracan 2.5 L	169
Tabla 72	Diagnóstico con transductor de Hyundai Terracan 2.5 L.....	169
Tabla 73	Recursos humanos	172
Tabla 74	Recursos Tecnológicos.....	173
Tabla 75	Recursos materiales	173
Tabla 76	Costo total.....	175

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Transformación de voltaje a bares para piezoeléctrico	53
Ecuación 2 Ecuación de interpolación	58
Ecuación 3 Ecuación de corriente máxima	68

Resumen

La investigación trata sobre el diseño y construcción de un sistema de diagnóstico por transductor de presión y vibración electrónico, en el ámbito automotriz es el first look para motores de combustión gasolina y diesel. Se recopilación de información técnica confiable sobre diagnóstico de motores, sensores piezo eléctricos y transductores de presión de fuentes confiables. Se hizo el levantamiento de requerimientos desarrollando un prototipo para cada herramienta de diagnóstico para probar su funcionalidad. Con los cálculos matemáticos respectivos se genera el diseño electrónico de la herramienta first look acompañado de herramientas computacionales y para optimizar su estética se utilizó el software de tipo CAD de SolidWorks, teniendo un producto final con la asistencia de una impresión en 3D, logrando un conjunto de elementos en dimensiones compactas con la funcionalidad respectiva de cada sensor utilizado. A través de una selección de vehículos según su marca y tipo de motor, se realizó pruebas de ensayo con las respectivas herramientas de diagnóstico y medición para obtener las señales y gráficas de comportamiento de los motores de combustión interna a ser analizados y diagnosticado, creando una base de datos de consulta en valores de voltaje y presión para establecer rangos de valores de funcionalidad, procedimientos de uso de la herramienta y finalmente poder generar un diagnóstico eficaz.

Palabras clave: first look, diagnóstico automotriz, motores de combustión, transductor de presión

Abstract

The research deals with the design and construction of an electronic pressure and vibration transducer diagnostic system, in the automotive field is the first look for gasoline and diesel combustion engines. Reliable technical information on engine diagnostics, piezoelectric sensors and pressure transducers was collected from reliable sources. The requirements survey was done by developing a prototype for each diagnostic tool to test its functionality. With the respective mathematical calculations, the electronic design of the first look tool is generated with computational tools and to optimize its aesthetics, SolidWorks CAD software was used, having a final product with the assistance of 3D printing, achieving a set of elements in compact dimensions with the respective functionality of each sensor used. Through a selection of vehicles according to their brand and type of engine, test tests were performed with the respective diagnostic and measurement tools to obtain the signals and behavior graphs of the internal combustion engines to be analyzed and diagnosed, creating a query database in voltage and pressure values to establish ranges of functionality values, procedures of use of the tool and finally to be able to generate an effective diagnosis.

Key Words: first look, automotive diagnosis, combustion engines, pressure transducer.

Capítulo I

Marco metodológico de la investigación

Antecedentes investigativos

Los motores de combustión interna se caracterizan por una gran complejidad electrónica, están en constante evolución y mejora, debido a la presencia de una serie de requisitos por parte de entidades que determinan ciertos parámetros del vehículo tales como: consumo de combustible con un aumento relativo de potencia, reducción de gases contaminantes, aumento de la fiabilidad de los componentes y una vida útil extendida.

El diagnóstico automotriz en sus inicios presentaba un problema ya que: “el motor de combustión interna se descalibraba y los mecánicos únicamente constaban de tres cosas como el oído, vista y el tacto” (Mendoza, 2015, p. 24).

Entre los años de 1986 – 1988 (Benitez & Orozco, 2011) menciona que “el diagnóstico automotriz se lo hacía a través de la comunicación directa a los módulos de encendido los cuales contaban con una luz que parpadeaba y generaba un código, este método era posible en algunas marcas específicas” (p. 35).

A finales de 1988 entra en funcionamiento el diagnóstico a través del protocolo OBD que según (Garza, 2012) el propósito de este sistema es “el procurar un correcto funcionamiento en el sistema de monitoreo y control de gases, haciendo uso por primera vez el conocido check engine” (p. 37).

Luego del año 2002 aparece el escáner automotriz que en sus inicios solo estaba al alcance de cada marca, no fue hasta 2010 que según (Garza, 2012) aparecen “los primeros escáneres automotrices universales en donde distintos protocolos de comunicación se los tenían en un solo equipo de diagnóstico” (p. 44)

Hoy por hoy existe una amplia variedad de herramientas de diagnóstico que empiezan desde el comprobador básico hasta una plataforma polifuncional. Cuando se mezcla la tecnología de los comprobadores individuales con una computadora (PC), se obtiene como producto el analizador de gran fiabilidad, que estará listo para ser sometido a cualquier tipo de diagnóstico. (Menchu, 2014, p. 23)

Al tener a disposición los equipos de diagnóstico se evita el reemplazo de componentes equivocados en vano, debido a ello se asegura que “los métodos de diagnóstico sean generados para apresurar con certeza el descubrimiento de fallas del vehículo tanto mecánicas como electrónicas” (Concepción, 2011, p. 26).

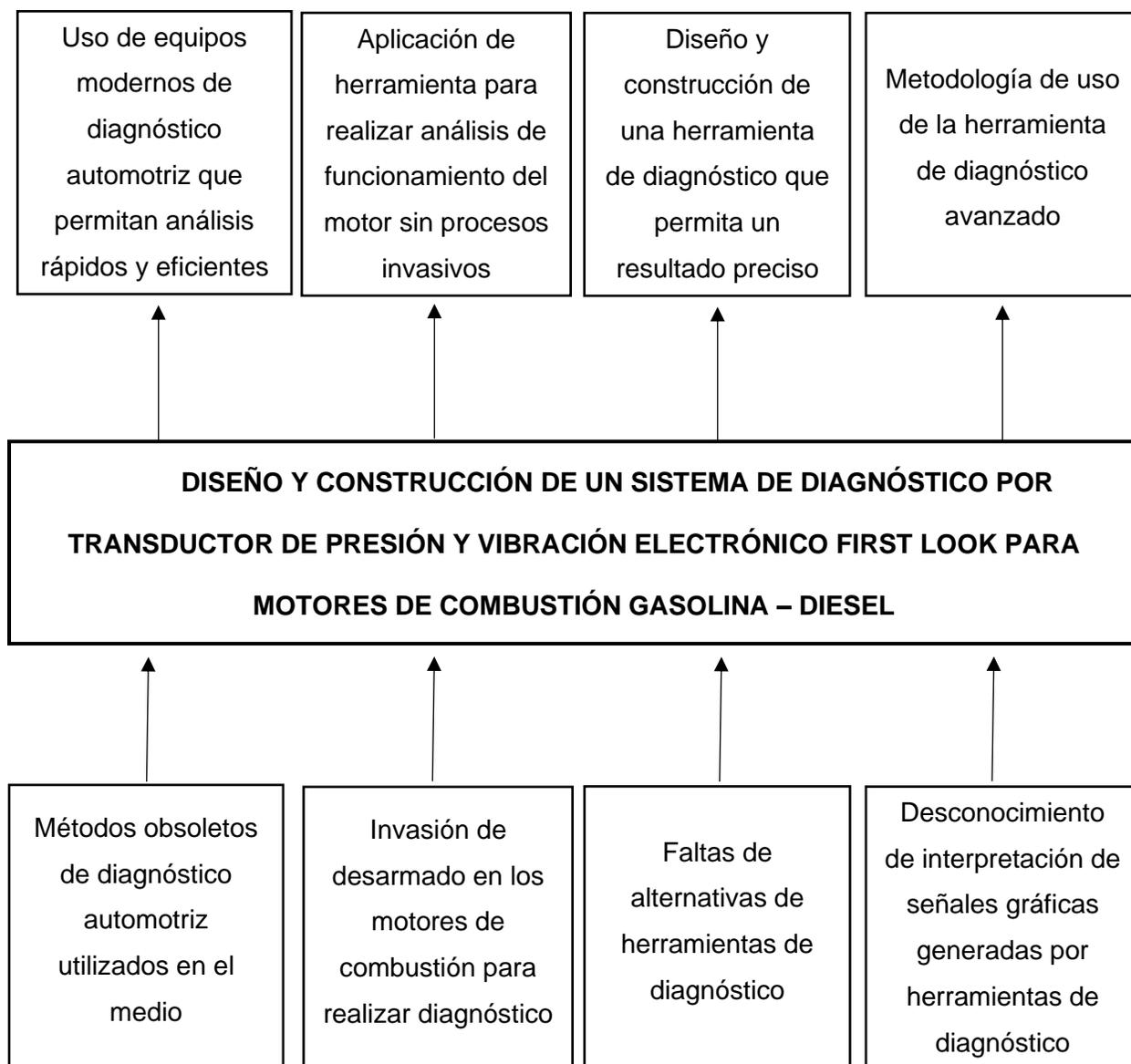
Distintos métodos y herramientas se han desarrollado para el diagnóstico en motores, entre ellos se encuentran el sensor de pulsos first look y el transductor de presión, los cuales evitan la invasión en el motor de combustión.

El inventor del sensor de pulso para diagnóstico automotriz es Jhon Brock, él mencionó que es necesario imaginar y comparar al sistema de escape como una tubería de agua ya que la presión aplicada a un extremo se trasladará de manera instantánea hacia el otro punto, también, con un poco de contrapresión en el escape, el pulso tiene una variación en tiempo y presión. (Warren, 2015, p. 24)

Planteamiento del problema

Figura 1

Planteamiento del problema



Nota. En la figura se indica los problemas y soluciones que se desarrolló en el presente proyecto de investigación.

El diagnóstico automotriz a través de la obtención de señales de ondas provenientes de fuentes tanto electrónicas como por movimiento o presión, en el medio común del país no tiene tanta relevancia a pesar de contar con vehículos que incorporan y usan mucho la electrónica para el control de sus sistemas. Los métodos tradicionales en los cuales el técnico debe desarmar algunos componentes para poder obtener una conclusión y diagnóstico de fallas o problemas específicos se siguen utilizando, pero lo más preocupante recae sobre la nueva generación que está incorporándose a este mundo del automotor ya que tiende a seguir dichos procedimientos que deberían de quedar ya obsoletos y reemplazarlos por equipos tecnológicos que brinden la posibilidad de hacer diagnósticos de manera rápida y con procesos simples capaces de brindar resultados precisos.

Considerando estos aspectos es necesario plantear el problema a resolver así: Diseño y construcción del sistema de diagnóstico por transductor de presión - vibración electrónico first look para motores de combustión gasolina - diesel.

Descripción resumida del proyecto

Se obtuvo la información sobre sensores piezoeléctricos, herramientas de diagnóstico automotriz, analizador de motores, gráficas de onda de señal, sistema de escape, sistema de ingreso de aire y oscilaciones generadas por las vibraciones del motor, de varias fuentes confiables tales como: artículos científicos, libros, investigaciones previas, y distintas páginas de internet.

Se hizo un levantamiento de requerimientos para cada uno de los componentes considerando las capacidades de compresión en motores diesel y gasolina y temperaturas de funcionamiento.

Se seleccionó los elementos electrónicos para la elaboración de los prototipos de las herramientas de diagnóstico.

Se acopló los componentes seleccionados para obtener dos prototipos base que verifican la funcionalidad del equipo.

Se eligió a los vehículos en los cuales se va a realizar las distintas pruebas de funcionamiento y el respectivo diagnóstico.

Las pruebas experimentales se realizaron para comprobar la factibilidad del equipo para el diagnóstico de motores de combustión interna gasolina y diese, en el sistema de escape, admisión, cárter y cámara de combustión.

Se recopiló la información y las gráficas de los resultados obtenidos en las pruebas de campo para su posterior análisis a través de la diferencia entre picos de voltaje y presiones.

Finalmente, se diseñó un acabado de producto terminado de equipo de diagnóstico mediante el uso de herramientas computacionales.

Justificación e importancia

Los métodos de diagnóstico automotriz tienen varias estrategias y procedimientos en los cuales el técnico puede llegar a la conclusión del problema de manera rápida a través de la experiencia empírica, pero la deducción e interpretación puede llegar a ser imprecisa y generan eventos donde el diagnóstico es erróneo.

En la actualidad existen varios equipos y herramientas de diagnóstico que permiten realizar un análisis efectivo y con un tiempo considerable según el tipo de problema ya sea mecánico o electrónico.

También un factor fundamental a considerar dentro del campo automotriz y sobre todo en el campo laboral es la competitividad, un técnico automotriz debe de buscar los medios que faciliten un diagnóstico breve y preciso ya que eso se refleja en reputación, así como en lucro.

Toda la importancia y justificación de la presente investigación se basa o giran en torno a una problemática, ayudar al técnico automotriz a realizar un diagnóstico del vehículo no invasivo, como consecuencia se tiene una eficiencia de trabajo, una reducción de tiempo al momento de llegar a la causa del problema, un diagnóstico eficaz y un aumento de fiabilidad en la solución de problemas.

Es importante lograr la elevación de parámetro característica de una forma técnica y sustentada analítica y matemática en referencia al perfil del ingeniero automotriz, que sea debidamente justificada y motivada.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar y construir un sistema de diagnóstico por transductor de presión - vibración electrónico first look para determinar el estado de motores de combustión gasolina – diesel.

Objetivos específicos

Obtener información sobre sensores piezoeléctricos, herramientas de diagnóstico automotriz, analizador de motores, gráficas de onda de señal, sistema de escape, sistema de ingreso de aire y oscilaciones generadas por las vibraciones del motor, de varias fuentes confiables.

Elaborar un levantamiento de requerimientos para cada uno de los componentes considerando las capacidades de compresión en motores diesel y gasolina y temperaturas de funcionamiento

Acoplar los componentes seleccionados para obtener las señales generadas por los motores de combustión interna para su posterior análisis.

Realizar pruebas experimentales de factibilidad en el uso del equipo para el diagnóstico de motores de combustión interna gasolina y diesel.

Determinar la factibilidad de la utilización de la herramienta de diagnóstico en base a los resultados obtenidos en las pruebas de campo.

Diseñar un acabado de producto terminado de equipo de diagnóstico mediante el uso de herramientas computacionales e impresión 3D

Metas del proyecto

Recopilar las ondas gráficas generadas por las herramientas de diagnóstico de los vehículos de las marcas más comunes en el medio.

Elaborar una base de datos de las ondas gráficas con sus respectivos valores de voltajes y presiones.

Analizar cada una de las gráficas con su respectiva interpretación e identificación de sus formas haciendo uso del software Pressure Waveform Overlays.

Obtener un producto final de la herramienta de diagnóstico con sus respectivos accesorios.

Hipótesis

- ¿Al implementar el equipo de diagnóstico por transductor de presión - vibración first look permitirá realizar ensayos precisos para diagnóstico en motores?

VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Variable independiente

Tabla 1

Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnica	Instrumentos
Transductor de Presión: Sensor de presión capacitivo de referencia de manómetro sellado con acondicionamiento de señal integrado	Técnica	Diámetro del componente	mm	Medición	Protocolo de pruebas
		Largo del componente	mm	Medición	Guía y protocolo de pruebas
		Presión de operación	Bar	Medición/ Experimentación	Guía y protocolo de pruebas
		Voltaje de funcionamiento	V	Medición/ Experimentación	Guía y protocolo de pruebas
		Temperatura de funcionamiento	°C	Medición/ Experimentación	Guía y protocolo de pruebas
		Frecuencia de salida	Hz	Medición/ Experimentación	Guía y protocolo de pruebas
Salida de señal	Analógica		Unidad	Medición	Guía y protocolo de pruebas

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnica	Instrumentos
First Look: Herramienta de diagnóstico de primera vista que utiliza los cambios de presión de la cámara de combustión de un motor.	Técnica	Diámetro del componente	mm	Medición	Guía y protocolo de pruebas
		Voltaje de funcionamiento	V	Medición/ Experimentación	Guía y protocolo de pruebas
		Temperatura de funcionamiento	°C	Medición/ Experimentación	Guía y protocolo de pruebas
	Salida de señal	Analógica	Unidad	Medición	Guía y protocolo de pruebas

Nota. En la presente tabla se indican las variables independientes a investigar para la elaboración del prototipo de la herramienta de diagnóstico.

Variable dependiente

Tabla 2

Operacionalización de la variable dependiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
El diagnóstico del motor no invasivo ayuda a identificar la falla en específico	Falla de encendido	Gráfica de señal en el sistema de escape	V	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Funcionamiento del tren de válvulas de escape	V	Experimentación	Protocolo de pruebas
		Posible golpeteo en el pistón	V	Experimentación	Protocolo de pruebas

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
El diagnóstico del motor no invasivo ayuda a identificar la falla en específico	Compresión de cilindros	Gráfica de señal del sistema de escape	V	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Verificar golpeteo de pistón	Gráfica de señal del cárter	V	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Funcionamiento de válvulas de admisión	Gráfica de señal de la admisión	V	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Revisar empaque de cabezote	Gráfica de señal de la admisión	V	Experimentación	Protocolo de pruebas
	Verificar la sincronización de distribución	Gráfica de transductor de presión	Psi/ V	Experimentación	Protocolo de pruebas

Nota. En la tabla 2 se detallan las variables dependientes para los análisis correspondientes en los motores de combustión de gasolina y diesel.

Metodología de desarrollo del proyecto

Método analítico

Este método se utilizó para poder analizar las características de cada uno de los elementos que conforman al sensor de pulsos debido a que existen cambios de presiones constantes, también se hizo un análisis en las gráficas resultantes de cada una de las pruebas en donde la identificación de los cilindros y la interpretación de las ondas forman parte del procedimiento para el diagnóstico.

Método de síntesis

Con este tipo de metodología se logró una unión de conceptos entre el sensor first look y la herramienta de transductor de presión, para obtener una herramienta compacta de

vibraciones-pulsos capaz de generar un diagnóstico gráfico a través del análisis de vibraciones y presiones del sistema de escape, admisión y lubricación del motor.

Método inductivo

Esta metodología permitió un enfoque desde lo particular hacia lo general logrando que a través de una recopilación de evidencias gráficas y textuales generadas por el sensor de pulsos en vehículos específicos se pueda establecer una base de datos para el respectivo diagnóstico que permitió la elaboración de procedimientos técnicos para el uso de la herramienta.

Método de modelación

Este método ayudó al diseño tanto del circuito electrónico PCB, las conexiones de los sensores, así como la carcasa exterior que tendrá el sensor de pulsos considerando las especificaciones de los elementos de este y los parámetros a los cuales se va a someter el sensor.

Método experimental

Usando este método se hizo la recopilación de información gráfica, así como textual a través de ensayos y pruebas realizadas en distintos vehículos en donde se verificó si el motor se encontró en perfecto estado o si presentó algún tipo de falla mecánica.

Tabla 3

Metodología e instrumentación del proyecto

Metodología	Descripción	Equipo	Instalaciones y citas-virtual
Analítico	Este método se utilizó para poder analizar las características de cada uno	Computador.	Laboratorio de Autotrónica.

Metodología	Descripción	Equipo	Instalaciones y citas-virtual
	de los elementos que conforman al sensor de pulsos debido a que existen cambios de presiones constantes, también se hizo un análisis en las gráficas resultantes de cada una de las pruebas en donde la identificación de los cilindros y la interpretación de las ondas forman parte del procedimiento para el diagnóstico.	Fichas técnicas de elementos del sensor	Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE.
Síntesis	Con este tipo de metodología se logró una unión de conceptos entre el sensor first look y la herramienta de transductor de presión, para obtener una herramienta compacta de vibraciones-pulsos capaz de generar un diagnóstico gráfico a través del análisis de vibraciones y presiones del sistema de escape, admisión y lubricación del motor. análisis del motor en base a las vibraciones y presiones del sistema de escape, admisión y lubricación del motor.	Computador. Libros, información web	Laboratorio de autotrónica. Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Biblioteca virtual
Inductivo	Esta metodología permitió un enfoque desde lo particular hacia lo general logrando que a través de una recopilación de evidencias gráficas y textuales generadas por el sensor de pulsos en vehículos específicos se pueda establecer una base de datos para el	Computador. Microsoft Word. Software Pressure Waveform Overlays. Osciloscopio Hantek 1008c	Laboratorio de autotrónica. Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Biblioteca virtual

Metodología	Descripción	Equipo	Instalaciones y citas-virtual
	respectivo diagnóstico que permitió la elaboración de procedimientos técnicos para el uso de la herramienta.		
Modelación	Este método ayudó al diseño tanto del circuito electrónico PCB, las conexiones de los sensores, así como la carcasa exterior que tendrá el sensor de pulsos considerando las especificaciones de los elementos del mismo y los parámetros a los cuales se va a someter el sensor.	Computador. Software de modelado CAD Solidworks. Software de diseño de circuitos electrónicos Proteus. Impresora 3d. Software Pressure Waveform Overlays	Laboratorio de autotrónica. Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Biblioteca virtual
Experimental	Usando este método se hizo la recopilación de información gráfica, así como textual a través de ensayos y pruebas realizadas en distintos vehículos en donde se verificó si el motor se encontró en perfecto estado o si presentó algún tipo de falla mecánica.	Computador. Microsoft Word. Osciloscopio Hantek 1008c. Software Pressure Waveform Overlays. Herramienta de diagnóstico First look.	Laboratorio de Autotrónica - Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"

Nota. Esta tabla detalla las metodologías de investigación que se aplican en el presente proyecto.

Capítulo II

Fundamento Teórico

Diagnóstico Automotriz

El diagnóstico automotriz es una de las acciones más importantes para técnico automotriz ya que por el hecho de ser un procedimiento en base a protocolos o de manera empírica generada por la experiencia tiene como fin el encontrar algún tipo de falla o anomalía en el automóvil realizando una recopilación de todos los síntomas que se presentan en un problema o falla los cuales limitan la funcionalidad adecuada del motor. (Denton, 2016, p. 140)

Tipos de osciloscopio

En el campo de la electrónica básica se puede encontrar tres tipos de osciloscopio los cuales son:

- Osciloscopio Analógico de laboratorio
- Osciloscopio digital portátil de automoción
- Osciloscopio digital integrado en PC con interface

Osciloscopio analógico de laboratorio

Para (Lopez, 2013) el osciloscopio analógico “trabaja de manera directa con la señal de entrada para posteriormente ser amplificada haciendo uso de un haz de electrones” (p. 15).

Figura 2

Osciloscopio analógico de laboratorio



Nota. Osciloscopio de laboratorio utilizado para la reparación de elementos electrónicos.

Tomado de (Lopez, 2013).

Osciloscopio digital portátil de automoción

Para (Torres, 2011) este osciloscopio es “un dispositivo que permite la visualización de gráficas de las señales eléctricas que varían en función del tiempo, permitiendo indicar el funcionamiento de sensores y actuadores del vehículo” (p. 11)

Figura 3

Osciloscopio digital de mano para automoción



Nota. La figura 3 representa un osciloscopio digital de mano para uso automotriz. Tomado de (Fonseca, 2012)

Osciloscopio Automotriz

Para (Fonseca, 2012) “El osciloscopio automotriz es una herramienta de diagnóstico en la cual se realizan los análisis correspondientes a través de ondas de señales plasmadas en diagramas de imagen” (p.2).

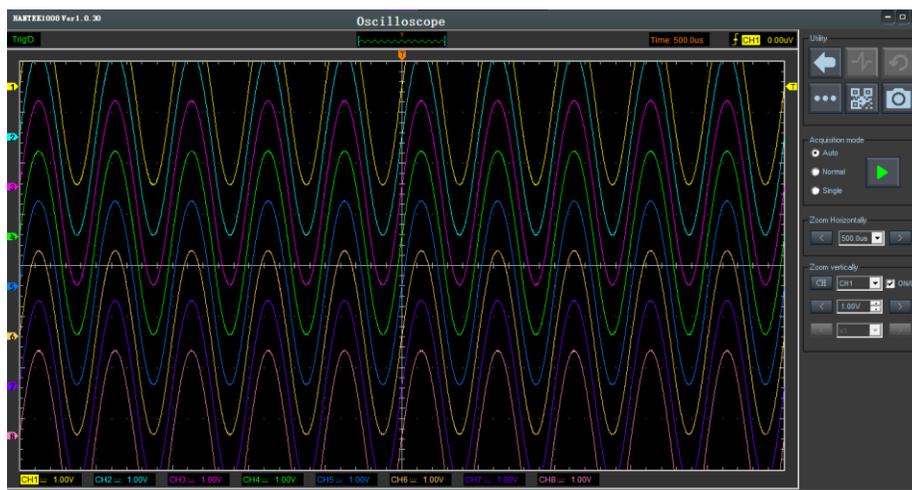
Las gráficas generadas por el osciloscopio se encuentran en tiempo real teniendo dos variables importantes, el eje de las abscisas en la cual se modifica el tiempo y en el eje de las ordenadas está el voltaje.

Osciloscopio integrado en PC con interface

Este tipo de osciloscopio es más común encontrar en los talleres automotrices ya que brinda una interpretación sencilla a los técnicos aprendices que están iniciando en el uso de estos equipos, esto se debe a que a través del uso de una PC se puede calibrar los parámetros necesarios para la obtención de una gráfica en base a lo requerido.

Figura 4

Interfaz de osciloscopio en PC



Nota. En la figura 4 se puede observar la interfaz del osciloscopio automotriz Hantek 1008c.

Variables del motor

Contrapresión en el sistema de escape

La contrapresión en el sistema de escape es una presión que genera una resistencia al flujo de escape, esta se encuentra influenciada bajo los parámetros de las presiones promedio generada durante cada uno de los tiempos del ciclo del motor, así como también por la relación y dependencia con la presión atmosférica del exterior del sistema de escape. (Alonso, 2013, p. 15)

Estas contrapresiones generan ondas de presión a través de los conductos de escape, estas pueden ser de dos tipos:

- Onda de compresión
- Onda de rarefacción

Onda de compresión

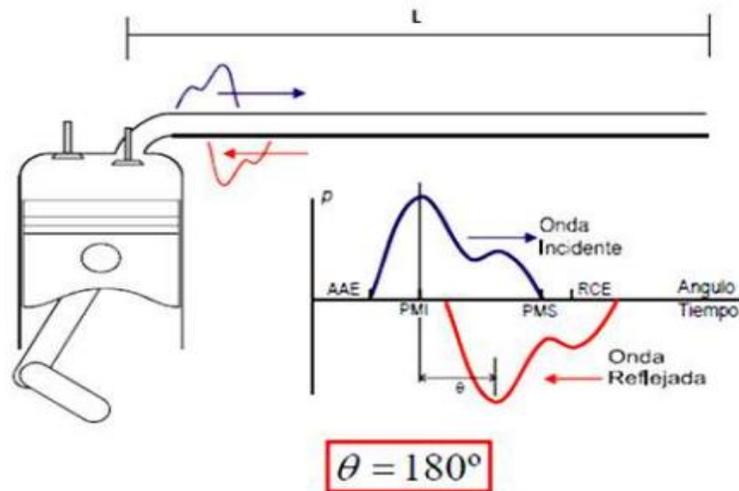
En este tipo de onda, las partículas se desplazan en un solo sentido, esto quiere decir que la propagación de la onda se da solamente en un solo sentido, empujando a su paso a todas las partículas existentes a su alrededor.

Onda de rarefacción

Según (Calle & Rivas, 2014) la onda de rarefacción tiene la particularidad de que “la velocidad de las partículas tiene un sentido contrario a la propagación de la onda” (p. 8), en otras palabras, la onda succiona las partículas que se encuentran a su alrededor.

Figura 5

Ondas de presión en los conductos de escape



Nota. La figura 5 refleja las ondas que se generan en el sistema de escape en un motor de 4 tiempos. Tomado de (Calle & Rivas, 2014).

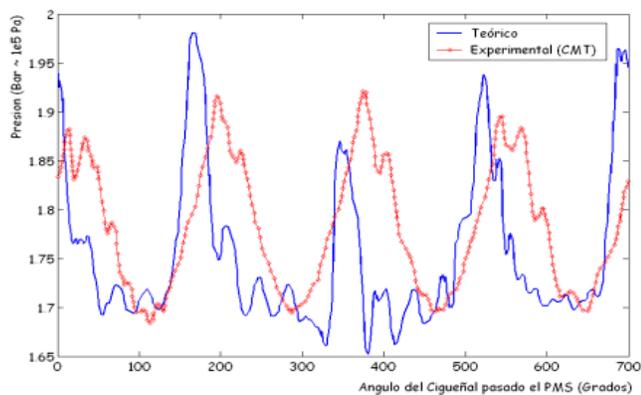
Resonancias en el colector de admisión

Existe un principio denominado Helmholtz que según (Colchado, 2014) es “cuando el aire que se encuentra en un recipiente específico es sacudido por una vibración, este generará una oscilación de acuerdo con su frecuencia natural” (p. 23).

Por lo tanto, el accionamiento funcional de la válvula de admisión genera un pulso de presión negativa denominada depresión, logrando de esta manera las resonancias en el múltiple de admisión. Es correcto afirmar que el periodo de la señal de onda generada por las presiones en el sistema va a depender de la velocidad de apertura de la válvula de admisión.

Figura 6

Ondas de presión en la admisión en base a los grados de giro del cigüeñal



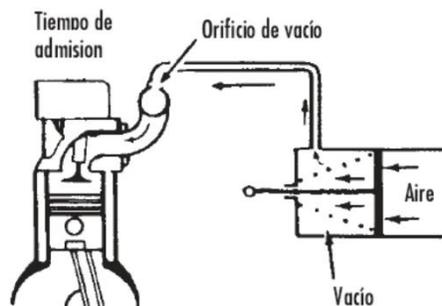
Nota. La figura 6 representa las variaciones de las presiones que existe en un múltiple de admisión los cuales son considerados para un diagnóstico automotriz. Tomado de (Colchado, 2014)

Vacío del motor

La diferencia de presión que se genera en el colector de admisión es conocido como depresión o vacío, esta tiene la característica de tener valores negativos generalmente medido en pulgadas de mercurio, en el motor este fenómeno se encuentra en el interior del múltiple de admisión. (Stevenson, 2017)

Figura 7

Vacío del motor de combustión interna



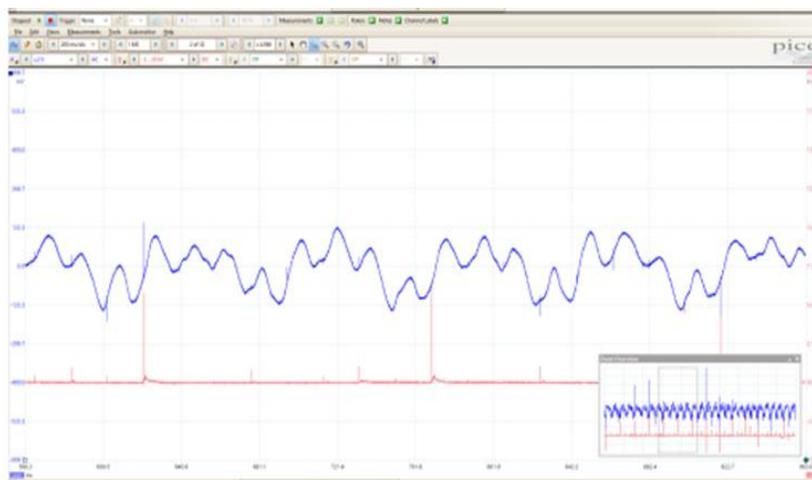
Nota. La presión negativa que se genera en el tiempo de admisión es conocida como depresión o vacío. (Lara, 2013)

Presiones del cárter

En la actualidad es sencillo determinar algún tipo de desgaste mecánico con la medición de las presiones del cárter puesto a que según (Menchu, 2014) considerando “una variación de solamente 1 psi en el cárter, es un indicador de algún tipo de problema en el sistema biela – manivela, sistemas de ventilación de cárter, empaque de cabezote o incluso bloques de cilindros agrietados” (p. 10).

Figura 8

Ondas de presión de los gases del cárter



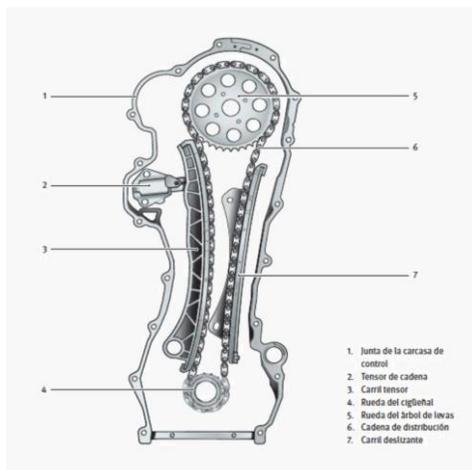
Nota. La figura 7 representa una gráfica obtenida con un osciloscopio de presiones de un cárter. Tomado de (Menchu, 2014).

Sistema de distribución

Para el experto en diagnóstico automotriz (Denton, 2016) el sistema de distribución genera “una sincronía entre el árbol de levas y el cigüeñal de tres maneras posibles como cadena, engranajes o banda, el árbol gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal” (p. 171).

Figura 9

Sistema de distribución



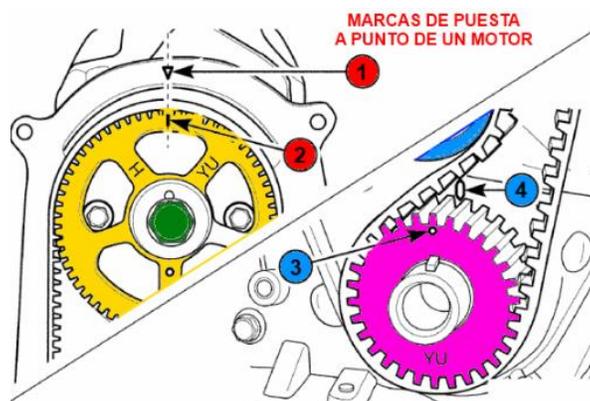
Nota. Sistema de distribución por cadena. Tomado de (RepXpert, 2017).

Sincronía de tiempo de encendido

La ubicación real de los elementos del motor durante el funcionamiento real depende de los factores de diseño del motor, existiendo el avance y retraso de la apertura o del cierre de las válvulas con el objetivo de que los motores sean más eficientes ya que permite que la mezcla aire-combustible y los gases residuales tengan más tiempo de entrada y de salida respectivamente. (Denton, 2016, p.174).

Figura 10

Puesto a punto de distribución



Nota. Para una correcta sincronía del motor es necesario identificar los puntos establecidos por el fabricante. Tomado de (AutoDaewoo, 2018).

Componentes de las herramientas de diagnóstico

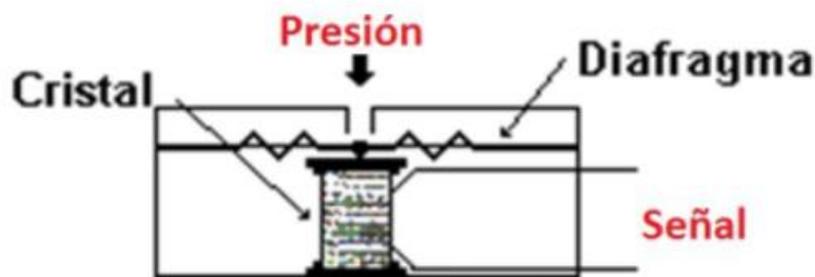
Dispositivo eléctrico piezoeléctrico

Para (Castaño, 2017) los sensores piezoeléctricos “no requieren de una fuente externa ya que estos se encuentran conformado por elementos que transforman la deformación sufrida en una señal eléctrica”.

Este dispositivo tiene la capacidad limitada de recibir variaciones de presiones, si es que esta presión es estática no se genera ningún tipo de señal eléctrica.

Figura 11

Funcionamiento de un elemento piezoeléctrico



Nota. En la figura se puede apreciar la conformación de un sensor piezoeléctrico generada por un cristal que se encuentra de manera interna. Tomado de (Castaño, 2017).

Sensor de pulsos first look

Desde “el inicio del año 2004 hasta la actualidad, un dispositivo de diagnóstico de motores de combustión interna ha tenido una evolución considerable con el objetivo de poder tener una herramienta fácil de usar y precisa en sus resultados” (Technology, 2016, p.36). Este

elemento surgió con el nombre de First Look Diagnostics for Initial Inspection, adoptando varios nombres como:

- First look sensor
- Automotive Pressure Pulse Sensor (PPS)
- Intake manifold sensor

El sensor de pulso de presión no trabaja con la presión estática de un sistema, si no que más bien tiene la capacidad de medir los cambios y variaciones de presión que se encuentren en el sensor, generando así señales eléctricas totalmente medibles.

Las ventajas que presenta este tipo de sensor son:

- Conexión rápida y fácil
- Localización de fallas de encendido a través de los gases de escape
- Detección de fugas en las válvulas del motor
- Verificación de la compresión en los cilindros
- Identificación de fallas en los inyectores
- Comprobación de la sincronización de encendido

El principio de funcionamiento de este tipo de sensores se lo realiza haciendo uso de un elemento piezo eléctrico el cual al recibir una señal de onda generada por la presión positiva y negativa del sistema.

Figura 12

First look



Nota. Herramienta de diagnóstico first look en el sistema de escape. Tomado de (Technology, 2016).

Obtención de señales

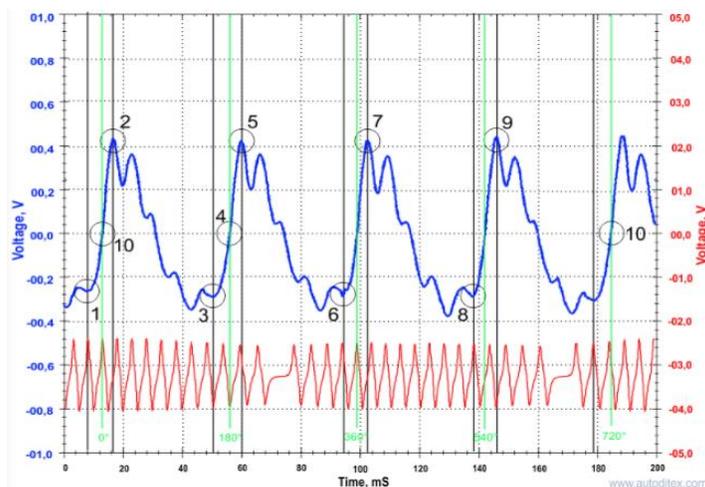
Para la conexión del sensor y obtención de las señales es necesario que el motor se encuentre en ciertas condiciones en específicas para el problema requerido y seguir los siguientes pasos:

- Colocar el sensor en el lugar requerido (sistema de escape, cárter, colector de admisión).
- Conectar el cable de salida de señal del sensor en cualquiera de los canales del osciloscopio.
- Interpretar las señales obtenidas por la interfaz de salida del osciloscopio

Según (Technology, 2016) “el tamaño de los pulsos en las gráficas debe ser del mismo tamaño, forma y período. Para observar si hay algún problema a través del diagnóstico de interpretación de las ondas de señal” (p. 17).

Figura 13

Gráfica obtenida del vacío del múltiple de admisión



Nota. La gráfica de color azul es la resultante del sistema de admisión mientras que la de color rojo es la señal del CKP. Tomado de (Ditex, 2021).

Los puntos que se encuentran en la gráfica representan movimientos específicos del motor tal como:

Punto 1.- Apertura de la válvula de admisión del cilindro 4.

Punto 2.- Cierre de la válvula de escape del cilindro 4.

Punto 3.- Apertura de la válvula de admisión del cilindro 2.

Punto 4.- Punto muerto inferior cilindro 1.

Punto 5.- Cierre de la válvula de escape del cilindro 2.

Punto 6.- Apertura de la válvula de admisión del cilindro 1.

Punto 7.- Cierre de la válvula de escape del cilindro 1.

Punto 8.- Apertura de la válvula de admisión del cilindro 3.

Punto 9.- Cierre de la válvula de escape del cilindro 3.

Punto 10.- Encendido del cilindro 1.

Para conocer el valor de la presión en cada uno de los puntos de la gráfica se considera el voltaje en el que se encuentra, luego se realiza una conversión de voltaje a presión con el datasheet del sensor piezoeléctrico, este indica que oscila entre 0 a 4.5 bares, por lo tanto, se genera la siguiente ecuación.

Ecuación 1

Transformación de voltaje a bares para piezoeléctrico

$$Presión [bares] = 0 + \frac{4.5 - 0}{4.8 - 0} * (voltaje_{grafica} - 0)$$

$$Presión [bares] = voltaje_{grafica} * 0.9375$$

Donde:

- Presión [bares]: valor de la presión de los sistemas en los cuales se realizan las pruebas de diagnóstico, se encuentra en bares.
- Voltaje gráfica: valor del voltaje que se obtiene de la gráfica de la interfaz del osciloscopio expresado en voltios.

Dependiendo del tipo de diagnóstico que se realice, se pueden obtener resultados en algunos problemas mecánicos del motor.

Tabla 4

Posibles problemas en los respectivos sistemas del motor

Condición de Diagnóstico	Ubicación del sensor		
	Escape	Cárter	Colector de admisión
Ralentí	Para revisar: - Posibles fallas de encendido - Posible golpeteo de pistón - Compresión relativa entre cilindros	Para confirmar: - Golpeteo de pistón	Para revisar: - Funcionamiento de las válvulas de admisión - Empaques de cabezote

Nota. La ubicación del sensor determina problemas mecánicos internos.

Transductor de presión

Un transductor de presión es un elemento mecánico que convierte una variación de presión en una señal eléctrica que son fáciles de medir, esta medición puede ser considerada a través de voltaje que a su vez puede ser expresada de manera gráfica con el uso de un osciloscopio. (Ditex, 2021, p. 35)

Figura 14

Transductor de presión



Nota. Sensor transductor de presión de 500 psi. Tomado de (Walfront, 2021)

Selección de transductores de presión

Con la selección adecuada de los transductores de presión se garantiza la precisión en el valor de salida a obtener, para ello se debe tener en consideración siempre los siguientes factores:

- Temperatura de funcionamiento de transductor de presión
- Presión de referencia del transductor de presión
- Campos electromagnéticos
- Vibraciones mecánicas

Una vez considerado ciertos factores, es posible realizar una selección del transductor de presión según su aplicación y especificaciones como:

- Sensibilidad a la presión
- Rango de operación
- Respuesta a la frecuencia
- Sensibilidad a la aceleración

Transductor de presión automotriz para cilindros

También conocido como cylinder pressure transducer, este sensor brinda un análisis de la forma de onda de la presión del cilindro de un motor en donde se determina si la sincronización de la distribución es correcta.

Según (Ditex, 2021) “la presión en el punto muerto superior en un motor fluctúa entre 65 y 90 psi, lecturas inferiores indican problemas mecánicos en el cilindro mientras que valores superiores significa aire adicional en el cilindro” (p. 18).

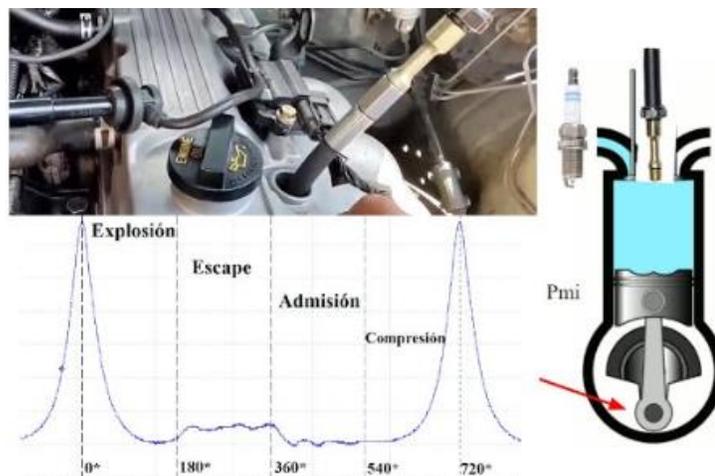
Obtención de señales

Para la conexión del sensor y obtención de las señales es necesario que el motor esté en su temperatura de funcionamiento para luego:

- Colocar el sensor de presión en lugar de la bujía en el cilindro que se desea realizar el diagnóstico.
- Conectar un probador de chispa en el cable desconectado para evitar daños en el sistema de encendido
- Aplicar energía al sensor de presión
- Conectar el cable de salida de señal del sensor en cualquiera de los canales del osciloscopio
- Encender el vehículo y dejarlo al ralentí
- Interpretar las señales obtenidas por la interfaz de salida del osciloscopio

Figura 15

Conexión de transductor de presión



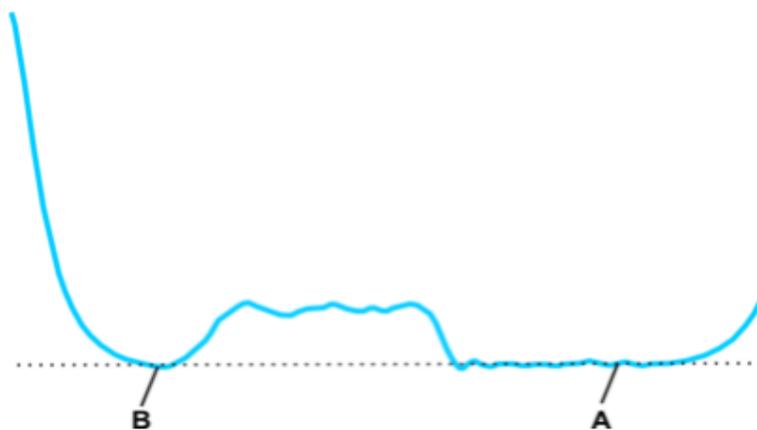
Nota. Se observa que el transductor de presión toma las presiones que se generan en la cámara de combustión del motor. Tomado de (Pico Technology, 2016).

Forma de onda

La condición mecánica del motor se puede deducir observando el patrón del alcance de la diferencia que existe entre las presiones antes y después de la carrera de compresión

Figura 16

Gráfica de funcionamiento normal del motor



Nota. Gráfica obtenida por la compresión electrónica en un motor de combustión interna es lo que representa la figura 12. Tomado de (Ditex, 2021).

Cuando un cilindro funciona de manera adecuada, la presión en el punto A se debe ser aproximadamente igual a la presión del punto B. En el caso de que exista algún tipo de problema mecánico como válvula quemada, segmentos rotos, incorrecta sincronización del árbol de levas, entre otros, la presión en el punto A es más alta debido a que existe fugas de compresión. (Pico Technology, 2016, p. 3)

Para conocer el valor real de la presión que se genera en cada punto de la gráfica, es necesario guiarse con el data sheet del sensor, ya que existen rangos de funcionamiento desde 100 hasta 500 psi, pero el voltaje de salida será proporcional a la presión que siempre se encontrará entre 0.5 a 4.5 voltios.

Interpolación lineal

Según (Conesa, 2011) la interpolación “usa dos puntos específicos como referencia para poder obtener una aproximación lineal de cierta función, estos pueden ser los valores mínimos y los máximos para poder ampliar el rango de valores a obtener” (p. 4).

Generando una fórmula la cual involucra dos puntos de referencia.

Ecuación 2

Ecuación de interpolación

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} * (x - x_1) + y_1$$

Donde:

Y_n: valores iniciales, finales y a obtener según el orden numérico del rango de valores del eje Y.

X_n: valores iniciales, finales y a obtener según el orden numérico del rango de valores del eje X.

Señales gráficas de diagnóstico

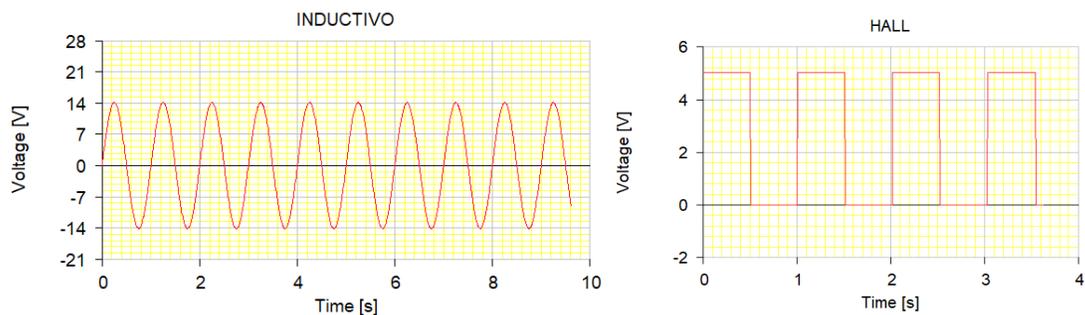
Sensor de posición del cigüeñal

Este sensor según (Vélez, 2018) es “un detector de tipo magnético o de efecto hall, encargado de enviar una señal a la unidad de control electrónica para informar sobre la posición del cigüeñal y las velocidades del motor en RPM” (p.14).

“En ciertos casos una de las señales es más grande que las demás o a su vez el tiempo se extiende, esto con el objetivo de dar a conocer que el cilindro uno se encuentra en el punto muerto superior” (Santander, 2015, p. 46-50).

Figura 17

Gráficas del sensor CKP



Nota. Dependiendo del tipo de sensor de posición se tiene la gráfica correspondiente de un inductivo, así como de tipo de efecto hall.

Sistema de encendido

El sistema de encendido según (Rocha, 2017) las “chispas de alta tensión vienen desde las bobinas con una sincronía generada por una unidad de control electrónica” (p. 20).

Las principales fallas que este sistema puede generar en el motor son:

- Cascabeleo
- Pérdida de potencia
- Inestabilidad
- Motor no enciende

Existen dos sistemas de encendido muy comunes los cuales son el sistema DIS y el de tipo COP.

Sistema de encendido DIS

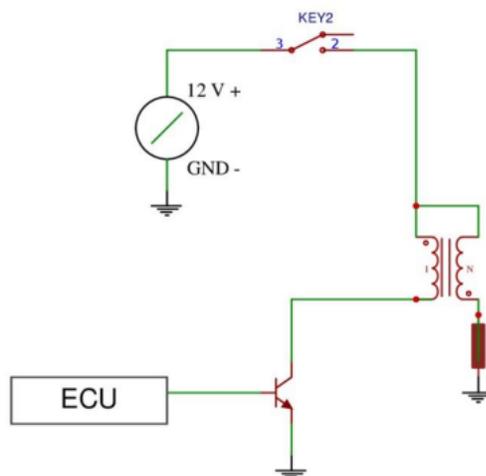
Este sistema tiene la característica de generar “una chispa simultánea que abastece a dos cilindros, es decir, la chispa se produce en dos bujías a la vez” (Bello, 2011, p. 20).

Sistema de encendido COP

La presencia de “una bobina por cilindro montada en cada bujía sin el uso de cables de alta tensión, es posible gracias al sistema de tipo COP ya que el circuito secundario se conecta de manera directa a cada bujía” (Rocha, 2017, p. 43).

Figura 18

Esquema eléctrico de sistema de encendido COP



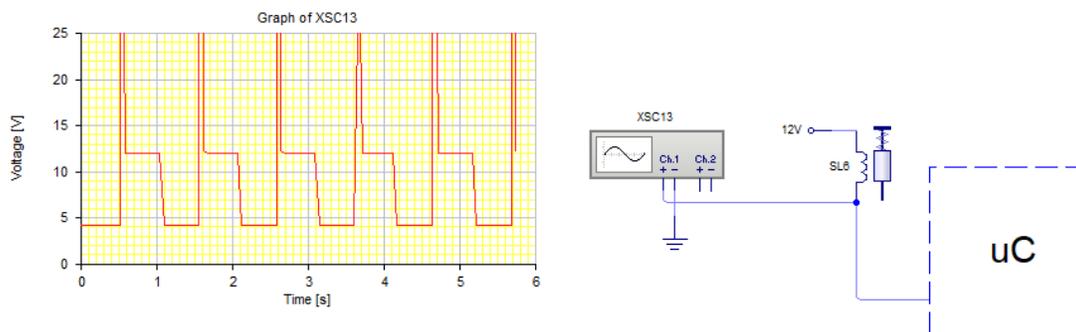
Nota. El bobinado secundario es conectado de manera directa a la bujía de encendido de manera esquemática. Tomado de (Rocha, 2017).

Gráfica del sistema de encendido

El sistema de encendido tiene la característica de presentar una elevación de voltaje debido a que en su estructura se encuentran los bobinados respectivos, según (Larico, 2018) la masa “es generada por un transistor de potencia o un circuito integrado denominado Driver” (p. 40).

Figura 19

Gráfica de bobina de encendido



Nota. La gráfica de la bobina de encendido tiene la característica de presentar picos de voltaje.

La distancia que exista entre una onda a otra va a depender del tipo de sistema de encendido que tenga el vehículo.

Problemas comunes en el motor de combustión interna

Fallas de encendido

El sistema de encendido puede llegar a generar fallas debido a dos cosas que según (Denton, 2017) una puede ser “por la calidad de la chispa y otro factor puede llegar a ser el tiempo de chispa, cuando más fuerte sea la chispa menor será la probabilidad de una falla” (p. 146).

La ausencia de combustible o la abundancia de este también es un factor que afecta al encendido y genera la detección del contador de misfire, teniendo como resultado el encendido del check engine.

Figura 20

Luz de advertencia check engine.



Nota. Encendido de luz mil check engine generado por misfire. Tomado de (AutoDaewoo, 2018).

Golpeteo de pistón

El juego que existe entre el pistón y las paredes del cilindro “tiene una medida definida según el fabricante que va entre 0.001 a 0.004 pulgadas” (Crouse, 2010, p. 125).

Para (Billiet, 2013) el golpeteo del pistón se genera cuando “la holgura existente en el pistón es muy dimensionado, generando una súbita inclinación del pistón en el cilindro cuando empieza el proceso de expansión” (p. 134).

Figura 21

Daños en segmentos de pistón



Nota. El desgaste del pistón en el área de los rines se debe a una cantidad excesiva de combustible. Tomado de (Rheinmetal, 2018).

Soplado de empaque de culata

El empaque de cabezote según (TOP, 2020) es “un elemento anillado metálico o de distintos materiales que tiene como función el sellar la cámara de combustión y evitar que los fluidos del motor se filtren al cilindro” (p. 1).

Los posibles síntomas que indican que existe un soplado de empaquetadura son:

- Falta de potencia en motor
- Inestabilidad del motor
- Sobre calentamiento
- Filtración de refrigerante en el sistema de lubricación

Figura 22

Empaque de cabezote roto entre los anillos



Nota. Cuando existe una fisura del empaque entre anillos, la compresión de ambos cilindros disminuye y la comparten. Tomado de (Top,2020).

Sincronía incorrecta del sistema de distribución

Lo evidente en un calado incorrecto de la distribución de un motor es la notable pérdida de prestaciones, considerando que la variación sea solamente de un eslabón o diente de engranaje, porque si existe una variación grande se generan averías graves como válvulas dobladas u orificios en la cabeza del pistón. (Reynasa, 2020, p. 1)

Figura 23

Sincronía incorrecta



Nota. En la figura se presenta una variación de un diente en la polea del árbol de levas.

Tomado de (Forocoches, 2015).

Vehículos más vendidos en el medio

En medio automotriz de Ecuador se encuentran varios vehículos que tienen cierta prioridad ya sea por algún modelo o marca en específico. Según (El Universo, 2022) el “porcentaje de la compra de los vehículos nuevos en Ecuador crece en base a las facilidades que oferta cada marca”

Figura 24

Marcas de vehículos más vendidos en el país

Marcas con más ventas en Ecuador		
Posición	Marca	Logo
1	Chevrolet	
2	Kia	
3	Hyundai	
4	Great Wall	
5	Toyota	
6	Nissan	
7	Volkswagen	

Nota. La posición de las marcas involucra tanto vehículos nuevos como usados. Tomado de (El Universo, 2022).

Características de componentes electrónicos

Regulador de voltaje

Para (Velazquez, 2021) los reguladores de voltaje son “dispositivos electrónicos que logran una tensión de voltaje constante teniendo una entrada de voltaje variable o mayor a la salida, los que tienen una entrada y salida de corriente continua son denominados reguladores DC - DC” (p. 3).

Existen fabricantes que elaboran este tipo de reguladores y son de fácil uso ya que tienen la opción de variar el voltaje de salida a través del uso de un potenciómetro. El más común en el medio es el de la marca Drok.

Figura 25

Regulador de voltaje variable



Nota. El regulador de voltaje presenta una identificación del cableado a través de colores.

Tomado de (DROK, 2020).

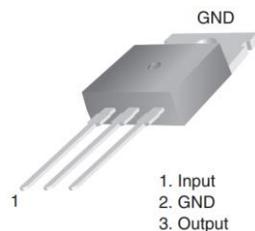
Uno de los elementos principales de un regulador de voltaje es el circuito integrado 7805, los fabricantes de este componente electrónico recomiendan en su instalación varios elementos como son:

- Capacitores electrolíticos
- Capacitores cerámicos
- Diodo

La numeración de los pines del circuito integrado es muy importante para la instalación del mismo.

Figura 26

Identificación de pines de 7805

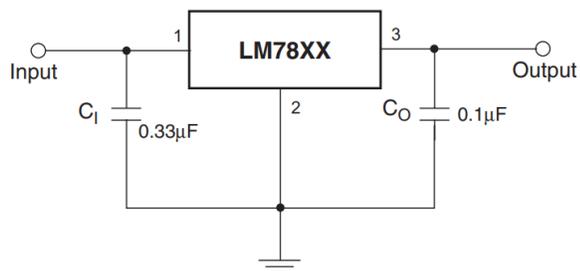


Nota. Los pines de entrada, masa y salida de voltaje se identifican en el datasheet del componente.

La conexión según (Fairchild, 2015) recomienda que “el uso de capacitores es favorable para que el voltaje sea estable y con reducción de ruidos” (p. 5).

Figura 27

Conexión de 7805 como regulador



Nota. El valor de la capacitancia va a depender del tipo de circuito y del fabricante.

Disipación de calor

La energía se disipa en forma de calor y esto es reflejado en la diferencia que existe en la entrada y la salida de voltaje, mientras mayor diferencia exista, habrá más disipación de calor. (Gallegos, 2015, p.)

La potencia de disipación de calor para un circuito integrado simple es de 3 W, con ello se puede realizar un cálculo en base a los voltajes de entrada y salida para verificar que la corriente aplicada no supere el valor de 1 A. “Entre el consumo de los demás elementos hay un 70% de uso de la corriente máxima en un regulador de voltaje “(Fairchild, 2015, p. 10).

Ecuación 3

Ecuación de corriente máxima

$$I_{m\acute{a}x} \leq \frac{Potencia_{m\acute{a}x}}{V_{in} - V_{out}} * 0.70$$

Donde:

I_máx: Intensidad máxima de todo el circuito (Amperios)

Potencia_máx: Potencia de disipación de calor (Watts)

V_in: Voltaje de entrada (Voltios)

V_out: Voltaje de salida (Voltios)

Transductor de presión

Este sensor tiene “una protección completa de sobretensión, brindando una seguridad para la herramienta de diagnóstico. La funcionalidad recomendada es para medición de presión de aceite, combustible, diésel, gas, agua, aire y en tanques o reservorios” (Walfront, 2021, p.1)

Figura 28

Transductor de presión Walfront



Nota. El transductor de presión de 500 psi que se aplica en la herramienta de diagnóstico.

Tomado de (Walfront, 2021)

Sensor piezoeléctrico

Existen varios tamaños de este tipo de sensor, pero según (Gitty, 2022) la selección de este “depende del uso y del espacio en donde se vaya a ubicar ya que generalmente todos los sensores piezoeléctricos se encuentran en el mismo rango de operación” (p. 1).

Figura 29

Sensores piezoeléctricos



Nota. El sensor piezoeléctrico tiene el cableado soldado en su estructura. Tomado de (Gitty, 2022).

Capítulo III

Diseño y modelación del sistema de diagnóstico

Levantamiento de requerimientos

Los requerimientos necesarios para la herramienta de diagnóstico de first look y de transductor de presión se los considera en base a los parámetros generales de los motores de combustión interna, así como las características y rangos límites de cada uno de los elementos.

Tabla 5

Requerimientos para el prototipo de first look

Requerimientos para la construcción de sensor first look (prototipo)		
Descripción	Cantidad	Característica
Sensor piezoeléctrico 4334	1	4.5 V. salida máx.
Manguera R6 1/4"	20 cm	260 PSI
Acople B2 de 1/8" x 1/4"	1	Bronce
Conector BNC hembra	1	40x14 mm
Tapón HH polimex	1	6 cm
Tapón HH PCVP	1	Tipo Lasco
Acoples hembra y macho 1/2"	1	PVC
Cable BNC	50 cm	-



Nota. Los requerimientos son establecidos para el prototipo de ensayos.

Tabla 6

Requerimientos para el prototipo de transductor de presión

Requerimientos para la construcción de transductor de presión (prototipo)		
Descripción	Cantidad	Característica
Sensor Walfront P265	1	500 psi
Regulador de voltaje Drok 2203 ADJ	1	8-22 V / 1-15 V (entrada/salida)
Manguera R1 de 1/4"	50 cm	1200 psi
Reductor B3	1	M14x1.25x1/4"
Reductores hembra y macho	1	M14x1.25



Nota. Los requerimientos son establecidos para el prototipo de ensayos.

Especificación de componentes electrónicos

Sensor Piezoeléctrico 4334

El sensor piezoeléctrico tiene un diámetro de 27 mm, soporta temperaturas de hasta 700 °C, genera su propio voltaje hasta un rango de 2.5 voltios.

Figura 30

Sensor piezoeléctrico de la marca Gitty



Nota. El sensor tiene una soldadura de sus terminales positivo y negativo.

El sensor de la marca Gitty presenta las siguientes características.

Tabla 7

Características de sensor piezoeléctrico

Sensor piezoeléctrico 4334	
Característica	Valor
Diámetro de placa	20 mm
Diámetro de diafragma	14 mm
Grosor	42 mm
Longitud del cable	50 mm
Frecuencia resonante	6.3 kHz
Resonancia de impedancia	1000 ohmios
Capacitancia	10.0 kHz

Nota. Las características del sensor piezoeléctrico generan la información necesaria para el uso adecuado del mismo. Tomado de (Gitty, 2022)

Transductor de presión Walfront P265

Este sensor fue considerado en base al rango de presiones que maneja ya que en los motores Diesel se puede encontrar valores hasta de 400 psi o superior, varias de sus aplicaciones indican que puede ser utilizado con combustible, aceite y aire.

Figura 31

Transductor de presión Walfront P265



Nota. Transductor apto para medir presiones de diesel y gasolina.

Tabla 8

Especificaciones del sensor transductor de presión

Sensor de presión capacitivo Walfront P265	
Característica	Valor
Rango de presiones	0 – 500 psi
Presión de rotura	1000 psi
Voltaje de alimentación	4.50 – 5.50 Vdc
Corriente de alimentación	5 mA (Max)
Tiempo de respuesta	15 ms en cada cambio de presión
Voltaje de salida con presión nula	0.50 ±0.08 Vdc
Voltaje de salida con presión máxima	4.50 ±0.08 Vdc
Temperatura de funcionamiento	-40 °C a 200°C
Peso	100 gramos
Rosca	1/8" NPT

Nota. La tabla 5 expresa las características que tiene el sensor de transductor de presión que se va a utilizar en el prototipo de la herramienta de diagnóstico. Tomado de (Kavlico, 2019)

Regulador de voltaje variable Drok 2203ADJ

Este regulador de voltaje tiene la capacidad de generar una regulación en el voltaje de salida entre un rango de 1 a 15 Voltios en corriente continua, este fue utilizado en los ensayos de pruebas de cada vehículo con un voltaje de salida estable de 5 V.

Tabla 9

Regulador de voltaje variable



Nota. La coloración del cableado indica la entrada y la salida del voltaje.

Tabla 10

Especificaciones el regulador de voltaje

Regulador de voltaje Drok 2203ADJ	
Característica	Valor
Dimensiones	34 x 25 x 20 mm
Voltaje de entrada	8 – 22 Vdc
Voltaje de salida	1 – 15 Vdc (regulable)
Corriente de salida	3 A (Max)
Temperatura de funcionamiento	-20 °C a +60 °C

Nota. Las especificaciones del regulador de voltaje para que la herramienta de diagnóstico.

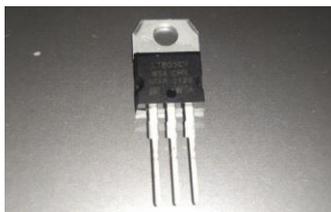
Tomado de (DROK, 2020)

Regulador 7805

El regulador 7805 es considerado uno de los componentes principales del regulador de voltaje para el productor final ya que se trabaja con una corriente de 1 A proveniente de una fuente de energía acumulada de 9 V.

Figura 32

Regulador 7805



Nota. El componente cuenta con 3 pines los cuales representan la entrada, masa y salida de voltaje.

Tabla 11

Especificaciones el regulador 7805

Regulador 7805	
Característica	Valor
Temperatura de operación	-40 °C a 125 °C
Voltaje de entrada	5 – 18 Vdc
Voltaje de salida	5 Vdc
Corriente de salida	5 mA a 1A

Nota. Especificaciones del regulador de voltaje 7805. Tomado de (Fairchild, 2008).

Cable BNC

El cable BNC es utilizado para la transmisión de datos desde los respectivos sensores hacia los canales el osciloscopio, su conexión sencilla hace posible una instalación rápida de los componentes al momento de realizar el diagnóstico respectivo.

Figura 33

Cable BNC



Nota. Este tipo de cable se lo puede fabricar de manera manual con el uso de un cable coaxial.

Tomado de (Torres, 2011).

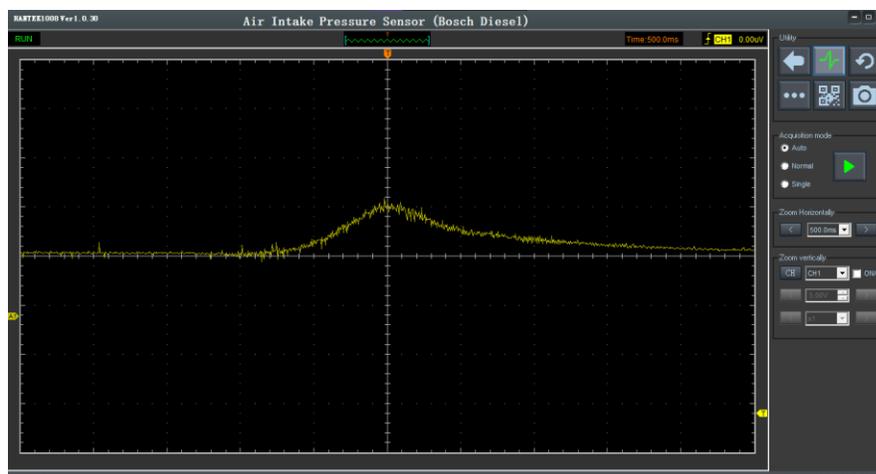
Especificación de programas de apoyo

Interfaz de osciloscopio Hantek 1008c

El equipo en el cual se realizó toda la calibración correspondiente para la recepción de ondas de señal es el Hantek 1008c. Esta herramienta cuenta con una interfaz amigable la cual se proyecta a través de un computador para poder tener un control de todos los parámetros característicos de un osciloscopio. Una de las características que destaca es la capacidad de poder guardar el documento base, así como la captura de las gráficas generadas.

Figura 34

Interfaz de osciloscopio Hantek 1008c



Nota. La interfaz del osciloscopio brinda la facilidad de realizar capturas de los valores en vivo que se reciben.

Pressure Waveform Overlays

En este programa es posible realizar los respectivos análisis de las formas de onda gracias a la opción de superposición de regletas con división en grados, tablas de orden de encendido, identificación de cilindros y etiquetas. Una ventaja es su

adquisición ya que Windows lo ofrece de manera gratuita para todos sus sistemas operativos.

Figura 35

Interfaz del software pressure waveform overlays



Nota. Este programa está enfocado para el campo automotriz y Microsoft lo ofrece como un complemento gratuito para Windows.

Especificación de valores de calibración en osciloscopio

Para realizar el diagnóstico correspondiente, es necesario tener en cuenta la calibración del osciloscopio, con el objetivo de tener una onda de señal clara y capaz de ser sometida a una interpretación y análisis.

First Look

Tabla 12

Calibración de first look en los respectivos sistemas del motor

First look			
Característica	Escape	Admisión	Cárter
Eje Y de la señal de referencia	2V/div	2 V/div	2 V/div

Característica	Escape	Admisión	Cárter
Eje Y de la señal de first look	500 mV/div	500 – 100 mV/div	500 – 200 mV/div
Eje X	100 ms/div	100 ms/div	100 ms/div

Nota. Valores a utilizar en las respectivas pruebas, estos pueden variar en base al modelo del vehículo

Transductor de presión

Tabla 13

Calibración de osciloscopio con el transductor de presión

Transductor de presión		
Característica	Motor Gasolina	Motor Diésel
Eje Y	100-200 mV/div	200-500 mV/div
Eje X	50-100 ms/div	50-100 ms/div

Nota. Valores a utilizar en los respectivos motores, estos pueden variar en base al modelo del vehículo.

Vehículos seleccionados para los ensayos de pruebas

Con los datos expresados de la venta de vehículos en Ecuador, se realizó una selección de los modelos de las marcas consideradas como más vendidas y se identifica el cilindraje de motor, número de cilindros, orden de encendido y tipo de sistema de encendido.

Tabla 14

Vehículos seleccionados para pruebas seleccionados

Vehículos seleccionados para los ensayos experimentales						
Marca	Modelo	Año	Cilindraje	N° de cilindros	Orden de encendido	Sistema de encendido/inyección
Chevrolet	Spark	2012	1.2	4	1-3-4-2	Chispa perdida
Chevrolet	Spark GT	2018	1.2	4	1-3-4-2	Chispa perdida
Chevrolet	Sail	2015	1.4	4	1-3-4-2	COP
Chevrolet	Captiva LTZ	2019	1.5	4	1-3-4-2	COP
Chevrolet	Aveo Activo	2015	1.6	4	1-3-4-2	Chispa perdida
Haval	M4	2018	1.5	4	1-3-4-2	COP
Hyundai	Tucson	2015	2.0	4	1-3-4-2	COP
Hyundai	Terracan	2005	2.5	4	1-3-4-2	Inyección Diesel
Kia	Río Stylus	2007	1.6	4	1-3-4-2	Chispa perdida
Nissan	Versa	2018	1.6	4	1-3-4-2	COP
Hino	Dutro 616	2020	4.0	4	1-3-4-2	Common Rail

Nota. Los vehículos presentan una variación en el tipo de sistema de encendido.

Construcción de prototipo first look

Considerando los requerimientos y componentes de la herramienta de diagnóstico se genera un procedimiento para la construcción del equipo first look. Este prototipo tiene la finalidad de verificar el funcionamiento y precisión de la herramienta.

Se ha generado una serie de pasos a seguir para obtener un prototipo correctamente armado.

Tabla 15

Construcción del prototipo First Look

Procedimiento para la construcción de la herramienta First Look

- 1** Se realizó una perforación al tapón HH polimex con una broca de 8 mm, logrando que el conector hembra BNC se acople en la superficie.



- 2** Se perforó en el centro del tapón HH PVC tipo lasco con una broca de 1/4" con el objetivo de que la manguera R6 pase hasta el otro extremo y el acople B2 de 1/8"x1/4" genere un ajuste en el orificio.



- 3** Con la ayuda de pegamento de Ciano acrilatos se adhiere el sensor piezoeléctrico en el interior del terminal hembra de lasco, evitando de que el cableado tenga algún tipo de obstrucción.



- 4** Se cortó tubo PVC de 1/2" con una distancia de 5 cm con el objetivo de generar un acople rápido a presión entre el tapón HH y el acople hembra de lasco, a su vez se instala el cableado del sensor a los respectivos pines del conector BNC, respetando el color del cableado y la simbología existente.



- 5** Finalmente se acoplan los elementos observando que el cableado no se vea obstruido para evitar roturas en el mismo.



- 6** Como complemento final se conecta el cable BNC para tener una herramienta de fácil instalación.



Construcción de prototipo de transductor de presión

Para la elaboración de este prototipo se necesitó componentes que soporten altas presiones debido a que no puede existir fugas de ningún tipo ya que de lo contrario el diagnóstico será erróneo.

El procedimiento se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 16

Construcción de prototipo de transductor de presión

Procedimiento para la construcción de transductor de presión	
1 Se realizó un corte de 50 cm de manguera R1 de 1/4"	
2 A través de un prensado de mangueras hidráulicas se logra hacer una unión entre el reductor B3 de un lado y del reductor hembra-macho M14x1.25 por el otro extremo de la manguera	
3 El sensor Walfront P265 se acopla en el reductor B3, asegurándose de que el apriete sea el necesario para que no existan fugas de presión.	
4 Haciendo uso del Datasheet del sensor, se identifica el cableado con su respectiva alimentación positiva, masa y la señal.	
5 Con el regulador de voltaje variable se alimenta al sensor de presión con su respectivo cableado de alimentación y negativo, mientras que el cable de señal se lo conecta de manera directa para el osciloscopio.	

Nota. Para la instalación eléctrica se debe considerar mucho la instalación del cableado ya que de lo contrario el sensor de presión podría sufrir averías.

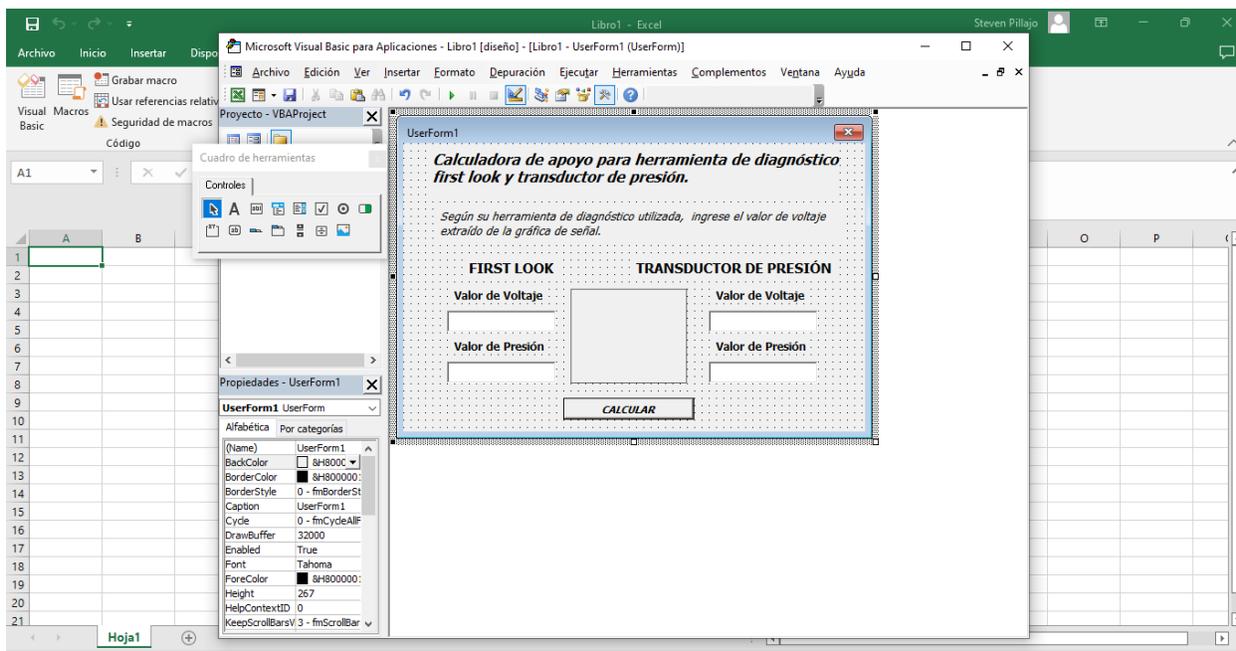
Elaboración de calculadora en Excel

Con el objetivo de generar un análisis y diagnóstico en el menor tiempo posible, se ha elaborado una calculadora capaz de realizar la conversión de voltaje a presión, haciendo uso del apartado de Visual Basic de Excel en donde una interfaz de fácil manejo se presenta en la pantalla del computador.

En el apartado de programador y en la opción de Visual Basic se diseña según la conveniencia los textos necesarios en donde se detallan los lugares para ingresar los valores obtenidos de voltaje con los respectivos botones que realizan el cálculo de manera instantánea.

Figura 36

Diseño de interfaz de la calculadora

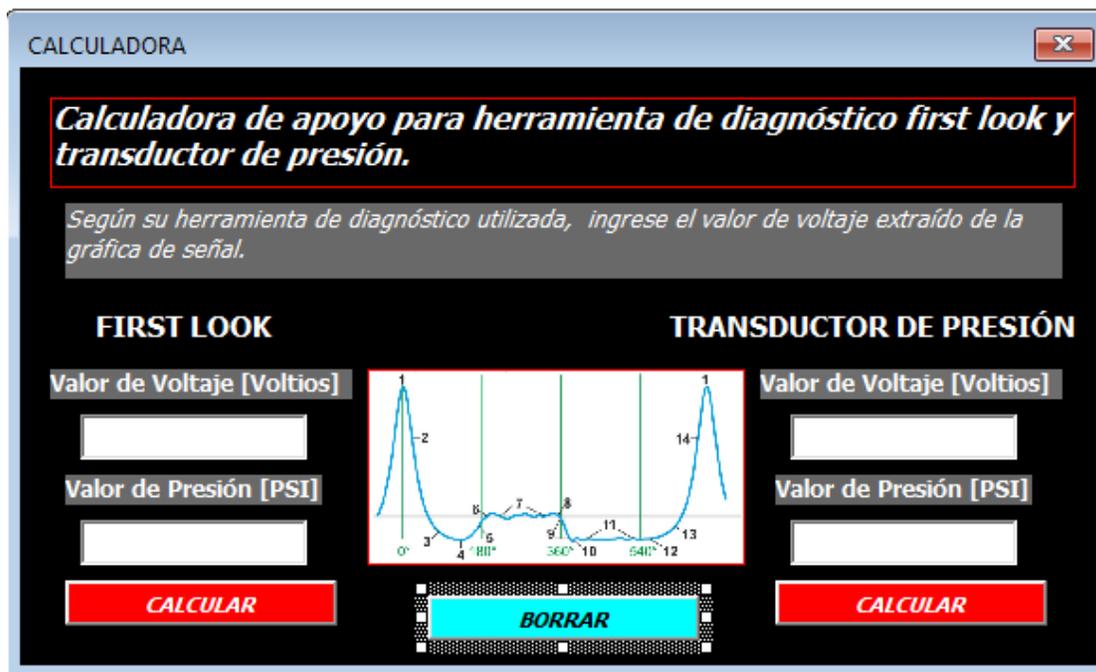


Nota. En la interfaz se puede modificar la posición y tamaño de los cuadros de texto, así como de los botones de acción.

Una vez ya terminado la estructura de la interfaz, se tiene como resultado el recuadro que se presenta en la siguiente figura, en ella se puede apreciar los textos guías que ayudan al usuario a tener una guía del ingreso de datos.

Figura 37

Interfaz de la calculadora de voltaje a presión



CALCULADORA

Calculadora de apoyo para herramienta de diagnóstico first look y transductor de presión.

Según su herramienta de diagnóstico utilizada, ingrese el valor de voltaje extraído de la gráfica de señal.

FIRST LOOK

Valor de Voltaje [Voltios]

Valor de Presión [PSI]

CALCULAR

TRANSDUCTOR DE PRESIÓN

Valor de Voltaje [Voltios]

Valor de Presión [PSI]

CALCULAR

BORRAR

Nota. En la interfaz se aprecia los espacios existentes para introducir texto con sus respectivas instrucciones.

Para la programación de los botones de acción de nombre CALCULAR, se necesitó primero tener las ecuaciones ya definidas para que la interfaz pueda generar los cálculos necesarios.

Para el cálculo de la presión de la herramienta first look se hizo uso de la ecuación 1 ya que esta contiene como variable independiente al voltaje de la gráfica, sin embargo, la expresión está definida en bares y por efecto de conveniencia se transforma a PSI.

$$\text{Presión [bares]} = \text{voltaje}_{\text{grafica}} * 0.9375$$

$$1 \text{ bar} = 14.5038 \text{ psi}$$

$$\text{Presión [PSI]} = \text{voltaje}_{\text{grafica}} * 0.9375 * 14.5038$$

$$\text{Presión [PSI]} = \text{voltaje}_{\text{grafica}} * 13.597$$

En el cálculo de la herramienta de transductor de presión se realizó una interpolación con los valores que el fabricante define en relación al voltaje y la presión que el sensor alcanza, para ello se utilizó la ecuación 2 y se resuelve la expresión hasta tenerla en su manera más simplificada posible.

Los valores que el fabricante especifica son:

Tabla 17

Relación de voltaje-presión de transductor de presión

Valores de relación voltaje-presión	
Voltaje (Voltios)	Presión (PSI)
0.5	0
4.5	500

Nota. Estos valores son extraídos de la ficha técnica del sensor de presión.

Con los valores ya definidos se reemplaza en la expresión y se la simplifica en lo que más se pueda.

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} * (x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{500 - 0}{4.5 - 0.4} * (x - 0.4) + 0$$

$$y = 121.95 (x) - 121.95(0.4)$$

$$y = 121.95 x - 48.78$$

$$\text{Presión (psi)} = 121.95 (\text{Voltaje}_{\text{gráfica}}) - 48.78$$

Una vez ya obtenidas las expresiones, se procede a generar el código de programación en el apartado modificación de comandos de Visual Basic, teniendo como resultado lo siguiente.

Figura 38

Código de programación de interfaz de calculadora

```
Private Sub borrar_Click()
    presionF = ""
    presionT = ""
    voltajeF = ""
    voltajeT = ""
End Sub
```

```
Private Sub calcularF_Click()
    presionF = voltajeF * 13.597
End Sub
```

```
Private Sub calcularT_Click()
    presionT = (voltajeT * 121.95) - 48.78
End Sub
```

Nota. Se define las operaciones a realizar con los respectivos botones de calcular, así como el botón de borrar.

Con el código de programación ya definido se ejecutó el programa para verificar que este funcione y con la ayuda de una calculadora externa se corroboró de que los valores generados sean los correctos.

Diseño de regulador de voltaje

El circuito electrónico que se diseñó fue en base al requerimiento de tener como fuente de salida un voltaje de 5 V con una corriente de máximo 0.6 Amp. Con la ayuda del regulador

LM7805 se empieza a generar los cálculos correspondientes en base a la potencia de disipación de calor. Utilizando la ecuación 3.

$$I_{m\acute{a}x} \leq \frac{Potencia_{m\acute{a}x}}{V_{in} - V_{out}} * 0.70$$

Considerando el datasheet del regulador se sabe que la Potencia de disipación de calor sin un disipador es de 3 Watts. Los voltajes requeridos son los siguientes.

V_{in}. - Voltaje de la batería 9V.

V_{out}. – Voltaje de salida requerido 5 V.

$$I_{m\acute{a}x} \leq \frac{3 W}{9 V - 5V} * 0.70$$

$$I_{m\acute{a}x} \leq (0.75) * 0.70$$

$$I_{m\acute{a}x} \leq 0.525 \text{ Amperios.}$$

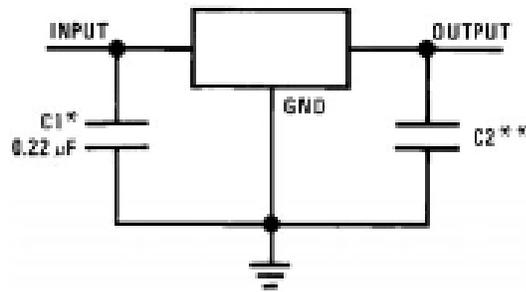
$$0.525 < 0.6 \text{ Amperios.}$$

Con el valor obtenido se corrobora que la corriente a la cual se va a trabajar con el regulador LM7805 se encuentra dentro de lo requerido.

Lo siguiente fue utilizar como referencia la instalación que recomienda el fabricante para el uso de un regulador de voltaje de 5V, haciendo uso de capacitores cerámicos como electrolíticos.

Figura 39

Conexión recomendada por fabricante



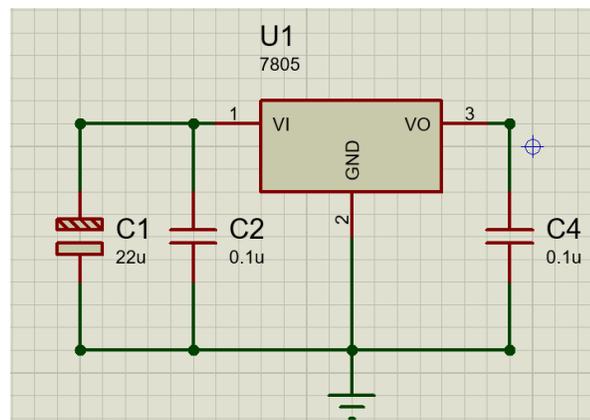
Nota. Los valores del capacitor C2 recomienda en un valor de 0.1 uF cerámicos.

Según el fabricante el uso del capacitor C2 tiene un fin el cual es atenuar el voltaje que atraviesa antes de llegar a los componentes electrónicos, por lo tanto, se considera hacer uso de otro capacitor cerámico con las mismas características en el apartado del voltaje de entrada.

Generando el siguiente circuito en el programa Proteus Profesional 8.

Figura 40

Diseño de regulador de voltaje



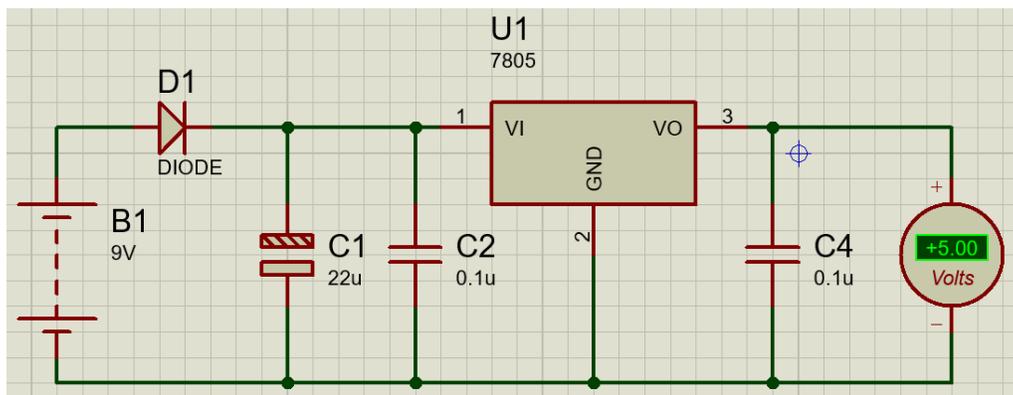
Nota. El circuito fue elaborado considerando la recomendación del fabricante.

Como método de protección se hace uso de un diodo rectificador en el apartado del voltaje de entrada para evitar que existan cortos circuitos al momento de hacer una conexión

errónea con la fuente de energía. Ya con los elementos seleccionados se procede hacer una simulación de funcionamiento del circuito en el programa Proteous.

Figura 41

Simulación del circuito de regulador de voltaje.

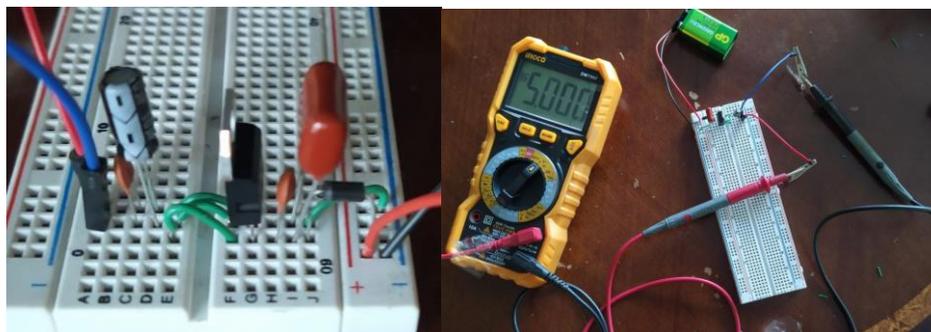


Nota. La simulación se la hace en base a los valores reales de los componentes.

Como parte de corroboración y verificación se armó el circuito haciendo uso de un protoboard, el objetivo es el de observar el voltaje de salida real que se obtiene.

Figura 42

Circuito base de regulador de voltaje armado con componentes reales



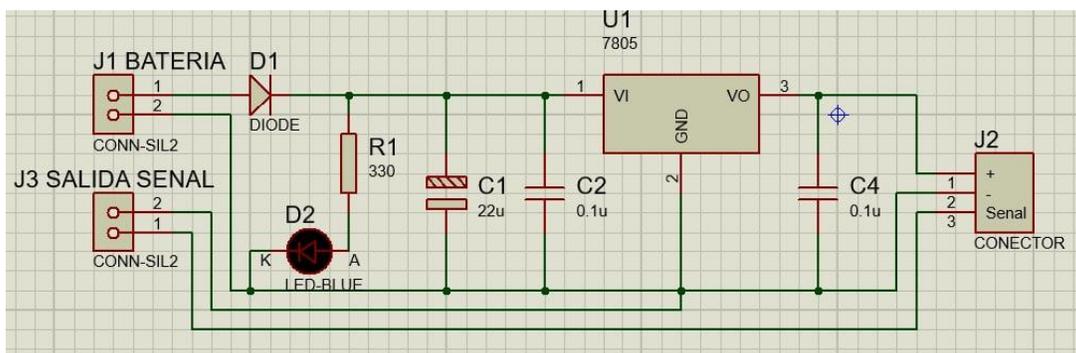
Nota. El voltaje de salida es el requerido de 5 V.

Una vez verificado el funcionamiento del circuito, se procede a diseñar el circuito en el mismo software anteriormente utilizado, pero con una proyección hacia una impresión de tipo PCB. Para ello se hizo uso de diodo led para el aviso de encendido, una resistencia de 330

ohmios para evitar daños en el led de aviso y borneras para identificar los canales de los componentes.

Figura 43

Circuito esquemático de regulador de voltaje

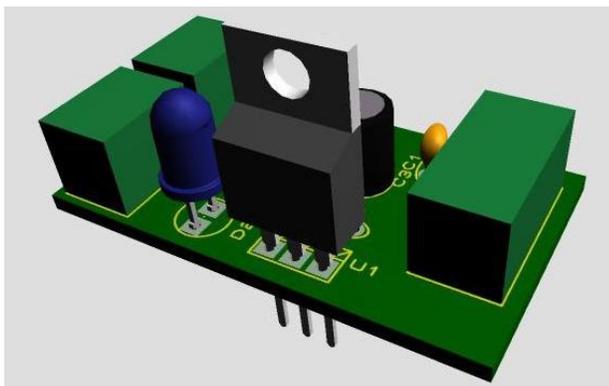


Nota. En este circuito esquemático se aprecian todos los componentes a utilizar para posterior exportarlo en formato PCB.

El software Proteus brinda la opción de tener una previsualización en 3D del circuito elaborado, con esta ayuda se tiene una idea de la posición real de los componentes.

Figura 44

Visualización previa en 3D del circuito diseñado



Nota. Los bornes no existen en la librería del Proteus Profesional 8 por lo cual se reemplazó con cubos de color verde para la visualización en 3D.

Los componentes electrónicos seleccionados para proceder con un prototipo físico fueron los siguientes.

Tabla 18

Elementos electrónicos para el circuito de regulador de voltaje

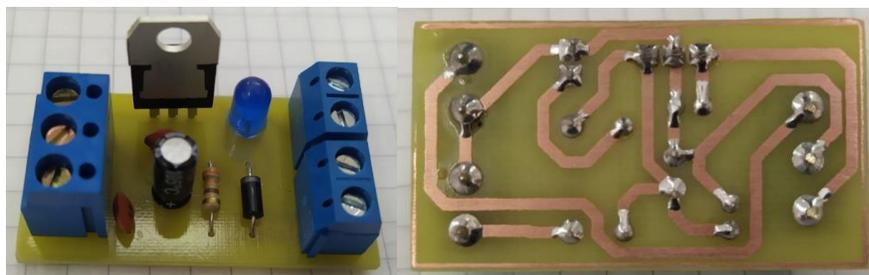
Elementos para el regulador de voltaje		
Componente	Cantidad	Característica
LM 7805	1	Corriente máx. 0.6 Amp.
Diodo Led	1	Color azul
Resistencia	1	330 ohmios
Capacitor electrolítico	1	22 uF
Capacitor cerámico	2	0.1 uF
Diodo	1	1 Amp
Bornera	1	3 pines
Bornera	2	2 pines

Nota. Los elementos seleccionados fueron considerados en base al diseño inicial en el software.

Una vez definido el circuito este se imprime a través del uso de la máquina CNC para lograr líneas bien definidas y de un solo grosor, luego se realiza las perforaciones con el objetivo de que los componentes ingresen en su sitio y ser fijadas con soldadura hasta lograr un circuito final ya elaborado.

Figura 45

Circuito del regulador de tensión terminado



Diseño de producto final de la herramienta de diagnóstico

Conjunto fuente de voltaje

Con el circuito de tensión ya terminado se consideran más elementos para poder construir un conjunto de fuente de voltaje y de pines para obtención de señal del sensor de transductor de presión. Para ello se hizo uso de los siguientes componentes.

Tabla 19

Componentes para conjunto de fuente de voltaje

Componentes para conjunto fuente de voltaje		
Elemento	Cantidad	Gráfico
Circuito de regulador de tensión	1	
Interruptor de dos posiciones	1	
Caja plástica desmontable de 10x7x4 cm	1	
Conectores para banana hembra	2	
Porta baterías tipo cartucho	1	
Diodo led rojo	1	

Elemento	Cantidad	Gráfico
Batería de 9 V	1	
Socket hembra de 3 pines	1	

Con los elementos ya definidos se procede al ensamblaje de los componentes según el siguiente orden.

Tabla 20

Procedimiento para construcción de transductor de presión

Procedimiento para la construcción de transductor de presión	
1	Dimensionar a la porta baterías y realizar el corte en la caja plástica con el objetivo de que este se acople con exactitud en la parte inferior, con ayuda de silicón se obtiene una fijación estable.
2	Haciendo uso de silicón se ubica al circuito del regulador de voltaje en la parte inferior de la caja plástica, procurando de la placa con los componentes electrónicos se mantenga fijo.
3	Se realizó una perforación con las dimensiones del conector hembra de 3 pines y se lo fija con la ayuda de silicón.
4	En el lateral de la parte superior de la caja plástica se perforó con las dimensiones adecuadas y se ubican los conectores para banana hembra y el interruptor de 2 posiciones.

Procedimiento para la construcción de transductor de presión

- 5 Se ubica al diodo led de color rojo en la parte superior de todo el conjunto, logrando un indicador muy visible.



- 6 Finalmente se realiza la conexión del cableado a través de las borneras ubicadas en el circuito del regulador y se inserta la batería de 9 v para verificar su funcionamiento.

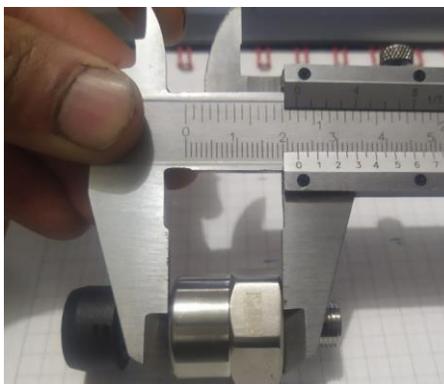
***Producto final de la herramienta de diagnóstico***

El producto final es la unificación de las dos herramientas de diagnóstico utilizadas como prototipo en la siguiente investigación, con el objetivo de que el técnico pueda tener al alcance un dispositivo comprimido y muy útil para los diagnósticos del vehículo.

El dimensionamiento de los elementos utilizados se lo realizó haciendo uso de un calibrador pie de rey para posteriormente ir realizando bosquejos de posibles diseños en donde todos se acoplen de la mejor manera posible.

Figura 46

Dimensionamiento de componentes

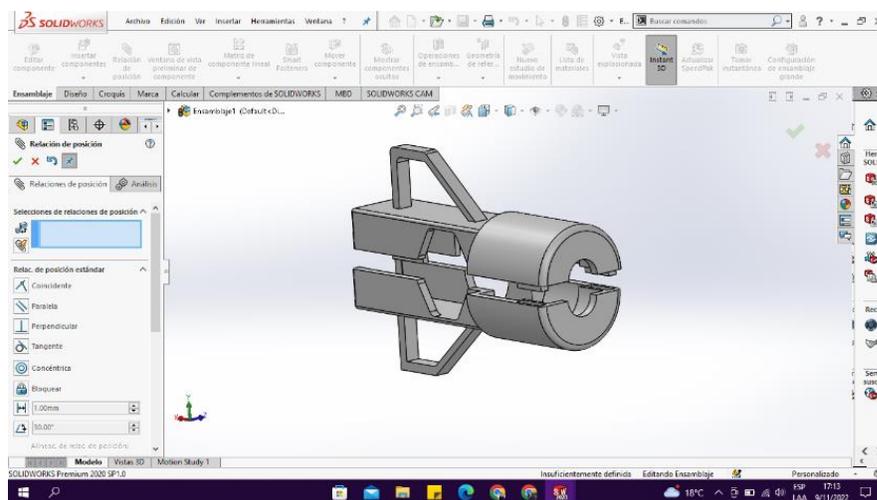


Nota. El dimensionamiento de cada elemento debe ser exacto para obtener una impresión del producto bien definida.

Con las medidas correspondientes se procedió a realizar un diseño del producto final en el software Solid Works, se lo diseñó en dos partes y con la ayuda del modo ensamble se logró un vistazo en 3D de cómo sería la herramienta de diagnóstico.

Figura 47

Diseño de carcasa del producto final



Nota. El ensamblaje debe de tener una relación exacta, sin interferencia alguna.

El archivo de diseño se lo guardó en formato STL para que la máquina de impresión 3D pueda generar la elaboración del producto final, el material utilizado en esta impresora es el filamento PLA de color celeste. La impresión se realizó en dos partes según el diseño.

Figura 48

Impresión en 3D

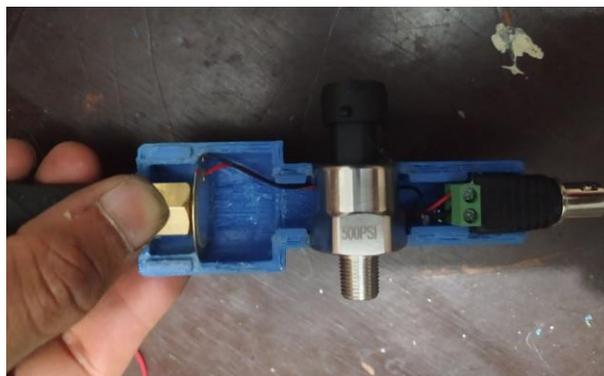


Nota. Las partes impresas necesitan un terminado manual en donde se retiran las imperfecciones.

Con el cuidado correspondiente se ubican los componentes electrónicos seleccionados en cada uno de los espacios destinados, verificando de que todo encaje de manera correcta haciendo uso de una lima de joyero en forma de triángulo.

Figura 49

Ubicación de elementos electrónicos



Finalmente se sella a todo el prototipo final haciendo uso de silicón y verificando de que exista un acople adecuado en todas sus partes, logrando así una herramienta de diagnóstico lista para el uso en el taller.

Figura 50

Terminado de herramienta de diagnóstico

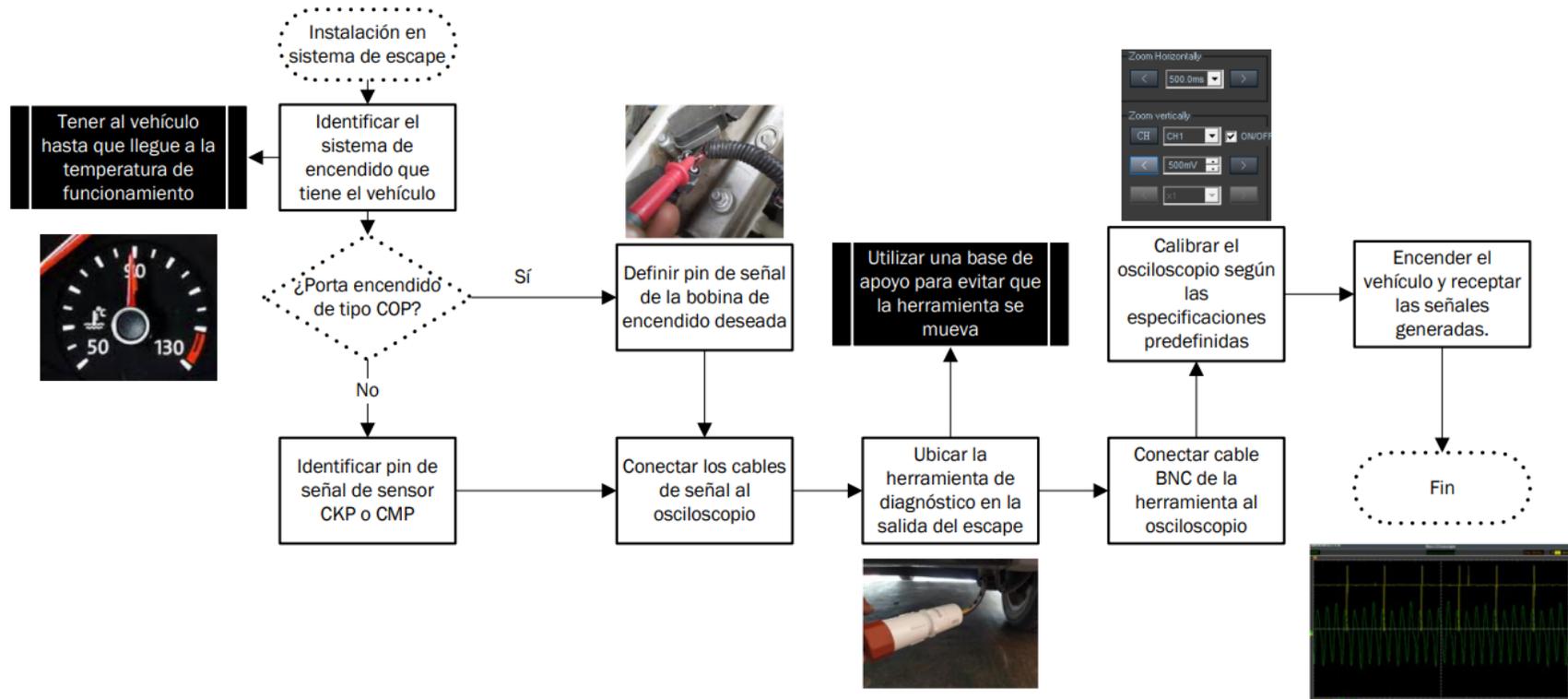
**Conexión de la herramienta de diagnóstico first look**

Considerando los modelos de las marcas más vendidas en el país, se generó procedimientos para instalación de la herramienta de diagnóstico según el sistema del vehículo en el cual se desea realizar el análisis haciendo uso de diagramas de flujo.

Sistema de escape

Figura 51

Diagrama de flujo de instalación de first look en el sistema de escape.

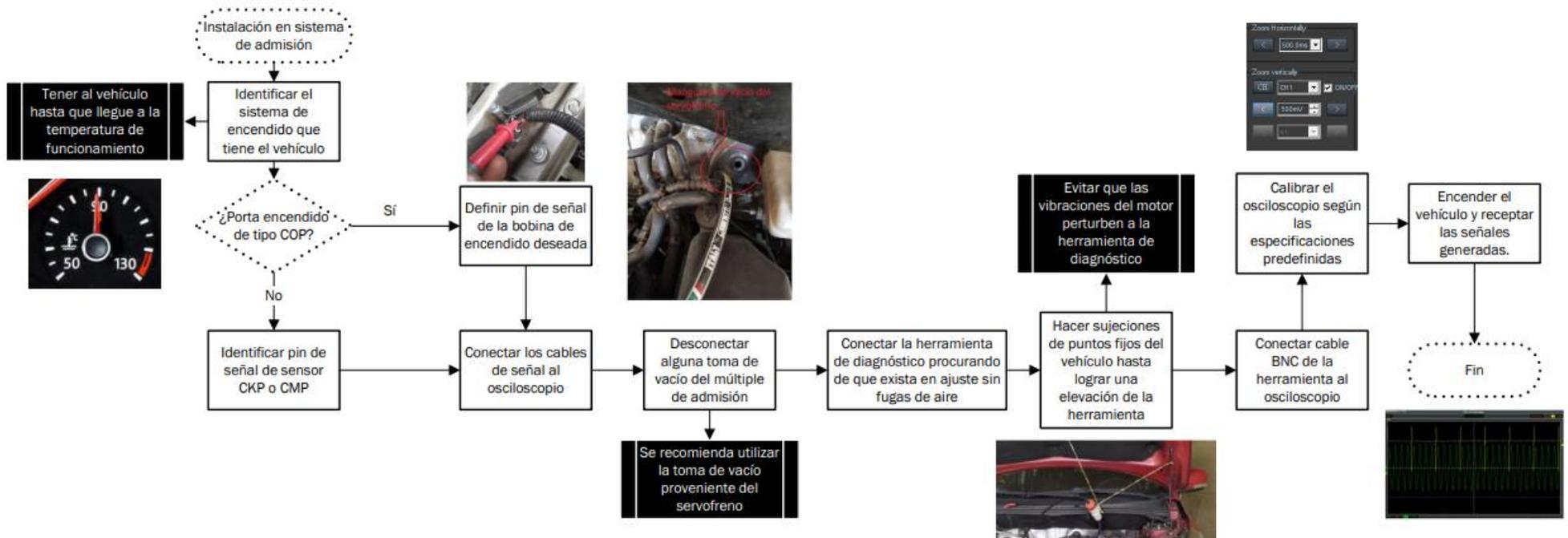


Nota. El procedimiento recomendado se generó en base a la experimentación de los respectivos ensayos.

Sistema de admisión

Figura 52

Diagrama de flujo de instalación de first look en el sistema de admisión.

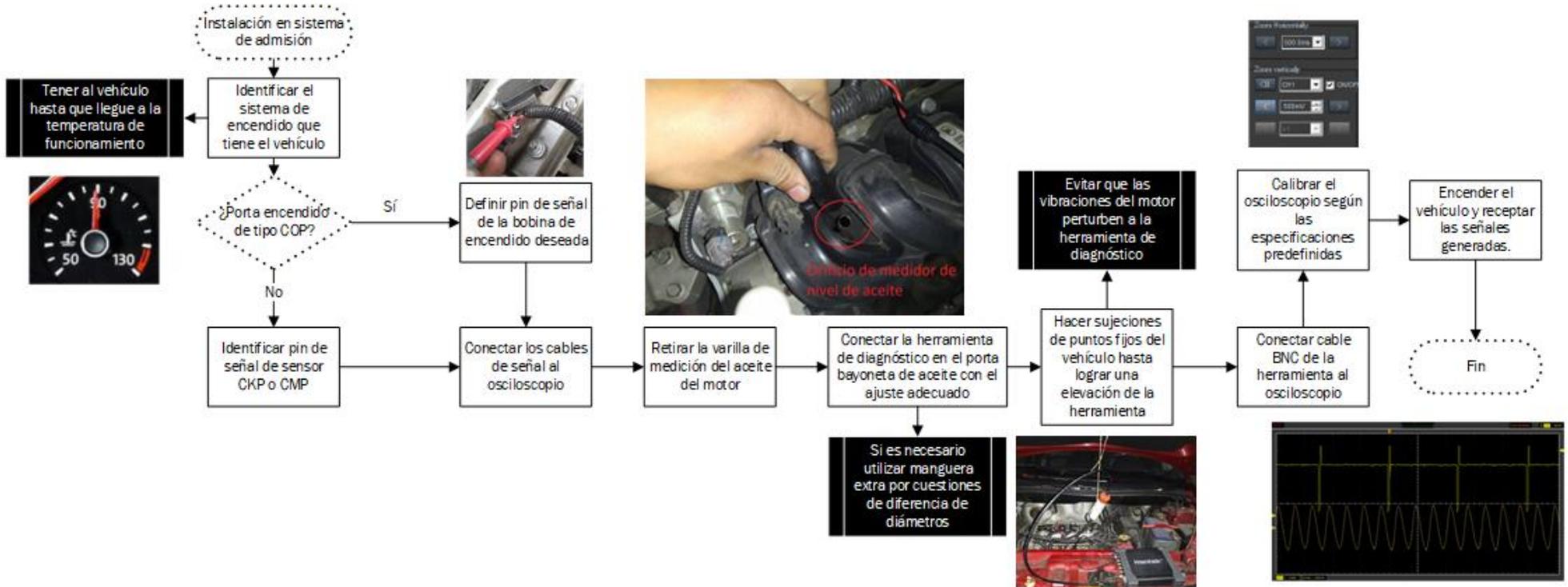


Nota. La toma de vacío debe ser tomada de manera correcta, evitando que sean mangueras de presión positiva o que afecten al funcionamiento del motor.

Cárter

Figura 53

Diagrama de flujo de instalación de first look en el cárter.



Nota. Considerar el uso de elementos fijos para la elevación de la herramienta de diagnóstico.

Análisis de la gráfica a través del software Pressure Waveform Overlays

El uso de este tipo de software ayudó principalmente a la identificación de los cilindros con cada pico de voltaje que tienen las gráficas en base a la señal de referencia obtenida de las bobinas de encendido o de los sensores de posición del cigüeñal o del árbol de levas.

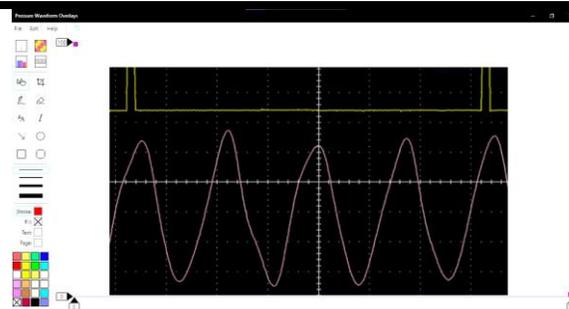
El procedimiento a seguir para el análisis correspondiente es el siguiente.

Tabla 21

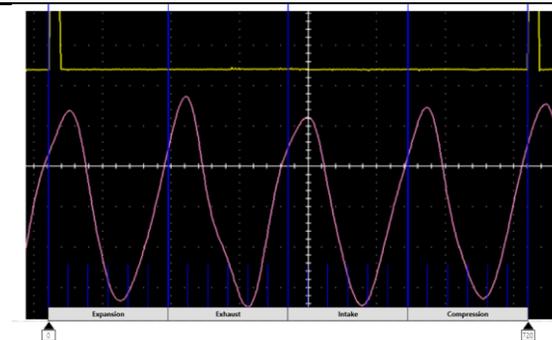
Procedimiento para el análisis de la señal de onda

Procedimiento para el análisis de la señal de onda

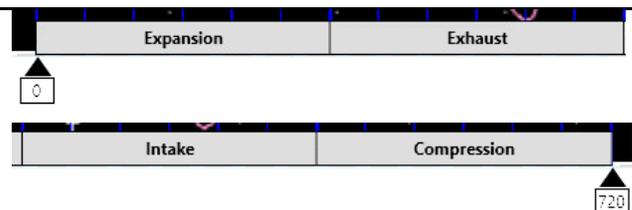
- 1 Se inserta la imagen de la gráfica obtenida con un aumento en donde se denote con claridad un periodo completo de la señal de referencia (bobina de encendido, CKP o CMP)



- 2 En consideración de los 720° que gira el cigüeñal para completar un ciclo, se genera una regleta dividida en 4 secciones.

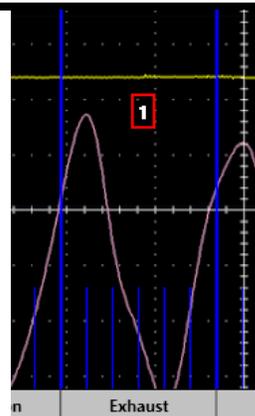


- 3 El programa por defecto empieza a indicar que la primera sección de 0 – 90° el cilindro 1 se encuentra en el proceso de expansión, seguido por escape, admisión y compresión.

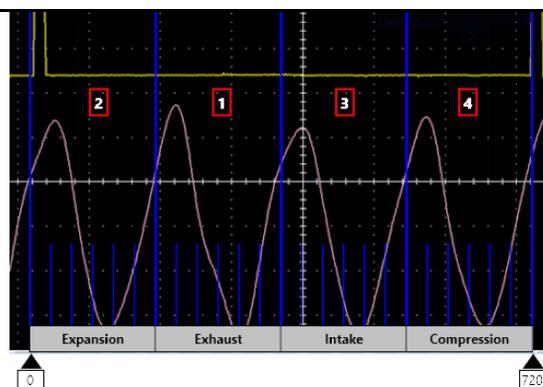


Procedimiento para el análisis de la señal de onda

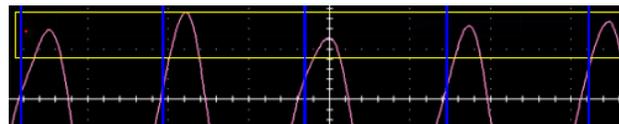
- 4 Dependiendo del sistema en el cual se haya realizado el ensayo, se enumerará el primer cilindro, ejemplo si el ensayo fue hecho en el sistema de escape, el cilindro número 1 se encontrará en la sección de $90 - 180^\circ$, si es del sistema de admisión será en la sección de $180 - 540^\circ$ y si es en el cárter se encontrará en la sección de $0 - 90^\circ$.



- 5 Según el orden de encendido del vehículo se continuará con la identificación de los demás cilindros, usualmente en los motores de 4 cilindros se trabaja con el orden de 1-3-4-2.



- 6 Con los complementos del programa se puede analizar si es que los picos de las ondas se encuentran fuera de margen, para posterior poder generar un análisis a profundidad con los valores de voltaje y presión.

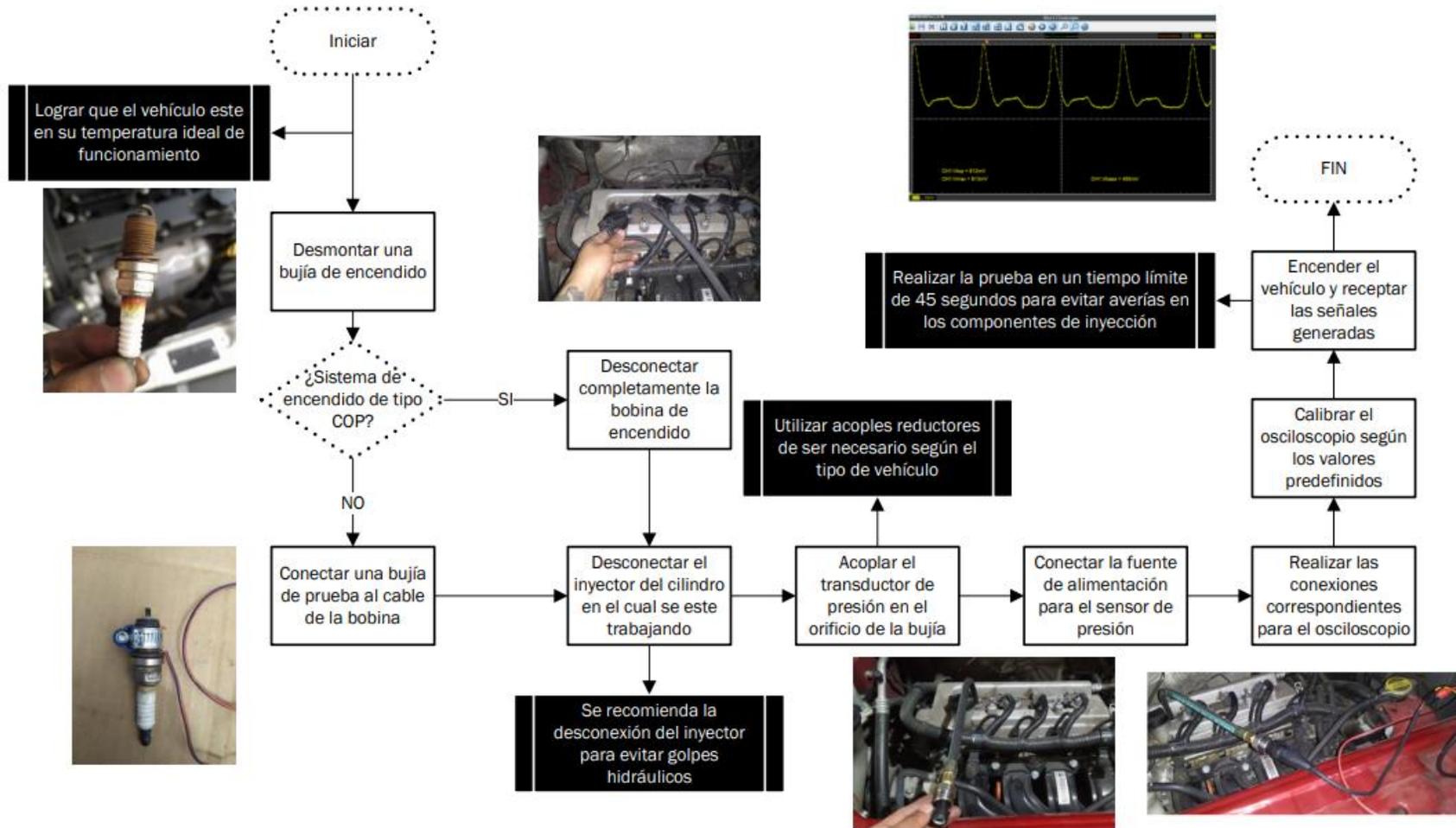


Conexión del transductor de presión

En base a la experimentación de los distintos ensayos en los vehículos, se define un procedimiento general tanto como para motores diesel, así como gasolina haciendo uso de un diagrama de flujo que se presenta a continuación.

Figura 54

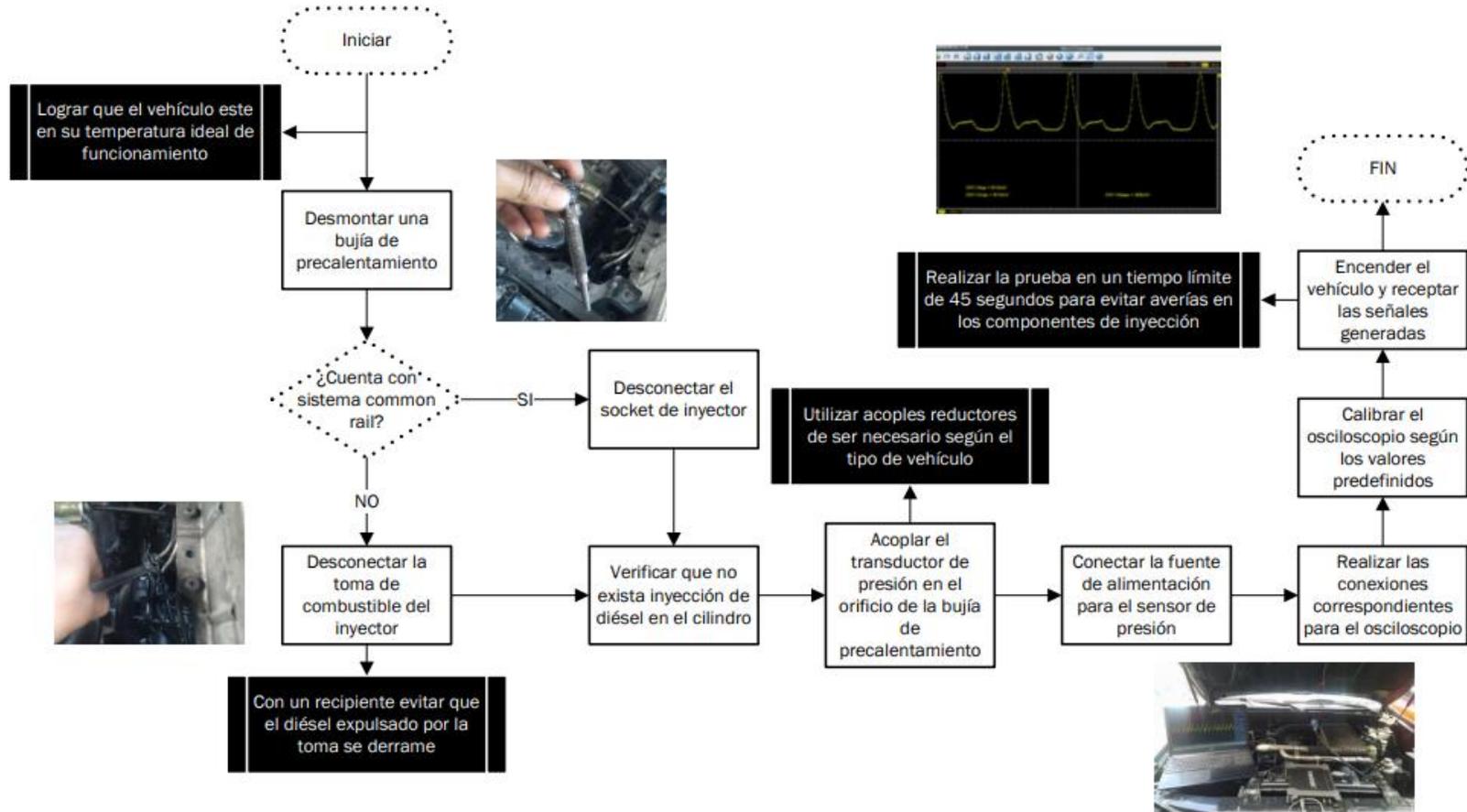
Diagrama de flujo de conexión de transductor de presión en motor gasolina



Nota. Si el testigo de check engine se enciende es debido a que el motor presenta un misfire.

Figura 55

Diagrama de flujo de conexión de transductor de presión en motor diesel



Nota. Evitar derrames de combustible durante las pruebas de ensayo.

Capítulo IV

Pruebas experimentales y análisis de resultados

. Con los vehículos seleccionados se realizaron las distintas pruebas en los sistemas correspondientes con las herramientas de diagnóstico tanto en su versión de prototipo, así como en producto final. Con el apoyo del programa Pressure waveform overlays se realizó el análisis correspondiente para posterior realizar una tabulación con los valores en voltaje, así como en presión. Casos excepcionales de fallas tanto mecánicas como misfire se lograron identificar.

Ensayos experimentales

A continuación, se presenta las gráficas extraídas por el osciloscopio en los sistemas de escape, admisión y cárter que captó la herramienta first look mientras que la gráfica generada por la compresión del motor es extraída gracias al transductor de presión.

Cada ensayo tiene su respectiva calibración de voltaje y tiempo en el osciloscopio para poder tener una mayor apreciación de la señal de onda generada por el motor a una temperatura de funcionamiento ideal según el fabricante.

Datos del vehículo Chevrolet Spark 1.2 L

Figura 56

Vehículo Chevrolet Spark 1.2 L



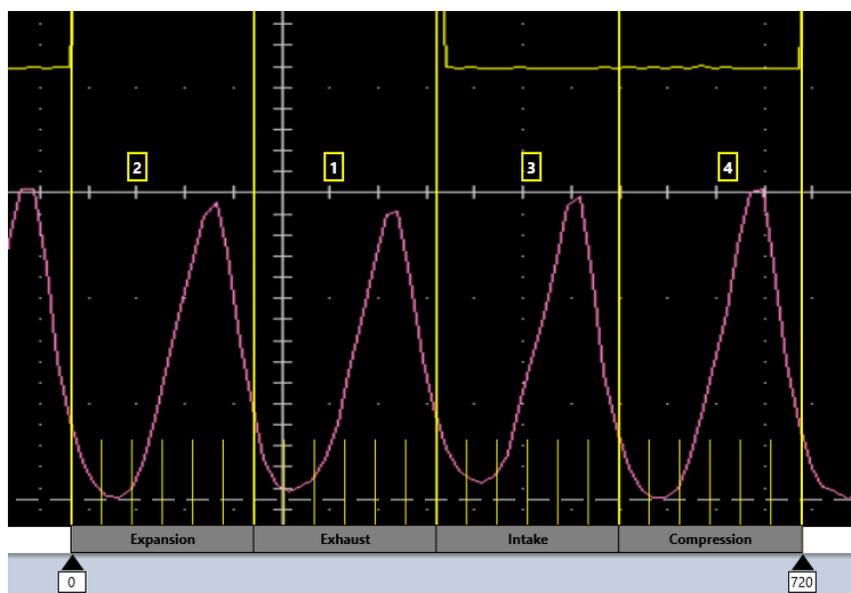
Sistema de escape

En la gráfica resultante se obtuvo una variación en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, los valores de los picos del cilindro 3 y 4 son de 0.38 voltios y el valor mínimo del cilindro 1 es de 0.3, teniendo una diferencia de 0.08 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 5.17 psi en los cilindros 3 y 4, mientras que en el cilindro 1 siendo este el valor menor se tiene 4.08 psi, dando como resultado una diferencia de 1.09 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en los cilindros 2 y 4 con un valor de 0.23 voltios y en el cilindro 3 se encuentra el valor mínimo con 0.18 voltios, existiendo una diferencia de 0.05 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en el cilindro 2 y 4 un valor de 3.13 psi y en el cilindro 3 un resultado de 2.45, generando una diferencia resultante de 0.68 psi.

Figura 57

Análisis de gráfica de escape Chevrolet Spark 1.2 l

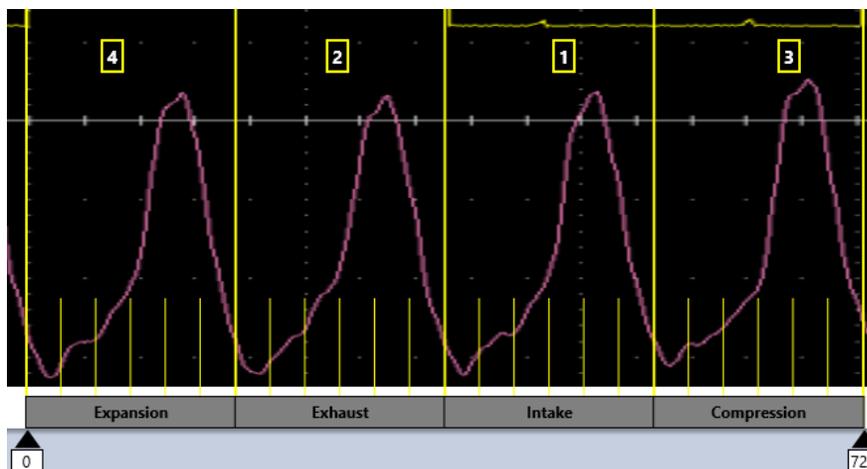
**Sistema de admisión**

Existe una variación en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, los valores de los picos del cilindro 4 y 2 son de 2.30 voltios y el valor mínimo del cilindro 3 es de 2.20, teniendo una diferencia de 0.10 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 31.27 psi en los cilindros 4 y 2, mientras que en el cilindro 3 siendo este el valor menor se tiene 29.91 psi, dando como resultado una diferencia de 1.36 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en los cilindros 2-3-4 con un valor de 1.50 voltios y en el cilindro 1 se encuentra el valor mínimo con 1.40 voltios, existiendo una diferencia de 0.10 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en el cilindro 2-3-4 un valor de 20.40 psi y en el cilindro 1 un resultado de 19.04, generando una diferencia resultante de 1.36 psi.

Figura 58

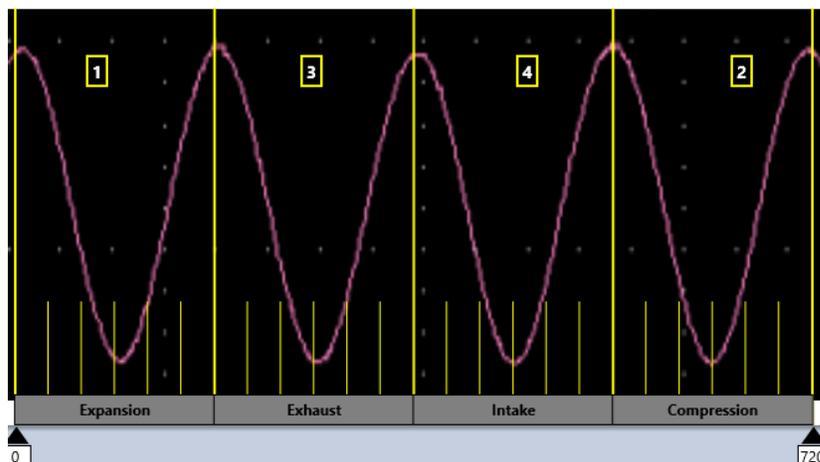
Análisis de la gráfica de admisión de Chevrolet Spark 1.2 I

**Cárter**

Considerando los valores de la gráfica resultante se evidenció una señal de onda totalmente uniforme en sus picos tanto superiores como inferiores, teniendo valores de voltaje en sus extremos de 0.70 voltios, realizando la conversión correspondiente para tener el resultado en valores de presión se tiene un valor único de 9.52 psi, por lo tanto no existe ningún tipo de diferencia en los resultados obtenidos.

Figura 59

Análisis de la gráfica del cárter de Chevrolet Spark 1.2 I



Compresión relativa

Los valores obtenidos se clasifican en puntos donde la gráfica genera cambios drásticos, se tabulan los datos en forma de voltaje y a través de la conversión correspondiente se obtienen los valores en presión.

Tabla 22

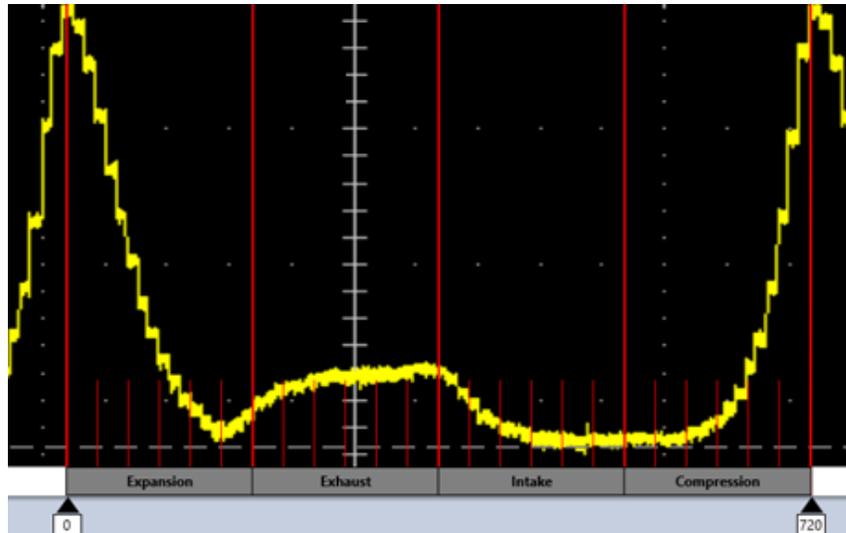
Resultados del ensayo de transductor de presión en Chevrolet Spark.

Valores extraídos de la gráfica de transductor de presión		
Grados	Voltios	PSI
0°	0.790	47.561
90°	0.520	14.634
150°	0.470	8.537
180°	0.490	10.976
270°	0.520	14.634
360°	0.530	15.854
450°	0.475	9.146
540°	0.470	8.537
600°	0.480	9.756
720	0.790	47.561

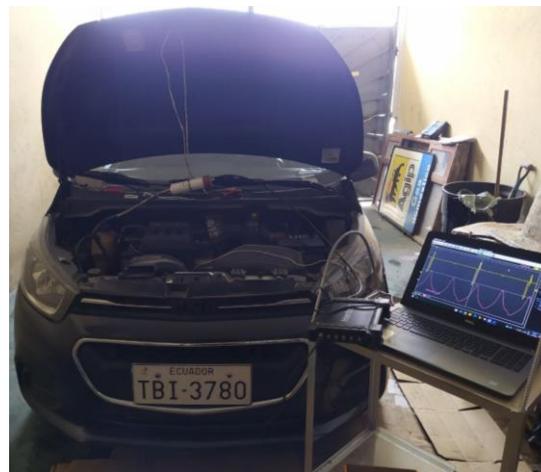
Nota. Los resultados expresados en la tabla son extraídos de manera precisa de la gráfica de señal de onda resultante.

Figura 60

Análisis de la gráfica de transductor de presión de Chevrolet Spark 1.2 l

**Datos del vehículo Chevrolet Spark GT 1.2 L****Figura 61**

Vehículo Chevrolet Spark GT 1.2 L



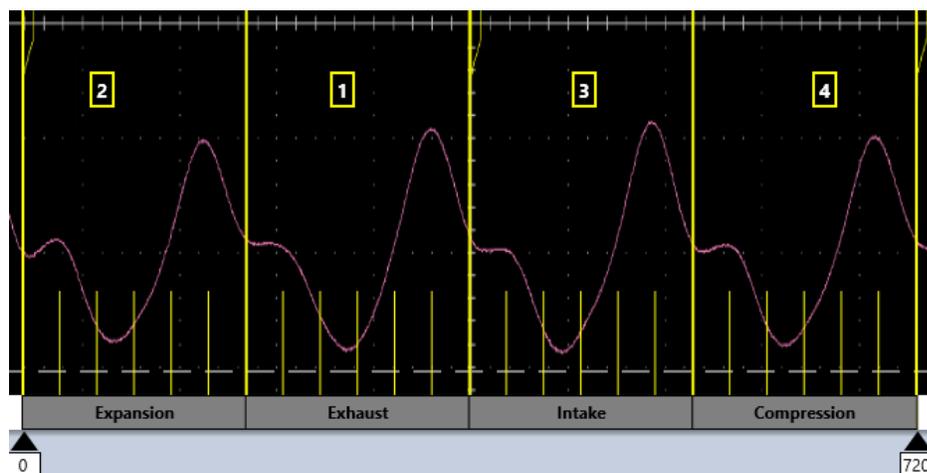
Sistema de escape

En la gráfica resultante se obtuvo una variación en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, los valores de los picos del cilindro 1-3 son de 0.24 voltios y el valor mínimo de los cilindros 2-4 es de 0.20, teniendo una diferencia de 0.04 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 3.26 psi en los cilindros 1-3, mientras que en los cilindros 2-4 siendo este el valor menor se tiene 2.72 psi, dando como resultado una diferencia de 2.72 psi.

En la parte inferior del eje de referencia no existe variación alguna de los picos teniendo un valor de 0.18 voltios con su equivalencia correspondiente de 2.45 psi.

Figura 62

Análisis de la gráfica de escape de Chevrolet Spark GT 1.2 l



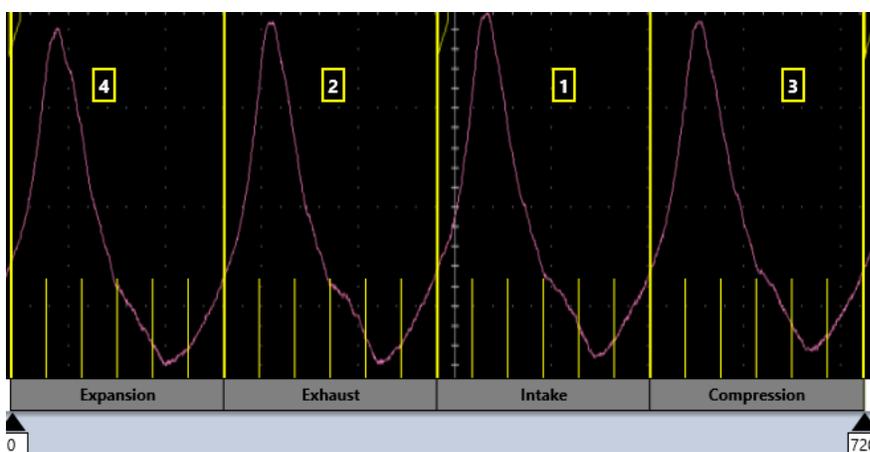
Sistema de admisión

Existe una variación mínima en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, el valor del pico más alto es en el cilindro 3 con 0.95 voltios y el valor mínimo de los cilindros 2-3-4 es de 0.9, teniendo una diferencia de 0.05 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 12.92 psi en el cilindro 1, mientras que en los cilindros 2-3-4 se obtiene 12.24 psi, dando como resultado una diferencia de 0.68 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en los cilindros 1-3-4 con un valor de 0.8 voltios y en el cilindro 2 se encuentra el valor mínimo con 0.7 voltios, existiendo una diferencia de 0.10 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en los cilindros 1-2-3 un valor de 10.88 psi y en el cilindro 2 un resultado de 9.52, generando una diferencia resultante de 1.36 psi.

Figura 63

Análisis de la gráfica de admisión de Chevrolet Spark GT 1.2 l

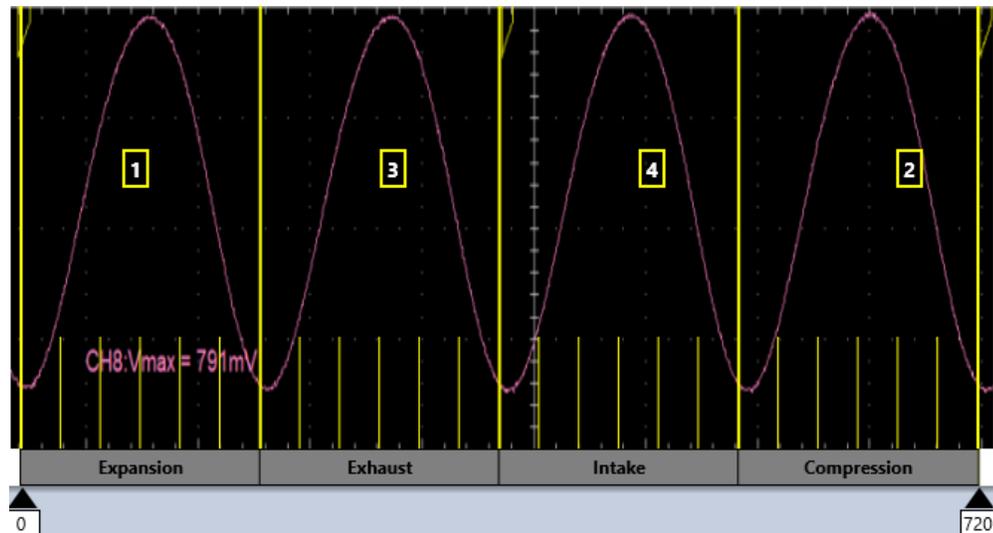


Cárter

Considerando los valores de la gráfica resultante se evidenció una señal de onda totalmente uniforme en sus picos tanto superiores como inferiores, teniendo valores de voltaje en sus extremos de 0.791 voltios, realizando la conversión correspondiente para tener el resultado en valores de presión se tiene un valor único de 10.76psi, por lo tanto, no existe ningún tipo de diferencia en los resultados obtenidos

Figura 64

Análisis de la gráfica de cárter de Chevrolet Spark GT 1.2 I



Transductor de presión

Los valores obtenidos se clasifican en puntos donde la gráfica genera cambios drásticos, se tabulan los datos en forma de voltaje y a través de la conversión correspondiente se obtienen los valores en presión.

Tabla 23

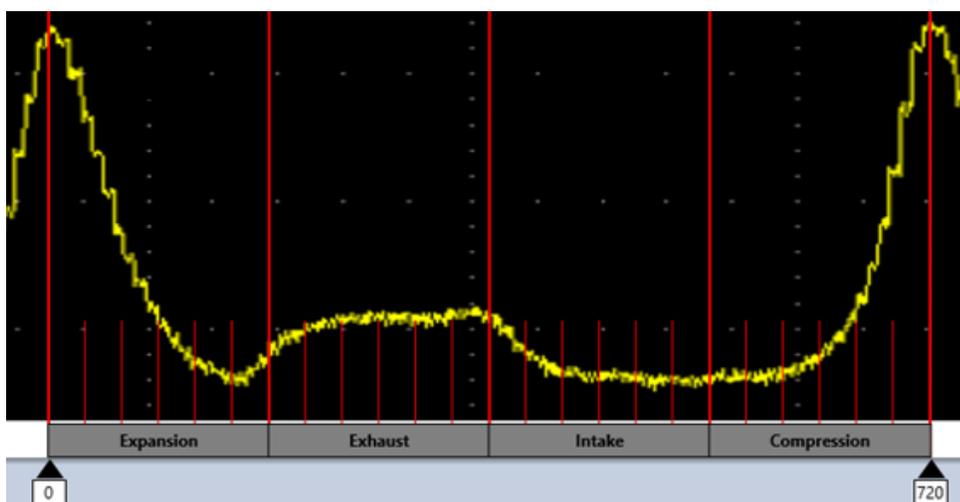
Resultados del ensayo de transductor de presión en Chevrolet Spark GT.

Valores extraídos de la gráfica de transductor de presión		
Grados	Voltios	PSI
0°	0.747	42.317
90°	0.515	14.024
150°	0.460	7.317
180°	0.480	9.756
270°	0.505	12.805
360°	0.505	12.805
450°	0.465	7.927
540°	0.460	7.317
600°	0.478	9.512
720	0.747	42.317

Nota. Los resultados expresados en la tabla son extraídos de manera precisa de la gráfica de señal de onda resultante.

Figura 65

Análisis de la gráfica de transductor de presión de Chevrolet Spark GT 1.2 I



Datos del vehículo Chevrolet Sail 1.4 L

Figura 66

Vehículo Chevrolet Sail 1.4 L



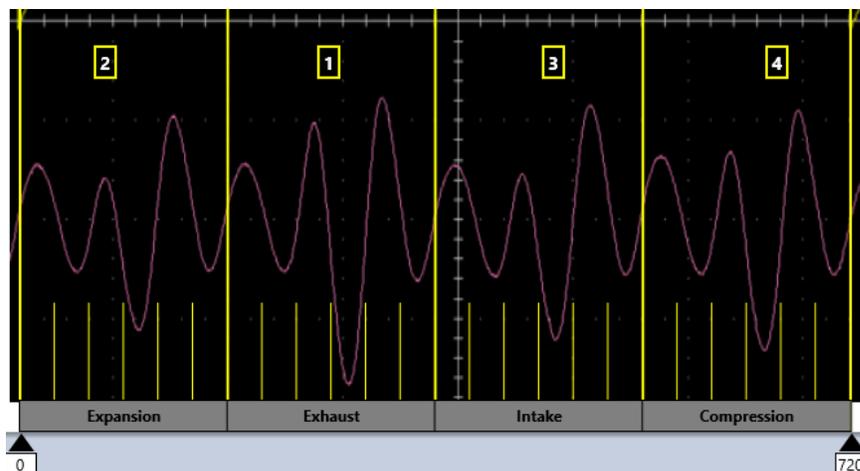
Sistema de escape

En la gráfica resultante se obtuvo una variación en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, los valores de los picos del cilindro 1 con 0.24 voltios y el valor mínimo de los cilindros 2-3-4 con 0.20 voltios, teniendo una diferencia de 0.04 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 3.26 psi en el cilindro 1, mientras que en los cilindros 2-3-4 siendo este el valor menor se tiene 2.72 psi, dando como resultado una diferencia de 0.54 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en el cilindro 1 con un valor de 0.32 voltios y en los cilindros 2-3-4 se encuentra el valor mínimo con 0.20 voltios, existiendo una diferencia de 0.12 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en el cilindro 1 un valor de 4.35 psi y en los cilindros 2-3-4 un resultado de 2.72, generando una diferencia resultante de 1.63 psi.

Figura 67

Análisis de la gráfica de escape del Chevrolet Sail 1.4 L



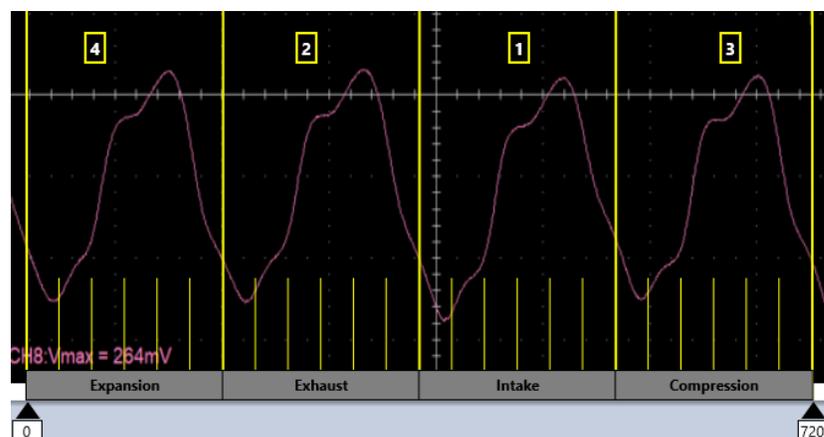
Sistema de admisión

Existe una variación mínima en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, el valor del pico más alto es en el cilindro 2-3-4 con 0.26 voltios y el valor mínimo del cilindro 1 es de 0.24, teniendo una diferencia de 0.02 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 3.59 psi en los cilindros 2-3-4, mientras que en el cilindro 1 se obtiene 3.26 psi, dando como resultado una diferencia de 0.33 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en el cilindro 1 con un valor de 0.36 voltios y en los cilindros 3-2-4 se encuentra el valor mínimo con 0.3 voltios, existiendo una diferencia de 0.06 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en el cilindro 1 un valor de 4.89 psi y en los cilindros 3-2-4 un resultado de 4.08, generando una diferencia resultante de 0.82 psi.

Figura 68

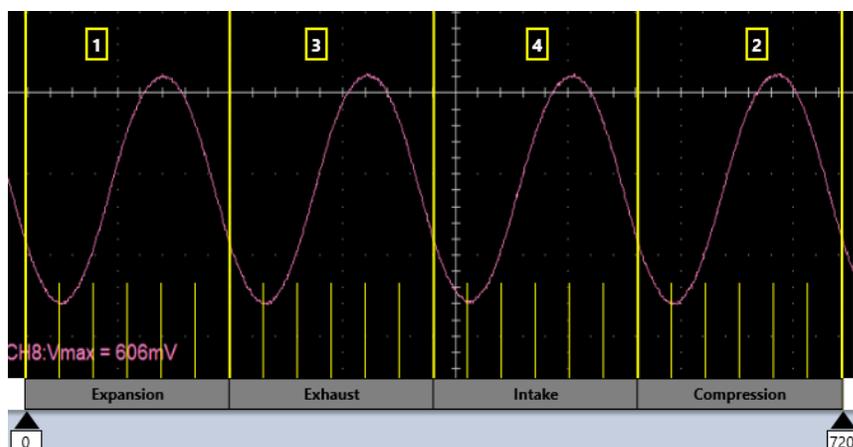
Análisis de la gráfica de admisión del Chevrolet Sail 1.4 L

**Cárter**

Considerando los valores de la gráfica resultante se evidenció una señal de onda totalmente uniforme en sus picos tanto superiores como inferiores, teniendo valores de voltaje en sus extremos de 0.606 voltios, realizando la conversión correspondiente para tener el resultado en valores de presión se tiene un valor único de 8.24 psi, por lo tanto, no existe ningún tipo de diferencia en los resultados obtenidos

Figura 69

Análisis de la gráfica de cárter del Chevrolet Sail 1.4 L



Transductor de presión

Los valores obtenidos se clasifican en puntos donde la gráfica genera cambios drásticos, se tabulan los datos en forma de voltaje y a través de la conversión correspondiente se obtienen los valores en presión.

Tabla 24

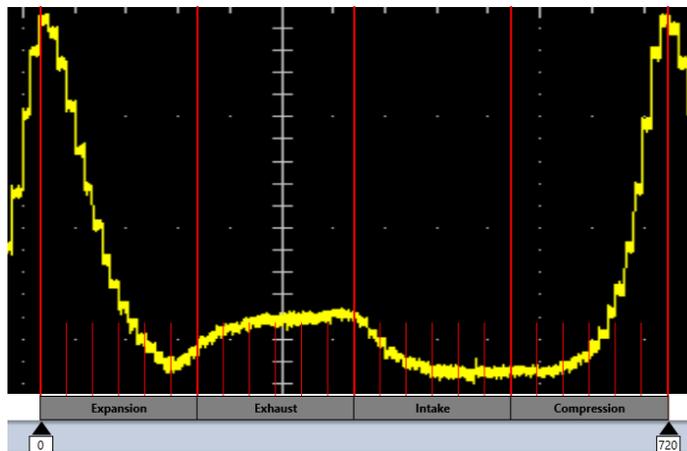
Resultados del ensayo de transductor de presión en Chevrolet Sail.

Valores extraídos de la gráfica de transductor de presión		
Grados	Voltios	PSI
0°	0.795	48.170
90°	0.525	15.244
150°	0.475	9.146
180°	0.495	11.585
270°	0.525	15.244
360°	0.530	15.854
450°	0.480	9.756
540°	0.475	9.146
600°	0.485	10.366
720	0.795	48.170

Nota. Los resultados expresados en la tabla son extraídos de manera precisa de la gráfica de señal de onda resultante.

Figura 70

Análisis de la gráfica de transductor de presión del Chevrolet Sail 1.4 L



Datos del vehículo Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L

Figura 71

Vehículo Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L



Sistema de escape

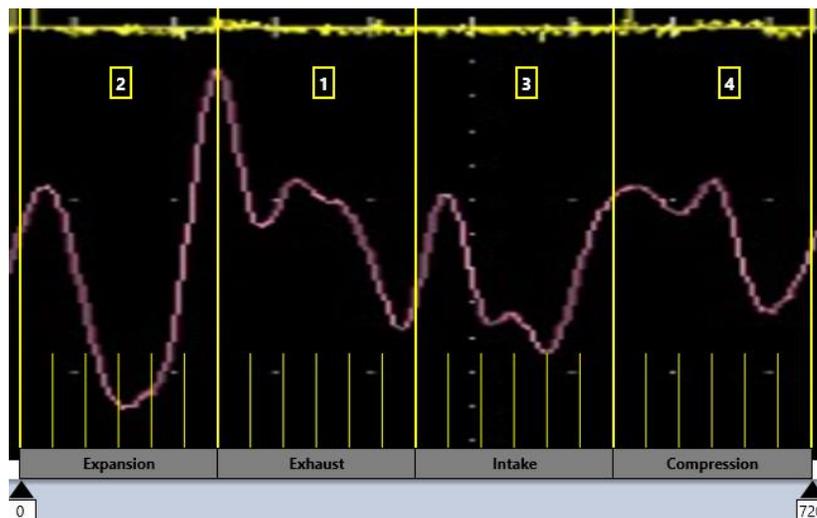
En la gráfica resultante se obtuvo una variación en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, los valores de los picos del cilindro 1 con 1.20 voltios y el valor mínimo del

cilindro 3 es de 0.30 voltios, teniendo una diferencia de 0.90 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 16.32 psi en el cilindro 1, mientras que en el cilindro 3 siendo este el valor menor se tiene 4.08 psi, dando como resultado una diferencia de 12.24 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en el cilindro 2 con un valor de 0.90 voltios y en el cilindro 3 se encuentra el valor mínimo con 0.40 voltios, existiendo una diferencia de 0.50 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en el cilindro 2 un valor de 12.24 psi y en el cilindro 3 un resultado de 5.44 psi, generando una diferencia resultante de 6.80 psi.

Figura 72

Análisis de la gráfica de escape del Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L



Sistema de admisión

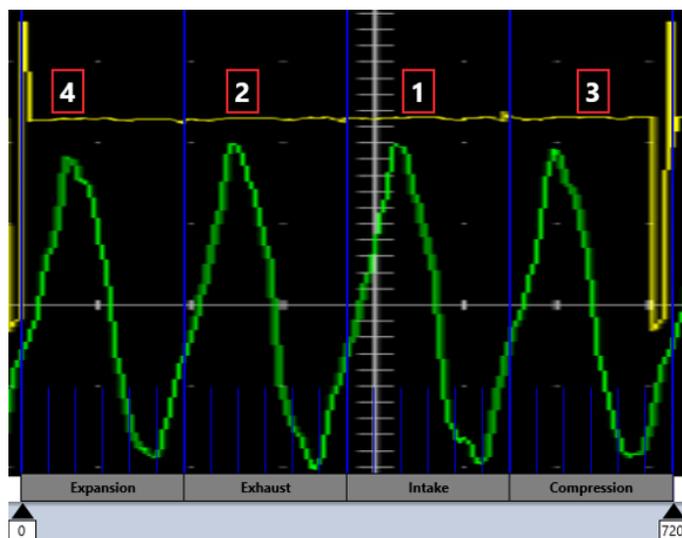
Existe una variación mínima en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, el valor del pico más alto es en el cilindro 2 con 1.20 voltios y el valor mínimo del cilindro 3 es de 1.10, teniendo una diferencia de 0.10 voltios, con su respectiva transformación a presión se

tiene resultados de 16.32 psi en el cilindro 1, mientras que en el cilindro 3 se obtiene 14.96 psi, dando como resultado una diferencia de 1.36 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en el cilindro 2 con un valor de 1.10 voltios y en el cilindro 3 se encuentra el valor mínimo con 1.0 voltios, existiendo una diferencia de 0.10 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en el cilindro 2 un valor de 14.96 psi y en el cilindro 3 un resultado de 13.60, generando una diferencia resultante de 1.365 psi.

Figura 73

Análisis de la gráfica de admisión del Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L



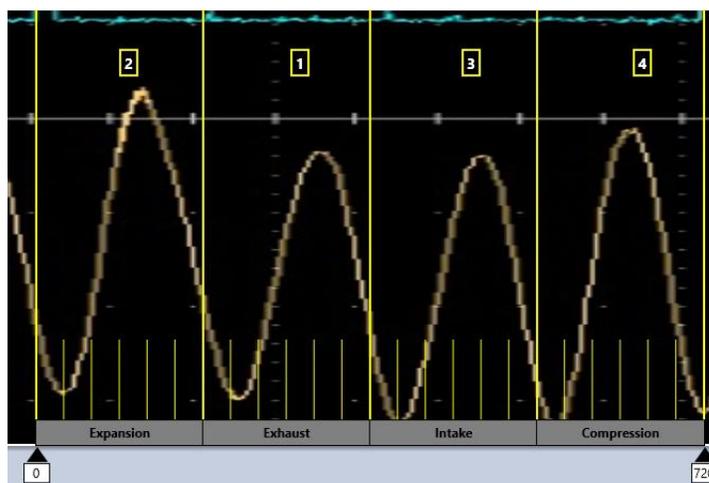
Cárter

Existe una variación de los picos de voltaje, en donde el cilindro 2 tiene un valor máximo de 0.85 voltio y el cilindro 3 un valor mínimo de 0.50 voltios teniendo una diferencia resultante de 0.35 voltios, con sus respectivas equivalencias de 11.56 psi en el valor máximo y 6.80 psi en el mínimo, con una diferencia 4.76 psi.

En el sector inferior de la línea de referencia neutra se tiene un valor máximo en el cilindro 3 con un valor de 0.90 voltio y en el cilindro 2 se obtiene 0.75 voltios, con una diferencia de 0.15 voltios, sus equivalencias respectivas son 12.24 psi en el pico máximo y 10.20 psi en el mínimo, con una diferencia de 2.04 psi.

Figura 74

Análisis de la gráfica de cárter del Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L



Datos del vehículo Aveo Activo 1.6 L

Figura 75

Vehículo Aveo Activo 1.6 L



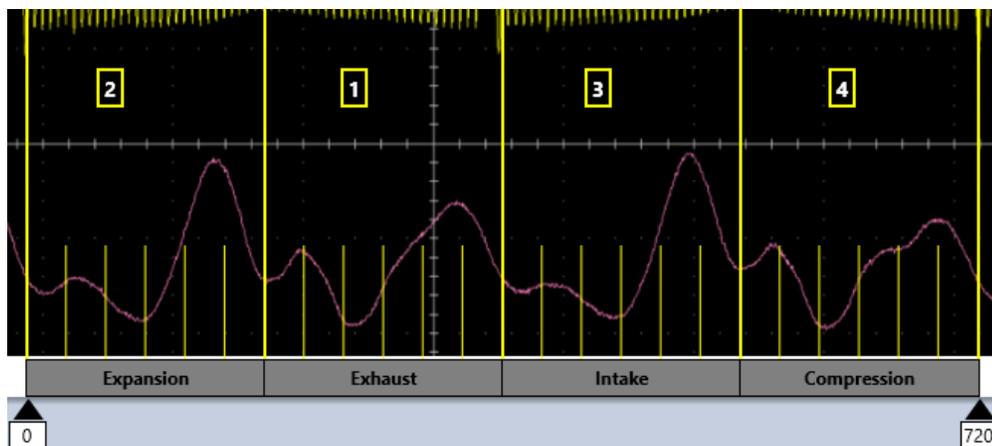
Sistema de escape

En la gráfica resultante se obtuvo una variación en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, los valores de los picos de los cilindros 2-3 con 0.40 voltios y el valor mínimo de los cilindros 1-4 con 0.10 voltios, teniendo una diferencia de 0.30 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 5.44 psi en los cilindros 2-3, mientras que en los cilindros 1-4 siendo este el valor menor se tiene 1.36 psi, dando como resultado una diferencia de 4.08 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en los cilindros 1-4 con un valor de 0.5 voltios y en los cilindros 2-3 se encuentra el valor mínimo con 0.40 voltios, existiendo una diferencia de 0.10 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en los cilindros 1-4 un valor de 6.80 psi y en los cilindros 2-3 un resultado de 5.44, generando una diferencia resultante de 1.63 psi.

Figura 76

Análisis de la gráfica de escape del Chevrolet Aveo Activo 1.6 L



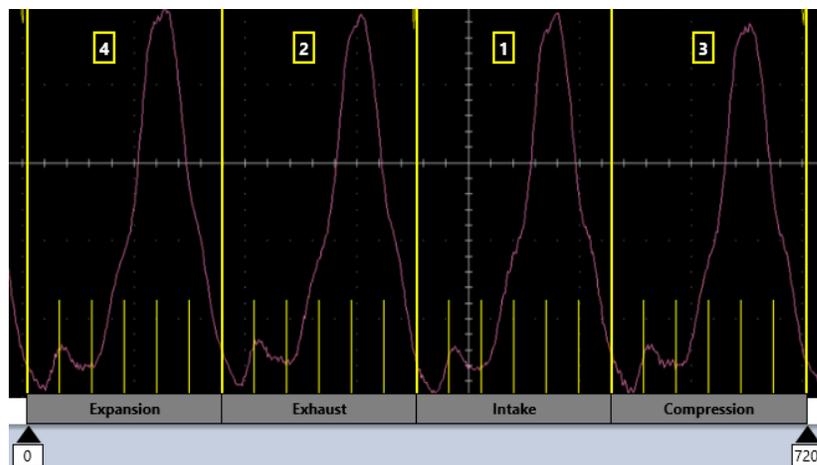
Sistema de admisión

Existe una variación mínima en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, el valor del pico más alto es en el cilindro 2-3-4 con 1.50 voltios y el valor mínimo del cilindro 1 es de 1.40, teniendo una diferencia de 0.10 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 20.40 psi en los cilindros 2-3-4, mientras que en el cilindro 1 se obtiene 19.04 psi, dando como resultado una diferencia de 1.36 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores los cilindros 1-3-4 con un valor de 0.95 voltios y en el cilindro 2 se encuentra el valor mínimo con 0.90 voltios, existiendo una diferencia de 0.05 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en los cilindros 1-3-4 un valor de 12.92 psi y en el cilindro 2 un resultado de 12.24, generando una diferencia resultante de 0.68 psi.

Figura 77

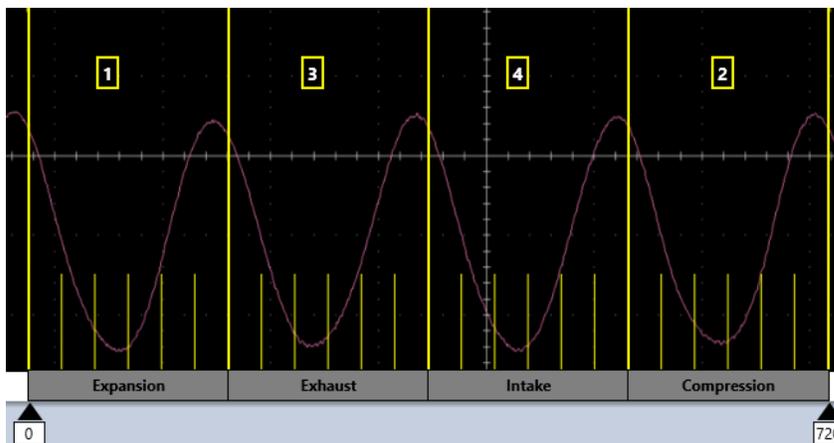
Análisis de la gráfica de admisión del Chevrolet Aveo Activo 1.6 L

**Cárter**

Considerando los valores de la gráfica resultante se evidenció una señal de onda totalmente uniforme en sus picos tanto superiores como inferiores, teniendo valores de voltaje en sus extremos de 0.80 voltios, realizando la conversión correspondiente para tener el resultado en valores de presión se tiene un valor único de 10.88 psi, por lo tanto, no existe ningún tipo de diferencia en los resultados obtenidos

Figura 78

Análisis de la gráfica de cárter del Chevrolet Aveo Activo 1.6 L



Transductor de presión

Los valores obtenidos se clasifican en puntos donde la gráfica genera cambios drásticos, se tabulan los datos en forma de voltaje y a través de la conversión correspondiente se obtienen los valores en presión.

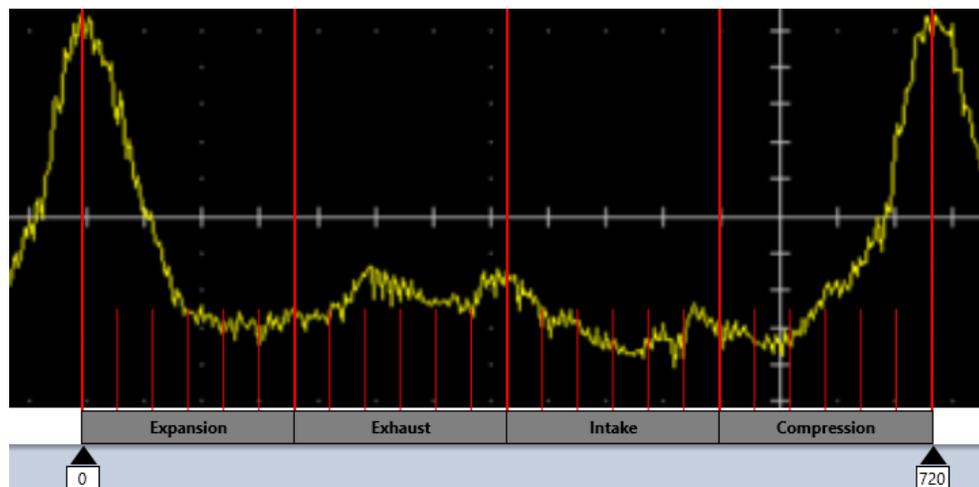
Tabla 25

Resultados del ensayo de transductor de presión en Chevrolet Aveo Activo 1.6 L

Valores extraídos de la gráfica de transductor de presión		
Grados	Voltios	PSI
0°	0.870	57.317
90°	0.520	16.634
150°	0.460	7.317
180°	0.470	8.537
270°	0.480	9.756
360°	0.470	8.537
450°	0.450	6.098
540°	0.450	6.098
600°	0.470	8.537
720	0.870	57.317

Figura 79

Análisis de la gráfica de transductor del Chevrolet Aveo Activo 1.6 L



Datos del vehículo Haval M4 1.5 L

Figura 80

Vehículo Haval M4 1.5 L



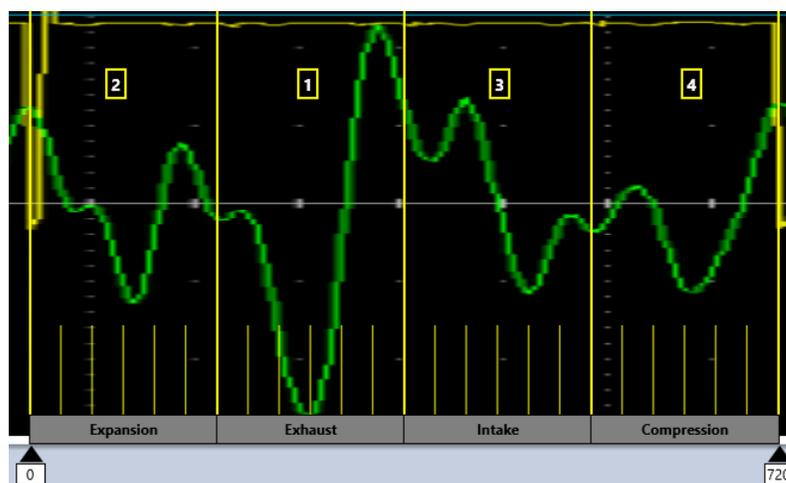
Sistema de escape

En la gráfica resultante se obtuvo una variación en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, los valores de los picos del cilindro 1 con 1.10 voltios y el valor mínimo del cilindro 4 con 0.10 voltios, teniendo una diferencia de 1.0 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 14.96 psi en el cilindro 1, mientras que en el cilindro 4 siendo este el valor menor se tiene 1.36 psi, dando como resultado una diferencia de 13.60 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en el cilindro 1 con un valor de 1.40 voltios y en los cilindros 2-3-4 se encuentra el valor mínimo con 0.50 voltios, existiendo una diferencia de 0.90 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en el cilindro 1 un valor de 19.04 psi y en los cilindros 2-3-4 un resultado de 6.80, generando una diferencia resultante de 12.24 psi.

Figura 81

Análisis de la gráfica de escape del Haval M4 1.5 L



Sistema de admisión

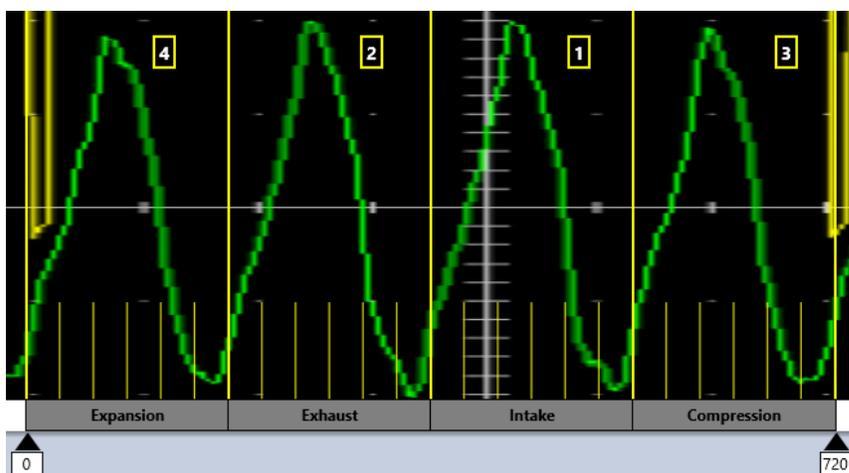
Existe una variación mínima en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, el valor del pico más alto es en los cilindros 1-3 con 1.0 voltios y el valor mínimo de los cilindros 2-

4 es de 0.9, teniendo una diferencia de 0.10 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 13.60 psi en el cilindro 1-3, mientras que en los cilindros 2-4 se obtiene 12.24 psi, dando como resultado una diferencia de 1.36 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en el cilindro 1 con un valor de 1.0 voltios y en los cilindros 2-3-4 se encuentra el valor mínimo con 0.95 voltios, existiendo una diferencia de 0.05 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en el cilindro 1 un valor de 13.60 psi y en los cilindros 2-3-4 un resultado de 12.92, generando una diferencia resultante de 0.68 psi.

Figura 82

Análisis de la gráfica de admisión del Haval M4 1.5 L

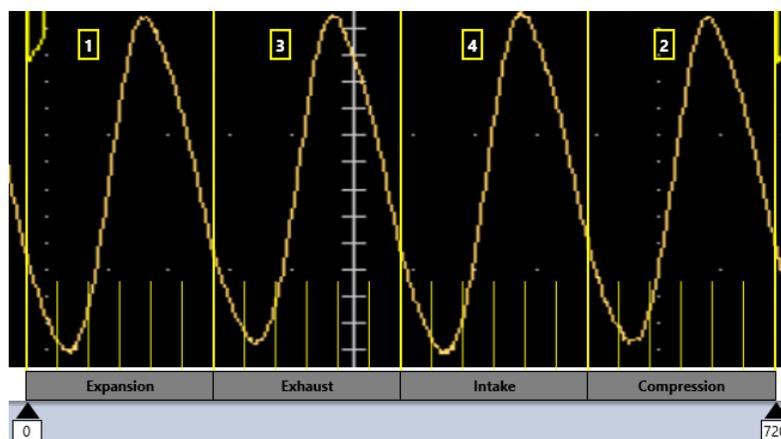


Cárter

Considerando los valores de la gráfica resultante se evidenció una señal de onda totalmente uniforme en sus picos tanto superiores como inferiores, teniendo valores de voltaje en sus extremos de 0.65 voltios, realizando la conversión correspondiente para tener el resultado en valores de presión se tiene un valor único de 8.84 psi, por lo tanto, no existe ningún tipo de diferencia en los resultados obtenidos

Figura 83

Análisis de la gráfica de cárter del Haval M4 1.5 L

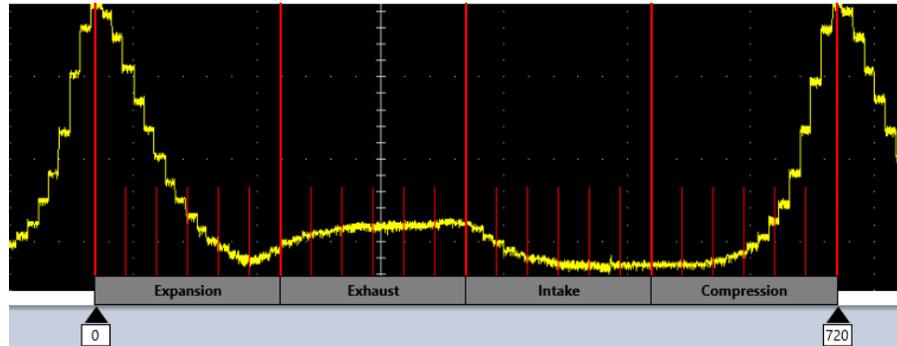
***Transductor de presión*****Tabla 26**

Resultados del ensayo de transductor de presión en Haval M4 1.5 L

Valores extraídos de la gráfica de transductor de presión		
Grados	Voltios	PSI
0°	0.790	47.561
90°	0.520	14.634
150°	0.470	8.537
180°	0.490	10.976
270°	0.515	14.024
360°	0.525	15.244
450°	0.475	9.146
540°	0.470	8.537
600°	0.475	9.146
720	0.790	47.561

Figura 84

Análisis de la gráfica de transductor del Haval M4 1.5 L

**Datos del vehículo Hyundai Tucson 2.0 L****Figura 85**

Vehículo Hyundai Tucson 2.0 L



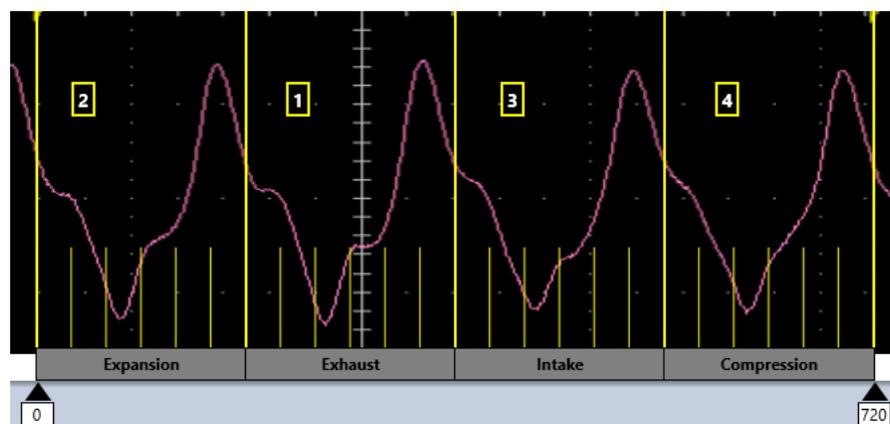
Sistema de escape

En la gráfica resultante se obtuvo una variación en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, los valores de los picos de los cilindros 1-2 con 0.29 voltios y el valor mínimo de los cilindros 3-4 con 0.28 voltios, teniendo una diferencia de 0.01 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 3.88 psi en los cilindros 1-2 mientras que en los cilindros 3-4 siendo este el valor menor se tiene 3.74 psi, dando como resultado una diferencia de 0.14 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en el cilindro 1 con un valor de 0.28 voltios y en los cilindros 2-3-4 se encuentra el valor mínimo con 0.24 voltios, existiendo una diferencia de 0.04 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en el cilindro 1 un valor de 3.81 psi y en los cilindros 2-3-4 un resultado de 3.26, generando una diferencia resultante de 0.54 psi.

Figura 86

Análisis de la gráfica de escape del Hyundai Tucson 2.0 L



Sistema de admisión

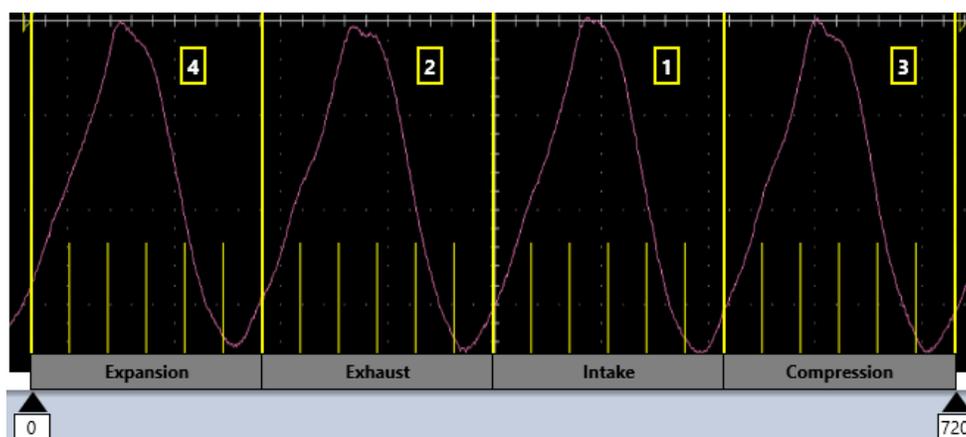
Existe una variación mínima en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, el valor del pico más alto es en el cilindro 1-3-4 con 0.75 voltios y el valor mínimo del cilindro 2 es

de 0.75, teniendo una diferencia de 0.03 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 10.20 psi en los cilindros 1-3-4, mientras que en el cilindro 2 se obtiene 9.79 psi, dando como resultado una diferencia de 0.41 psi.

En la parte inferior no existe una variación de voltaje en sus picos la cual se pueda considerar a simple vista. El valor del pico de las ondas es de 0.95 voltios dando una equivalencia de 12.92 psi.

Figura 87

Análisis de la gráfica de admisión del Hyundai Tucson 2.0 L

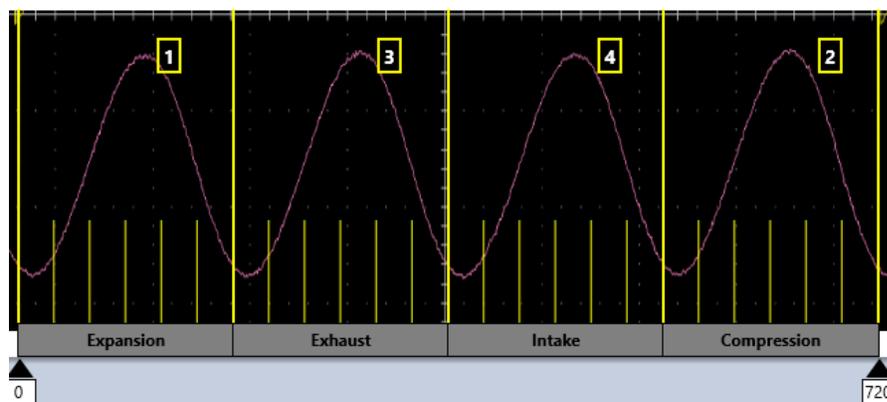


Cárter

Considerando los valores de la gráfica resultante se evidenció una señal de onda totalmente uniforme en sus picos tanto superiores como inferiores, teniendo valores de voltaje en sus extremos de 0.55 voltios, realizando la conversión correspondiente para tener el resultado en valores de presión se tiene un valor único de 7.48 psi, por lo tanto, no existe ningún tipo de diferencia en los resultados obtenidos

Figura 88

Análisis de la gráfica de cárter del Hyundai Tucson 2.0 L



Transductor de presión

Los valores obtenidos se clasifican en puntos donde la gráfica genera cambios drásticos, se tabulan los datos en forma de voltaje y a través de la conversión correspondiente se obtienen los valores en presión.

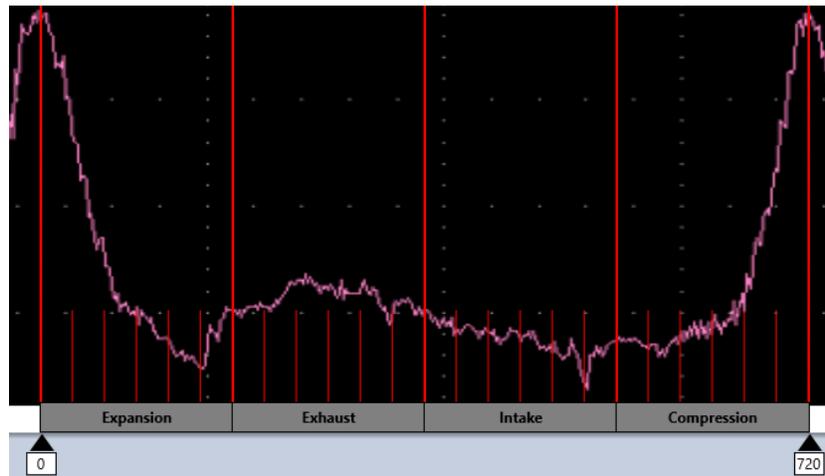
Tabla 27

Resultados del ensayo de transductor de presión en Hyundai Tucson 2.0 L

Valores extraídos de la gráfica de transductor de presión		
Grados	Voltios	PSI
0°	0.780	46.341
90°	0.500	12.195
150°	0.450	6.098
180°	0.500	12.195
270°	0.520	14.634
360°	0.500	12.195
450°	0.480	9.756
540°	0.470	8.537
600°	0.480	9.756
720	0.780	46.341

Figura 89

Análisis de la gráfica de transductor del Hyundai Tucson 2.0 L

**Datos del vehículo Kia Río Stylus 1.6 L****Figura 90**

Vehículo Kía Río Stylus 1.6 L



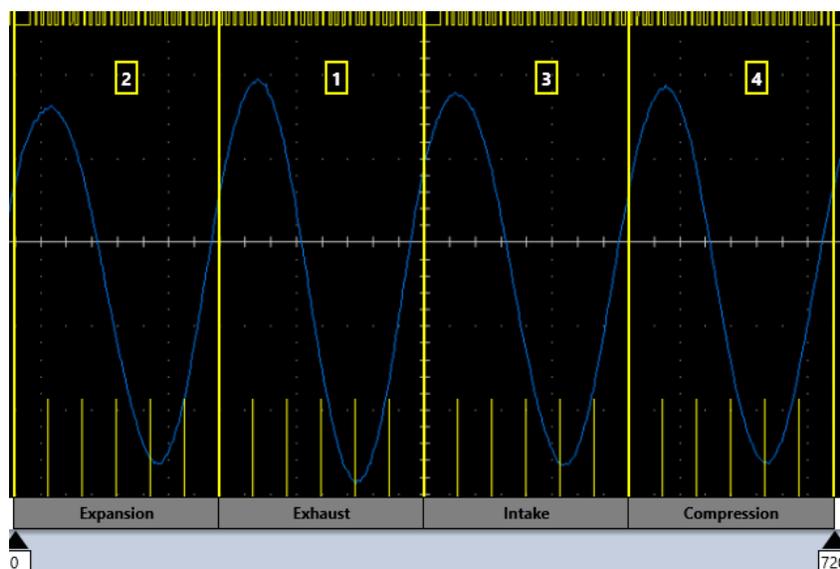
Sistema de escape

En la gráfica resultante se obtuvo una variación en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, los valores de los picos de los cilindros 1-4 con 1.15 voltios y el valor mínimo de los cilindros 2-3 con 1.00 voltios, teniendo una diferencia de 0.15 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 15.64 psi en los cilindros 1-4, mientras que en los cilindros 2-3 siendo este el valor menor se tiene 13.60 psi, dando como resultado una diferencia de 2.04 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en el cilindro 1 con un valor de 1.25 voltios y en los cilindros 2-3-4 se encuentra el valor mínimo con 1.10 voltios, existiendo una diferencia de 0.15 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en el cilindro 1 un valor de 17.00 psi y en los cilindros 2-3-4 un resultado de 14.96, generando una diferencia resultante de 2.04 psi.

Figura 91

Análisis de la gráfica de escape del Kia Río Stylus 1.6 L



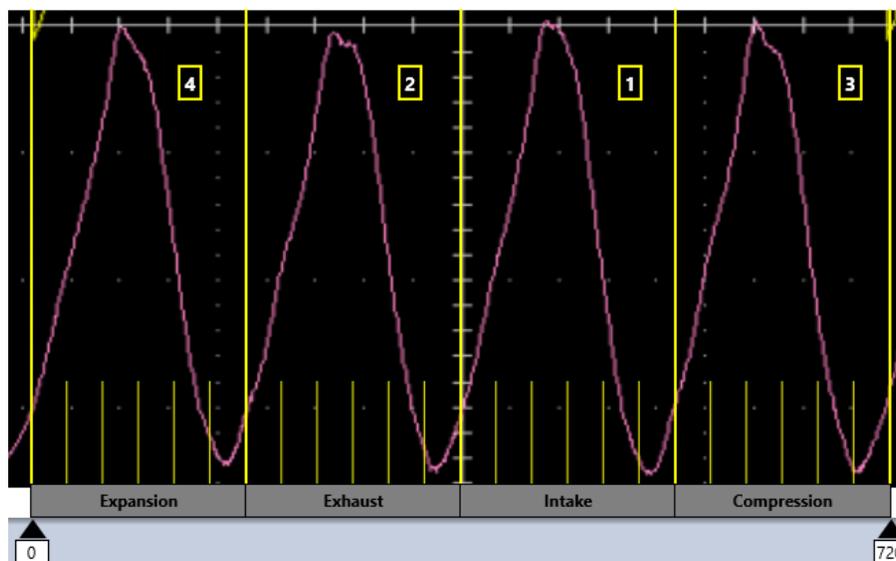
Sistema de admisión

Existe una variación mínima en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, el valor del pico más alto es en el cilindro 1-3-4 con 0.75 voltios y el valor mínimo del cilindro 2 es de 0.70, teniendo una diferencia de 0.05 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 10.20 psi en los cilindros 1-3-4, mientras que en el cilindro 2 se obtiene 9.52 psi, dando como resultado una diferencia de 0.68 psi.

En la parte inferior no existe una variación de voltaje en sus picos la cual se pueda considerar a simple vista. El valor del pico de las ondas es de 0.95 voltios dando una equivalencia de 12.92 psi.

Figura 92

Análisis de la gráfica de admisión del Kia Río Stylus 1.6 L



Cárter

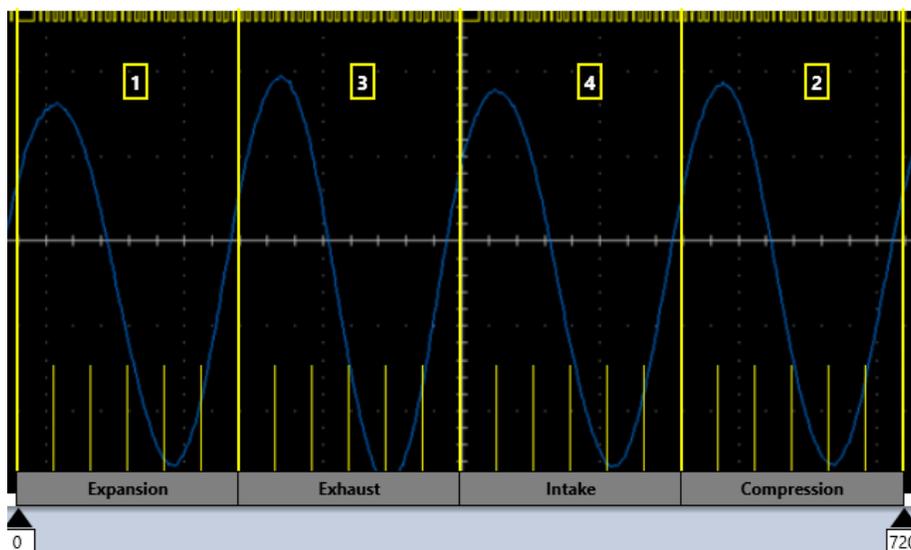
Existe una variación de los picos de voltaje, en donde el cilindro 3 tiene un valor máximo de 1.15 voltio y los cilindros 1-2-4 tienen un valor mínimo de 1.00 voltios teniendo una

diferencia resultante de 0.15 voltios, con sus respectivas equivalencias de 15.64 psi en el valor máximo y 13.60 psi en el mínimo, con una diferencia 2.04 psi.

En el sector inferior de la línea de referencia neutra se tiene un valor máximo en el cilindro 3 con un valor de 1.25 voltio y en los cilindros 1-2-4 se obtiene 1.10 voltios, con una diferencia de 0.15 voltios, sus equivalencias respectivas son 17.00 psi en el pico máximo y 14.96 psi en el mínimo, con una diferencia de 2.04 psi.

Figura 93

Análisis de la gráfica de cárter del Kia Río Stylus 1.6 L



Transductor de presión

Los valores obtenidos se clasifican en puntos donde la gráfica genera cambios drásticos, se tabulan los datos en forma de voltaje y a través de la conversión correspondiente se obtienen los valores en presión.

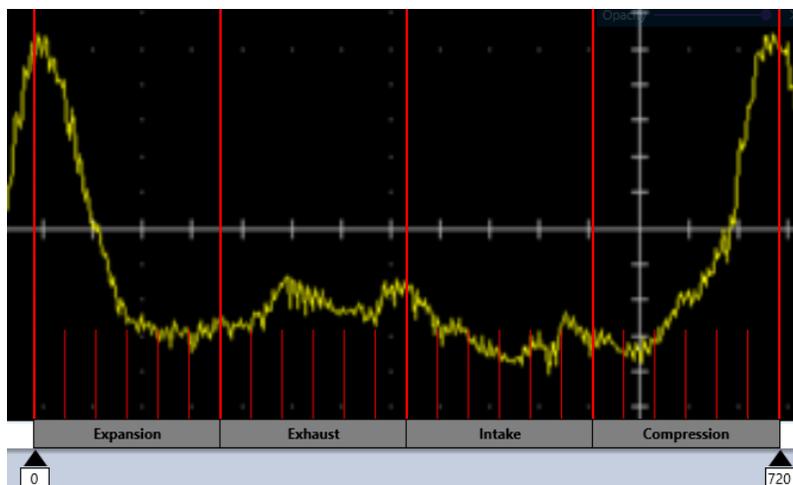
Tabla 28

Resultados del ensayo de transductor de presión en Kia Río Stylus 1.6 L

Valores extraídos de la gráfica de transductor de presión		
Grados	Voltios	PSI
0°	0.745	42.073
90°	0.510	13.415
150°	0.455	6.707
180°	0.470	8.537
270°	0.500	12.195
360°	0.500	12.195
450°	0.460	7.317
540°	0.455	6.707
600°	0.475	9.146
720	0.745	42.073

Figura 94

Análisis de la gráfica de transductor del Kia Río Stylus 1.6 L



Datos del vehículo Nissan Versa 1.6 L

Figura 95

Vehículo Nissan Versa 1.6 L



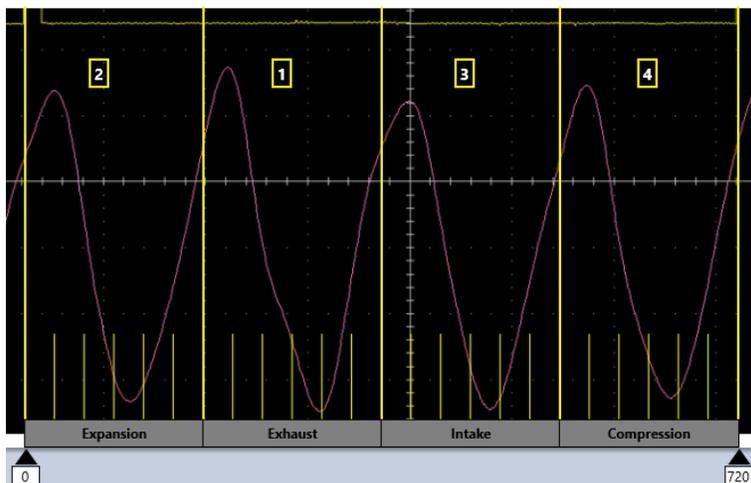
Sistema de escape

En la gráfica resultante se obtuvo una variación en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, los valores de los picos del cilindro 1 con 0.56 voltios y el valor mínimo del cilindro 3 con 0.44 voltios, teniendo una diferencia de 0.12 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 7.61 psi en el cilindro 1, mientras que en el cilindro 3 siendo este el valor menor se tiene 5.98 psi, dando como resultado una diferencia de 1.63 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en el cilindro 1 con un valor de 0.48 voltios y en el cilindro 4 se encuentra el valor mínimo con 0.44 voltios, existiendo una diferencia de 0.04 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en el cilindro 1 un valor de 6.53 psi y en el cilindro 4 un resultado de 5.98, generando una diferencia resultante de 0.54 psi.

Figura 96

Análisis de la gráfica de escape del Nissan Versa 1.6 L



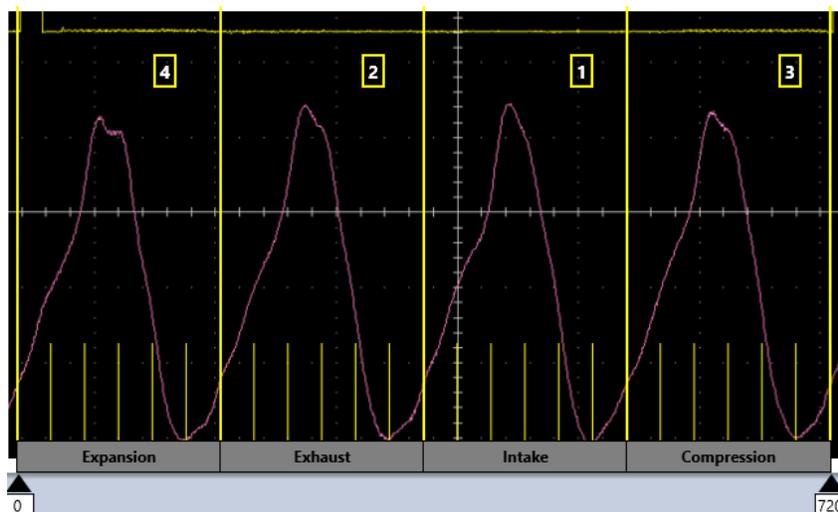
Sistema de admisión

Existe una variación mínima en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, el valor del pico más alto es en el cilindro 1-2-3 con 1.20 voltios y el valor mínimo del cilindro 4 es de 1.10, teniendo una diferencia de 0.10 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 16.32 psi en los cilindros 1-2-3, mientras que en el cilindro 4 se obtiene 14.96 psi, dando como resultado una diferencia de 1.36 psi.

En la parte inferior no existe una variación de voltaje en sus picos la cual se pueda considerar a simple vista. El valor del pico de las ondas es de 1.00 voltios dando una equivalencia de 13.60 psi.

Figura 97

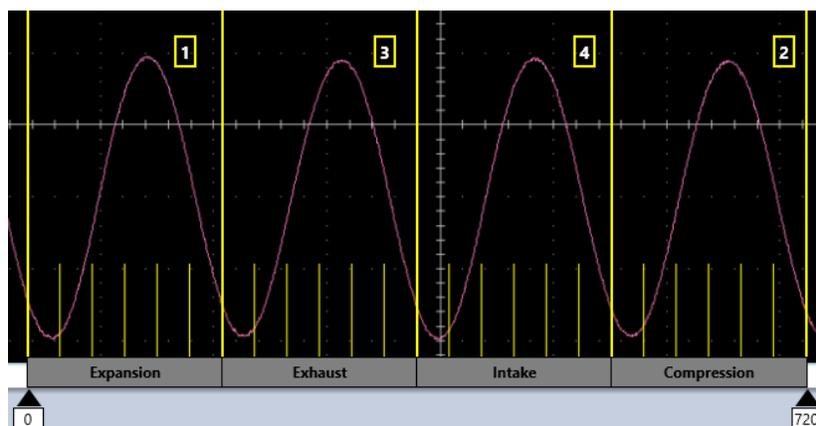
Análisis de la gráfica de admisión del Nissan Versa 1.6 L

**Cárter**

Considerando los valores de la gráfica resultante se evidenció una señal de onda totalmente uniforme en sus picos tanto superiores como inferiores, teniendo valores de voltaje en sus extremos de 1.95 voltios, realizando la conversión correspondiente para tener el resultado en valores de presión se tiene un valor único de 26.51 psi, por lo tanto, no existe ningún tipo de diferencia en los resultados obtenidos

Figura 98

Análisis de la gráfica de cárter del Nissan Versa 1.6 L



Transductor de presión

Los valores obtenidos se clasifican en puntos donde la gráfica genera cambios drásticos, se tabulan los datos en forma de voltaje y a través de la conversión correspondiente se obtienen los valores en presión.

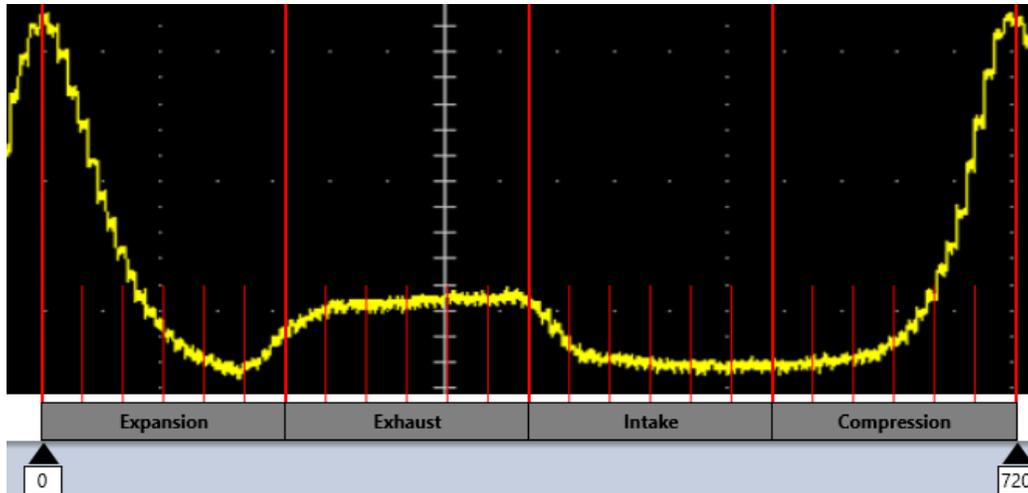
Tabla 29

Resultados del ensayo de transductor de presión en Nissan Versa 1.6 L

Valores extraídos de la gráfica de transductor de presión		
Grados	Voltios	PSI
0°	0.785	46.951
90°	0.515	14.024
150°	0.465	7.927
180°	0.485	10.366
270°	0.515	14.024
360°	0.525	15.244
450°	0.470	8.537
540°	0.470	8.537
600°	0.475	9.146
720	0.785	46.951

Figura 99

Análisis de la gráfica de transductor del Nissan Versa 1.6 L



Datos del Vehículo Hyundai Terracan 2.5L

Figura 100

Vehículo Hyundai Terracan 2.5 L



Sistema de escape

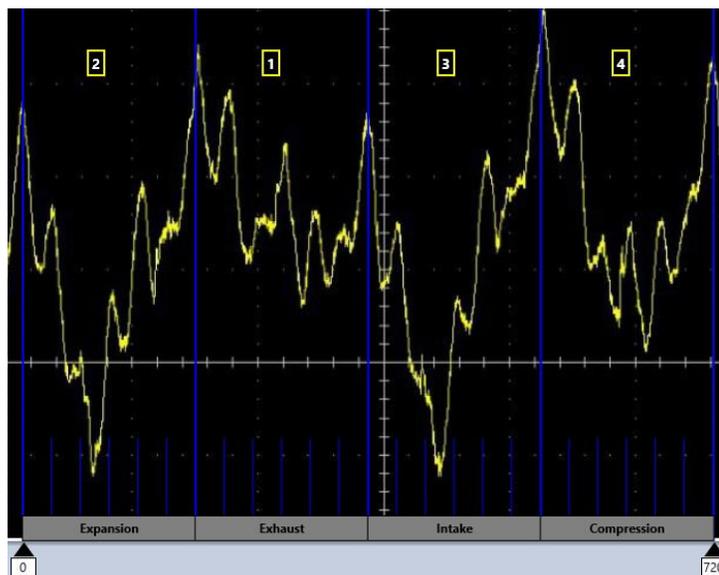
En la gráfica resultante se obtuvo una variación en los picos de voltaje tanto superiores como inferiores, los valores de los picos de los cilindros 2 y 3 con 0.4 voltios y el valor mínimo

del cilindro 4 con 0.25 voltios, teniendo una diferencia de 0.15 voltios, con su respectiva transformación a presión se tiene resultados de 5.44 psi en los cilindros 2 y 3, mientras que en el cilindro 4 siendo este el valor menor se tiene 3.40 psi, dando como resultado una diferencia de 2.04 psi.

De la misma manera en la parte baja de la línea de referencia a cero se tienen valores mayores en los cilindros 2 y 3 con un valor de 0.35 voltios y en el cilindro 1 se encuentra el valor mínimo con 0.15 voltios, existiendo una diferencia de 0.20 voltios, la conversión a presión se tienen los resultados en los cilindros 2 y 3 un valor de 4.76 psi y en el cilindro 1 un resultado de 2.04, generando una diferencia resultante de 2.72 psi.

Figura 101

Análisis de la gráfica de escape del Hyundai Terracan 2.5 L



Cárter

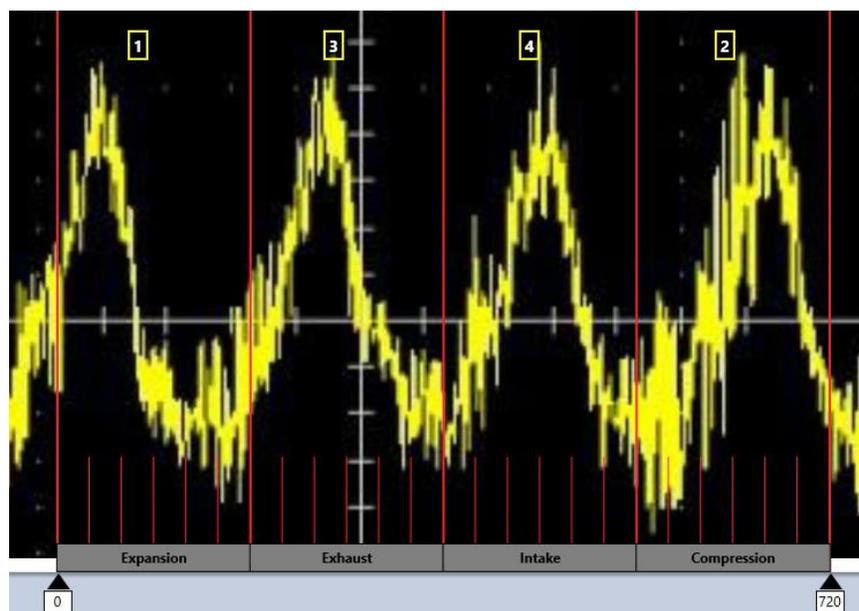
Existe una variación de los picos de voltaje, en donde los cilindros 1-2 tiene un valor máximo de 0.024 voltios y los cilindros 3-4 tienen un valor mínimo de 0.016 voltios teniendo una

diferencia resultante de 0.008 voltios, con sus respectivas equivalencias de 0.326 psi en el valor máximo y 0.218 psi en el mínimo, con una diferencia 0.109 psi.

En el sector inferior de la línea de referencia neutra se tiene un valor máximo en el cilindro 2 con un valor de 0.016 voltios y en el cilindro 3 se obtiene 0.008 voltios, con una diferencia de 0.008 voltios, sus equivalencias respectivas son 0.218 psi en el pico máximo y 0.109 psi en el mínimo, con una diferencia de 0.109 psi

Figura 102

Análisis de la gráfica de cárter del Hyundai Terracan 2.5 L



Transductor de presión

Los valores obtenidos se clasifican en puntos donde la gráfica genera cambios drásticos, se tabulan los datos en forma de voltaje y a través de la conversión correspondiente se obtienen los valores en presión.

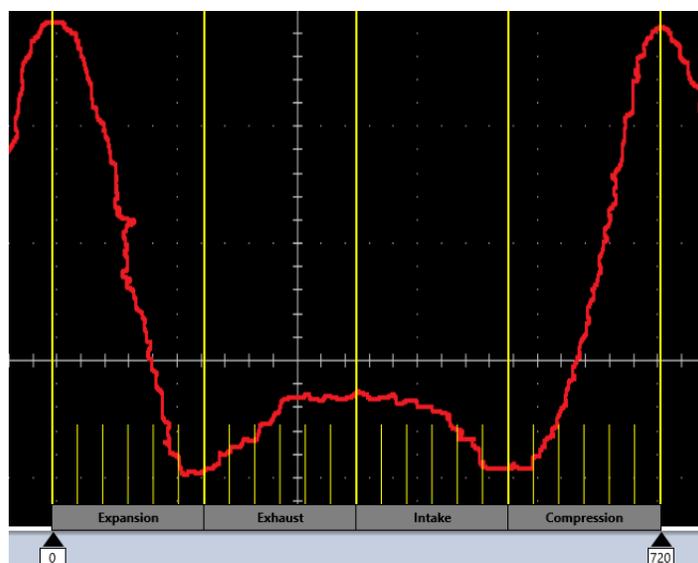
Tabla 30

Resultados del ensayo de transductor de presión en Hyundai Terracan 2.5 L

Valores extraídos de la gráfica de transductor de presión		
Grados	Voltios	PSI
0°	1.350	115.853
90°	0.950	67.073
150°	0.650	30.488
180°	0.700	36.585
270°	0.900	60.975
360°	0.905	61.585
450°	0.660	31.707
540°	0.650	30.488
600°	0.710	37.805
720	1.350	115.853

Figura 103

Análisis de la gráfica de transductor del Hyundai Terracan 2.5 L



Datos del vehículo Hino Dutro 616 4.0 L

Figura 104

Vehículo Hino Dutro 616 4.0 L

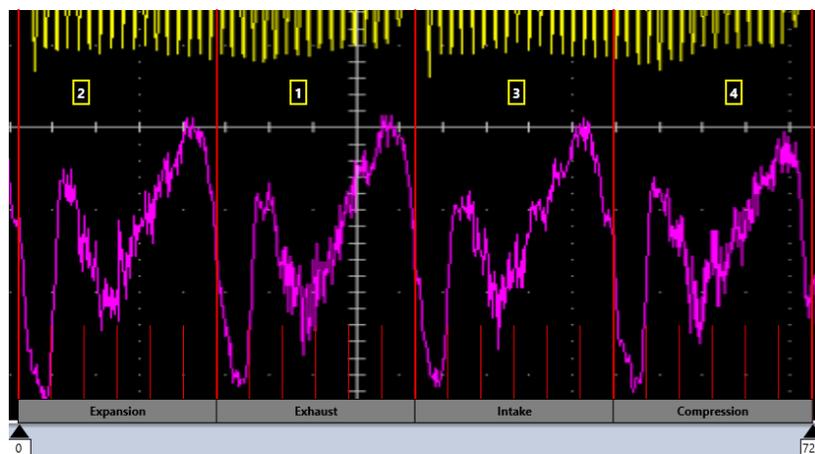


Sistema de escape

En la gráfica resultante no se evidencia una variación considerable entre los picos de voltaje, por lo tanto, en el área superior se tiene un voltaje de 0.8 que en presión es equivalente a 10.88 psi, a su vez en el apartado inferior existe picos con un voltaje de 0.9 equivalente a 12.24 psi.

Figura 105

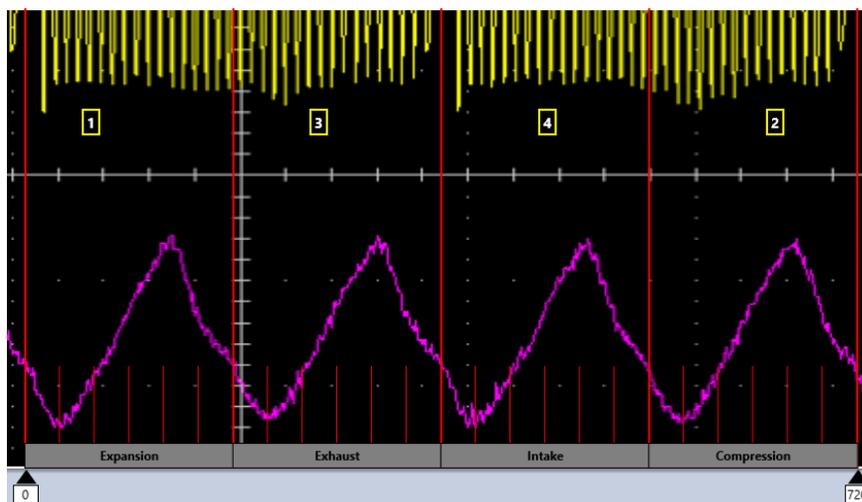
Análisis de la gráfica de escape del Hino Dutro 616 4.0 L

**Cárter**

En la gráfica resultante no se evidencia una variación considerable entre los picos de voltaje, por lo tanto, en el área superior se tiene un voltaje de 0.010 que en presión es equivalente a 0.136 psi, a su vez en el apartado inferior existe picos con un voltaje de 0.015 equivalente a 0.204 psi.

Figura 106

Análisis de la gráfica del cárter del Hino Dutro 616 4.0 L



Transductor de presión

Los valores obtenidos se clasifican en puntos donde la gráfica genera cambios drásticos, se tabulan los datos en forma de voltaje y a través de la conversión correspondiente se obtienen los valores en presión.

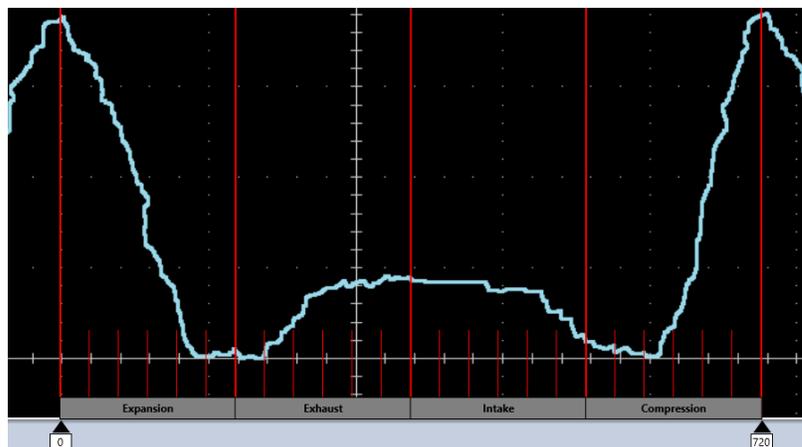
Tabla 31

Resultados del ensayo de transductor de presión en Hino Dutro 616 4.0 L

Valores extraídos de la gráfica de transductor de presión		
Grados	Voltios	PSI
0°	1.550	140.243
90°	0.96	68.292
150°	0.68	34.146
180°	0.700	36.585
270°	0.900	60.975
360°	0.900	60.975
450°	0.640	29.268
540°	0.660	31.707
600°	0.720	39.024
720	1.550	140.243

Tabla 32

Análisis de la gráfica de transductor del Hino Dutro 616 4.0 L



Análisis e interpretación de gráficas resultantes

Con las gráficas resultantes ya extraídas de cada ensayo correspondiente se realizó un diagnóstico en base a los valores de voltaje, así como de presiones, de esta manera se estableció procedimientos capaces de guiar al usuario hacia un diagnóstico eficiente haciendo uso de la herramienta de diagnóstico.

Para la ayuda del diagnóstico se establecieron rangos de valores de voltajes, así como de presión en cada sistema, con esto simplemente se verifica si existe algún problema en el motor de combustión interna, luego se analiza el elemento o el punto de partida de la falla.

Tabla 33

Rangos de valores para herramienta first look en motores gasolina

Rangos de valores para la herramienta de diagnóstico first look en gasolina						
DIFERENCIA DE VALORES						
	Sistema de escape		Sistema de admisión		Cárter	
	Voltaje	Presión	Voltaje	Presión	Voltaje	Presión
Motor en correcto funcionamiento	≤ 0.05 V	≤ 0.58 psi	≤ 0.08 V	≤ 1.09 psi	≤ 0.01 V	≤ 0.14 psi

Nota. Rangos establecidos en base a la experimentación.

Tabla 34

Rangos de valores para la herramienta de transductor de presión gasolina

Rangos de valores para la herramienta de diagnóstico transductor de presión gasolina										
	Presión [PSI]									
	0°	90°	150°	180°	270°	360°	450°	540°	600°	720°
Valor Máximo	60	14.7	8.5	11.6	14.7	15.9	9.5	8.5	9.8	60
Valor Mínimo	40	13.5	6.5	8.4	12.1	12.5	7.3	6.5	8.5	40

Nota. Rangos establecidos en base a la experimentación.

Tabla 35

Rangos de valores para herramienta first look en motores diesel

Rangos de valores para la herramienta de diagnóstico first look en diesel				
DIFERENCIA DE VALORES				
	Sistema de escape		Cárter	
	Voltaje	Presión	Voltaje	Presión
Motor en correcto funcionamiento	≤ 0.10 V	≤ 1.36 psi	≤ 0.005V	≤ 0.068 psi

Nota. Rangos establecidos en base a la experimentación.**Tabla 36**

Rangos de valores para la herramienta de transductor de presión diésel

Rangos de valores para la herramienta de diagnóstico transductor de presión diésel										
	Presión [PSI]									
	0°	90°	150°	180°	270°	360°	450°	540°	600°	720°
Valor Máximo	145	70	35	40	65	63	33	33	43	145
Valor Mínimo	100	65	28	34	58	58	28	28	35	100

Nota. Rangos establecidos en base a la experimentación.**Diagnóstico del vehículo Chevrolet Spark 1.2 L**

Con los valores obtenidos se realizó una tabulación para ayudar a tener una comparativa de los mismos considerando el valor mayor entre los picos superiores e inferiores.

Tabla 37

Análisis con first look de Chevrolet Spark 1.2L

Análisis de resultados con first look			
Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Sistema de escape	0.08	1.09	<u>INCORRECTO</u>
Sistema de admisión	0.10	1.36	<u>INCORRECTO</u>

Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Cárter	0	0	CORRECTO

El diagnóstico para definir se explica en la siguiente tabla

Tabla 38

Diagnóstico con first look de Chevrolet Spark 1.2 L

Diagnóstico según el sistema		
Sistema de escape	Sistema de admisión	Cárter
Mezcla pobre en el cilindro 1 o posible falla en el inyector.	Válvula de admisión de los cilindros 1 y 3 quemadas	N/A

Tabla 39

Análisis de transductor de presión de Chevrolet Spark 1.2 L

Análisis de resultados transductor de presión		
Grados	PSI	CONDICION
0°	47.561	CORRECTO
90°	14.634	CORRECTO
150°	8.537	INCORRECTO
180°	10.976	CORRECTO
270°	14.634	CORRECTO
360°	15.854	CORRECTO
450°	9.146	CORRECTO
540°	8.537	INCORRECTO
600°	9.756	CORRECTO
720	47.561	CORRECTO

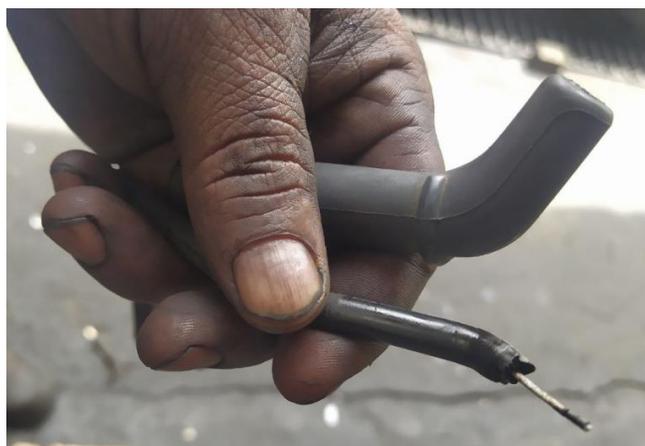
Tabla 40

Diagnóstico con transductor de Chevrolet Spark 1.2 L

Diagnóstico con transductor de presión	
Evento 1	Válvula de escape del cilindro 1 quemada
Evento 2	Válvula de admisión del cilindro 1 quemada

Figura 107

Cable de bujía roto



Nota. Misfire debido a la avería en el cable de bujía.

Diagnóstico del vehículo Chevrolet Spark GT 1.2 L

Tabla 41

Análisis con first look de Chevrolet Spark GT 1.2L

Análisis de resultados con first look			
Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Sistema de escape	0.04	0.54	<u>INCORRECTO</u>
Sistema de admisión	0.05	0.68	<u>INCORRECTO</u>
Cárter	0	0	CORRECTO

Tabla 42

Diagnóstico con first look de Chevrolet Spark GT 1.2L

Diagnóstico según el sistema		
Sistema de escape	Sistema de admisión	Cárter
Mezcla pobre en los cilindros 1 y 4 o posible falla en inyectores	Válvula de admisión de los cilindros 3 y 4 sucias	N/A

Tabla 43

Análisis con transductor de Chevrolet Spark GT 1.2 L

Análisis de resultados transductor de presión		
Grados	PSI	CONDICION
0°	42.317	CORRECTO
90°	14.024	CORRECTO
150°	7.317	CORRECTO
180°	9.756	CORRECTO
270°	12.805	CORRECTO
360°	12.805	CORRECTO
450°	7.927	CORRECTO
540°	7.317	CORRECTO
600°	9.512	CORRECTO
720	42.317	CORRECTO

Tabla 44

Diagnóstico con transductor de Chevrolet Spark GT 1.2 L

Diagnóstico con transductor de presión	
Evento 2	No existe fallas en el motor de combustión interna

Diagnóstico del vehículo Chevrolet Sail 1.4 L

Tabla 45

Análisis con first look de Chevrolet Sail 1.4 L

Análisis de resultados con first look			
Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Sistema de escape	0.12	1.63	<u>INCORRECTO</u>
Sistema de admisión	0.06	0.82	<u>INCORRECTO</u>
Cárter	0	0	CORRECTO

Tabla 46

Diagnóstico con first look de Chevrolet Sail 1.4 L

Diagnóstico según el sistema		
Sistema de escape	Sistema de admisión	Cárter
Misfire en el cilindro 1 debido a la ineficiencia de la chispa eléctrica.	Válvula de admisión del cilindro 1 quemada	N/A

Tabla 47

Análisis con transductor de Chevrolet Sail 1.4 L

Análisis de resultados transductor de presión		
Grados	PSI	CONDICION
0°	48.170	CORRECTO
90°	15.244	INCORRECTO
150°	9.146	INCORRECTO
180°	11.585	CORRECTO
270°	15.244	INCORRECTO
360°	15.854	CORRECTO
450°	9.756	INCORRECTO
540°	9.146	INCORRECTO
600°	10.366	INCORRECTO
720	48.170	CORRECTO

Tabla 48

Diagnóstico con transductor de Chevrolet Sail 1.4 L

Diagnóstico con transductor de presión	
Evento 1	Válvula de escape del cilindro 1 quemada
Evento 2	Sistema de escape obstruido
Evento 3	Válvula de admisión de cilindro 1 quemada

Figura 108

Válvulas de admisión quemadas

**Diagnóstico del vehículo Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L****Tabla 49**

Análisis con first look de Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L

Análisis de resultados con first look			
Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Sistema de escape	0.90	12.24	<u>INCORRECTO</u>
Sistema de admisión	0.10	1.36	<u>INCORRECTO</u>
Cárter	0.35	4.76	<u>INCORRECTO</u>

Tabla 50

Diagnóstico con first look de Chevrolet Captiva LTZ 1.5 L

Diagnóstico según el sistema		
Sistema de escape	Sistema de admisión	Cárter
Misfire en los cilindros 1 y 3 debido a la chispa ineficiente	Válvula de admisión de los cilindros 1 y 2 quemadas	Pistón picado o desgaste en rines del cilindro 3

Figura 109

Pistón con rotura entre los anillos



Diagnóstico del vehículo Aveo Activo 1.6 L

Tabla 51

Análisis con first look de Chevrolet Aveo Activo 1.6 L

Análisis de resultados con first look			
Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Sistema de escape	0.30	4.08	<u>INCORRECTO</u>
Sistema de admisión	0.10	1.36	<u>INCORRECTO</u>
Cárter	0	0	CORRECTO

Tabla 52

Diagnóstico con first look de Chevrolet Aveo Activo 1.6 L

Diagnóstico según el sistema		
Sistema de escape	Sistema de admisión	Cárter
Mezcla pobre en los cilindros 1 y 4 o posible falla en inyectores	Válvula de admisión del cilindro 3 quemada	N/A

Tabla 53

Análisis con transductor de Chevrolet Aveo Activo 1.6 L

Análisis de resultados transductor de presión		
Grados	PSI	CONDICION
0°	57.317	CORRECTO
90°	16.634	CORRECTO
150°	7.317	CORRECTO
180°	8.537	CORRECTO
270°	9.756	INCORRECTO
360°	8.537	INCORRECTO
450°	6.098	INCORRECTO
540°	6.098	INCORRECTO
600°	8.537	CORRECTO
720	57.317	CORRECTO

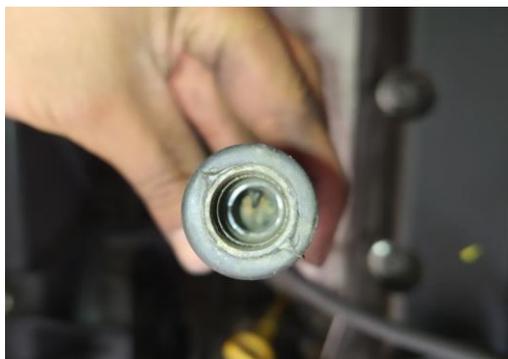
Tabla 54

Diagnóstico con transductor de Chevrolet Aveo Activo 1.6 L

Diagnóstico con transductor de presión	
Evento 1	Sistema de escape obstruido
Evento 2	Válvulas de admisión quemadas

Figura 110

Cable de bujía en mal estado

**Diagnóstico del vehículo Haval M4 1.5 L****Tabla 55**

Análisis con first look de Haval M4 1.5 L

Análisis de resultados con first look			
Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Sistema de escape	1.0	13.60	<u>INCORRECTO</u>
Sistema de admisión	0.10	1.36	<u>INCORRECTO</u>
Cárter	0	0	CORRECTO

Tabla 56

Diagnóstico con first look de Haval M4 1.5 L

Diagnóstico según el sistema		
Sistema de escape	Sistema de admisión	Cárter
Misfire en el cilindro 1 debido a falta de chispa eléctrica (bobina de encendido averiada)	Válvula de admisión de los cilindros 3 y 4 quemadas	N/A

Tabla 57

Análisis con transductor de Haval M4 1.5 L

Análisis de resultados transductor de presión		
Grados	PSI	CONDICION
0°	47.561	CORRECTO
90°	14.634	CORRECTO
150°	8.537	INCORRECTO
180°	10.976	CORRECTO
270°	14.024	CORRECTO
360°	15.244	CORRECTO
450°	9.146	CORRECTO
540°	8.537	INCORRECTO
600°	9.146	CORRECTO
720	47.561	CORRECTO

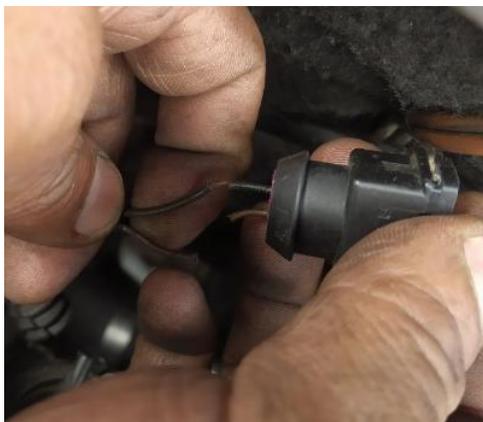
Tabla 58

Diagnóstico con transductor de Haval M4 1.5 L

Diagnóstico con transductor de presión	
Evento 1	Válvulas de escape con suciedad
Evento 2	Válvulas de admisión con suciedad

Figura 111

Conector de inyector en mal estado

**Diagnóstico del vehículo Hyundai Tucson 2.0 L****Tabla 59**

Análisis con first look de Hyundai Tucson 2.0 L

Análisis de resultados con first look			
Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Sistema de escape	0.04	0.54	<u>INCORRECTO</u>
Sistema de admisión	0.03	0.41	<u>INCORRECTO</u>
Cárter	0	0	CORRECTO

Tabla 60

Diagnóstico con first look de Hyundai Tucson 2.0 L

Diagnóstico según el sistema		
Sistema de escape	Sistema de admisión	Cárter
Problema leve en mezcla pobre en el cilindro 3	Válvula de admisión del cilindro 2 quemada	N/A

Tabla 61

Análisis con transductor de Hyundai Tucson 2.0 L

Análisis de resultados transductor de presión		
Grados	PSI	CONDICION
0°	46.341	CORRECTO
90°	12.195	INCORRECTO
150°	6.098	INCORRECTO
180°	12.195	INCORRECTO
270°	14.634	CORRECTO
360°	12.195	INCORRECTO
450°	9.756	INCORRECTO
540°	8.537	INCORRECTO
600°	9.756	CORRECTO
720	46.341	CORRECTO

Tabla 62

Diagnóstico con transductor de Hyundai Tucson 2.0 L

Diagnóstico con transductor de presión	
Evento 1	Válvulas de escape quemadas
Evento 2	Sistema de escape levemente obstruido
Evento 3	Válvulas de admisión quemadas

Figura 112

Válvulas de admisión y escape quemadas

**Diagnóstico del vehículo Kia Río Stylus 1.6 L****Tabla 63**

Análisis con first look de Kia Río Stylus 1.6 L

Análisis de resultados con first look			
Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Sistema de escape	0.15	2.04	<u>INCORRECTO</u>
Sistema de admisión	0.05	0.68	<u>INCORRECTO</u>
Cárter	0.15	2.04	<u>INCORRECTO</u>

Tabla 64

Diagnóstico con first look de Kia Río Stylus 1.6 L

Diagnóstico según el sistema		
Sistema de escape	Sistema de admisión	Cárter
Chispa eléctrica levemente ineficiente de cilindro 1	Válvula de admisión del cilindro 2 quemada	Empaque de cabezote quemado entre los cilindros 2 y 3

Tabla 65

Análisis con transductor de Kia Río Stylus 1.6 L

Análisis de resultados transductor de presión		
Grados	PSI	CONDICION
0°	42.073	CORRECTO
90°	13.415	INCORRECTO
150°	6.707	CORRECTO
180°	8.537	CORRECTO
270°	12.195	CORRECTO
360°	12.195	INCORRECTO
450°	7.317	CORRECTO
540°	6.707	CORRECTO
600°	9.146	CORRECTO
720	42.073	CORRECTO

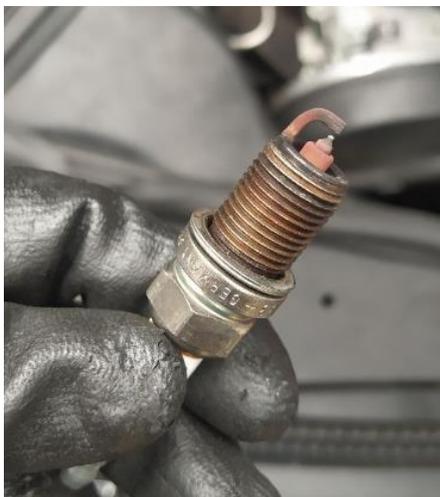
Tabla 66

Diagnóstico con transductor de Kia Río Stylus 1.6 L

Diagnóstico con transductor de presión	
Evento 1	Empaque de cabezote quemado
Evento 2	Válvula de admisión del cilindro 1 quemada

Figura 113

Presencia de agua en bujía por empaque de cabezote en mal estado



Diagnóstico del vehículo Nissan Versa 1.6 L

Tabla 67

Análisis con first look de Nissan Versa 1.6 L

Análisis de resultados con first look			
Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Sistema de escape	0.12	1.63	<u>INCORRECTO</u>
Sistema de admisión	0.10	1.36	<u>INCORRECTO</u>
Cárter	0	0	CORRECTO

Tabla 68

Diagnóstico con first look de Nissan Versa 1.6 L

Diagnóstico según el sistema		
Sistema de escape	Sistema de admisión	Cárter
Mezcla pobre en el cilindro 3 o posible falla en el inyector.	Válvula de admisión de cilindro 4 quemada	N/A

Tabla 69

Análisis con transductor de Nissan Versa 1.6 L

Análisis de resultados transductor de presión		
Grados	PSI	CONDICION
0°	46.951	CORRECTO
90°	14.024	CORRECTO
150°	7.927	CORRECTO
180°	10.366	CORRECTO
270°	14.024	CORRECTO
360°	15.244	CORRECTO
450°	8.537	CORRECTO
540°	8.537	INCORRECTO
600°	9.146	CORRECTO
720	46.951	CORRECTO

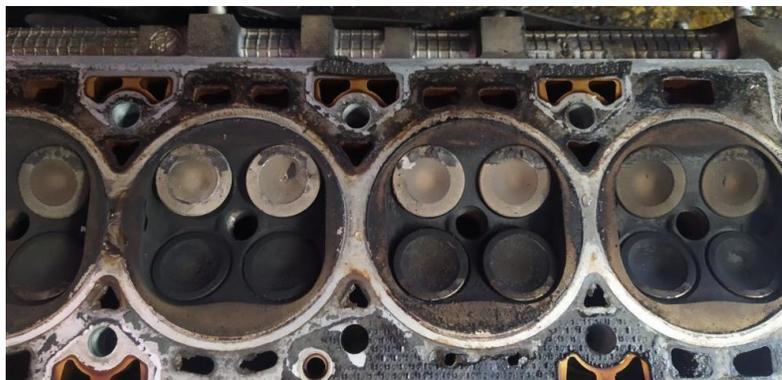
Tabla 70

Diagnóstico con transductor de Nissan Versa 1.6 L

Diagnóstico con transductor de presión	
Evento 1	Válvulas de admisión quemadas

Figura 114

Válvulas de admisión quemadas

**Diagnóstico del vehículo Hyundai Terracan 2.5 L****Tabla 71**

Análisis con first look de Hyundai Terracan 2.5 L

Análisis de resultados con first look			
Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Sistema de escape	0.15	2.04	<u>INCORRECTO</u>
Cárter	0.008	0.109	<u>INCORRECTO</u>

Tabla 72

Diagnóstico con first look de Hyundai Terracan 2.5 L

Diagnóstico según el sistema	
Sistema de escape	Cárter
Calibración incorrecta de inyectores y bomba de alta presión (humo negro excesivo)	Empaque de cabezote averiado (Temperatura elevada)

Tabla 73

Análisis con transductor de Hyundai Terracan 2.5 L

Análisis de resultados transductor de presión		
Grados	PSI	CONDICION
0°	115.853	CORRECTO
90°	67.073	CORRECTO
150°	30.488	CORRECTO
180°	36.585	CORRECTO
270°	60.975	INCORRECTO
360°	61.585	CORRECTO
450°	31.707	CORRECTO
540°	30.488	CORRECTO
600°	37.805	CORRECTO
720	115.853	CORRECTO

Tabla 74

Diagnóstico con transductor de Hyundai Terracan 2.5 L

Diagnóstico con transductor de presión	
Evento 1	Empaque de cabezote averiado

Figura 115

Empaque de cabezote averiado

**Diagnóstico del vehículo Hino Dutro 616 4.0 L****Tabla 75**

Análisis con first look de Hino Dutro 616 4.0 L

Análisis de resultados con first look			
Diferencia de:	Voltaje [V]	Presión [PSI]	Condición
Sistema de escape	0	0	CORRECTO
Cárter	0	0	CORRECTO

Tabla 76

Diagnóstico con first look de Hino Dutro 616 4.0 L

Diagnóstico según el sistema	
Sistema de escape	Cárter
En perfectas condiciones	En perfectas condiciones

Tabla 77

Análisis con transductor de Hino Dutro 616 4.0 L

Análisis de resultados transductor de presión		
Grados	PSI	CONDICION
0°	140.243	CORRECTO
90°	68.292	CORRECTO
150°	34.146	CORRECTO
180°	36.585	CORRECTO
270°	60.975	CORRECTO
360°	60.975	CORRECTO
450°	29.268	CORRECTO
540°	31.707	CORRECTO
600°	39.024	CORRECTO
720	140.243	CORRECTO

Tabla 78

Diagnóstico con transductor de presión de Hino Dutro 616 4.0 L

Diagnóstico con transductor de presión	
Evento 1	Sin averías en el motor de combustión

Capítulo V

Marco administrativo

Recursos

Todos los parámetros utilizados para la elaboración del presente proyecto de investigación son: recursos humanos, materiales y tecnológicos.

Recursos humanos

Los recursos humanos utilizados en la investigación de “Diseño y construcción de un sistema de diagnóstico por transductor de presión y vibración electrónico first look para motores de combustión gasolina – diesel”, se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 79

Recursos humanos

Orden	Descripción	Cantidad	Función
1	Pillajo Yépez, Steven Joel	1	Investigador
2	Ing. Erazo Laverde, Washington Germán	1	Colaborador Científico

Recursos tecnológicos

Los siguientes recursos tecnológicos utilizados en el presente proyecto de investigación permitieron la aplicación web, obtención de gráficas de onda, obtención de datos, diseño de circuitos electrónicos, diseño y modelado en 2D-3D, son detallados en la siguiente tabla.

Tabla 80

Recursos Tecnológicos

Orden	Cantidad	Descripción
1	1	Osciloscopio Hantek 1008c
2	1	Software de osciloscopio Hantek 1008c
3	1	Software Proteus Professional 8.2
4	1	Software Pressure Waveform Overlays
5	1	Software CAD SolidWorks
6	1	Paquete Office
7	1	Laptop portátil

Recursos materiales

Para la ejecución del proyecto de investigación se realizó el uso de los siguientes componentes, equipos y materiales los cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 81

Recursos materiales

Orden	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor total
1	1	Osciloscopio Hantek 1008c	\$165	\$165
2	2	Sensor Walfront P265 de 500 psi	\$35	\$70

Orden	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor total
3	2	Sensor piezoeléctrico 4334	\$5	\$10
4	1	Manguera R6 1/4"	\$4	\$4
5	1	Acople de cobre B2 de 1/8 x 1/4"	\$3	\$3
6	4	Acoples y tapones PVC	\$1.5	\$6
7	1	Cable BNC	\$5	\$5
8	1	Regulador de voltaje Drok 2203 ADJ	\$16	\$16
9	1	Manguera R1 de 1/4" de alta presión	\$25	\$25
10	2	Reductores de cobre B3 hembra y macho	\$2	\$4
11	1	Impresión de circuito PCB en CNC	\$8	\$8
12	1	Caja plástica desmontable de 10x7x4 cm	\$11	\$11
13	1	Impresión en 3D con filamento PLA	\$25	\$25
14	1	Elementos y componentes electrónicos	\$5	\$5
15	3	Adaptadores-acoples para bujía	\$6	\$18
16	1	Viáticos	\$70	\$70
Costo Total				\$445

Presupuesto

El proyecto de investigación requirió un presupuesto el cual se distribuyó para recursos materiales, alquilada de vehículos de pruebas y la movilidad, en la siguiente tabla se detallan.

Costo total del proyecto de investigación

El costo total del proyecto es de \$ dólares americanos

Tabla 82

Costo total

Orden	Descripción	Costo total
1	Recursos materiales	\$ 445
2	Alquilada de vehículos de pruebas	\$ 200
3	Movilidad	\$ 100
TOTAL		\$ 745

Financiamiento

El financiamiento requerido para el proyecto de investigación se lo realizó por parte del investigador Pillajo Yépez Steven Joel, de tal manera que la inversión unitaria fue de \$745.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se diseñó y construyó un sistema de diagnóstico por transductor de presión-vibración electrónico first look para determinar el estado de motores de combustión gasolina-diesel.
- Se obtuvo información sobre sensores piezoeléctricos, herramientas de diagnóstico automotriz, analizador de motores, gráficas de onda de señal, sistema de escape, sistema de ingreso de aire y oscilaciones generadas por las vibraciones del motor.
- Se realizó un levantamiento de requerimientos para cada uno de los componentes considerando las capacidades de compresión de los motores de combustión interna.
- Se acopló los componentes seleccionados para obtener las señales generadas por los motores para su posterior análisis.
- Se realizó pruebas experimentales de factibilidad en el uso del equipo para el diagnóstico de motores gasolina y diesel
- Se determinó la factibilidad del uso de la herramienta de diagnóstico en base a los resultados obtenidos en las pruebas de campo.
- Se diseñó un acabado de producto terminado del equipo de diagnóstico mediante el uso de herramientas computacionales.
- Los elementos eléctricos y electrónicos son muy accesibles en el mercado, así como la construcción de todo el producto final.

- El diagnóstico de motores de combustión interna gasolina y diesel se lo realizó de manera exitosa gracias a la interpretación de las gráficas generadas por la herramienta de diagnóstico.
- Los sensores de transductor de presión y piezo eléctrico cumplen con los requerimientos necesarios para generar señales gráficas en tiempo real en base a la funcionalidad del motor de combustión.
- Los procedimientos establecidos para el uso de la herramienta de diagnóstico detallan a precisión los parámetros necesarios para la calibración del osciloscopio, así como la instalación del equipo.
- El software Pressure Waveform Overlays cumple con la factibilidad para la interpretación e identificación de las gráficas de onda resultantes.
- El conjunto de dos equipos diseñado ayuda a generar un diagnóstico preciso, en poco tiempo y sin la necesidad de un método invasivo al motor de combustión.
- Para el sistema de escape en motores a gasolina se establece un rango de diferencia entre picos de $\leq 0.05 \text{ V} / \leq 0.58 \text{ psi}$, mientras que en motores diésel se especifica $\leq 0.10 \text{ V} / \leq 1.36 \text{ psi}$.
- En el sistema de admisión en motores a gasolina se establece el rango de diferencia entre picos de $\leq 0.08 \text{ V} / \leq 1.09 \text{ psi}$.
- En los motores diesel no se puede ejecutar el diagnóstico a través de la herramienta first look en el sistema de admisión ya que estas máquinas térmicas no generan su propia depresión y necesitan de una fuente auxiliar como una bomba de vacío.
- Para el diagnóstico a través de las presiones del cárter se establece un rango aceptable entre la diferencia de los picos de la gráfica, para los motores gasolina se encuentra en $\leq 0.01 \text{ V} / \leq 0.14 \text{ psi}$, mientras que para motores diesel está en $\leq 0.005 \text{ V} / \leq 0.068 \text{ psi}$.

- El diagnóstico con la herramienta de transductor de presión se apoya en los valores de presión máximos y mínimos establecidos en los grados estratégicos en base al funcionamiento y mecanismo del motor.
- Con el prototipo final es posible determinar si existe fallas de encendido(misfire), válvulas quemadas, obstrucción en el sistema de escape, pérdida de compresión por pistón picado y empaque de cabezote en malas condiciones.
- Se elaboró una interfaz a través de macros en el software de Microsoft Excel la cual permite realizar la conversión de voltaje a psi de los resultados obtenidos de las herramientas de diagnóstico de manera rápida.

Recomendaciones

- Evitar fugas de presiones en los ensayos del sistema de admisión y cárter con la herramienta first look.
- Verificar que las escalas del osciloscopio se encuentren dentro del rango especificado para cada herramienta.
- Con la ayuda de cuerdas se recomienda sujetar a la herramienta de diagnóstico en un lugar en donde las vibraciones del motor no alteren de manera directa a la carcasa.
- Utilizar acoples o reductores según el tamaño y rosca de la bujía que disponga el vehículo.
- Comprobar la salida de voltaje de la fuente para el transductor de presión y evitar mediciones sin el voltaje necesario en la alimentación del sensor.
- Con acoples pequeños de manguera se recomienda hacer un ajuste preciso para las pruebas en el sistema de admisión y cárter.
- En el análisis de las gráficas se debe identificar el cilindro 1 según el sistema en el cual se esté realizando el diagnóstico.

- Para el diagnóstico con el transductor de presión, se recomienda desconectar el inyector con el fin de evitar golpes hidráulicos en la cámara de combustión.
- Si la señal de referencia se la toma del CKP o CMP, se debe considerar la posición de compresión del cilindro 1.
- De preferencia se debe seguir los procedimientos de instalación de la herramienta con el fin de evitar malas mediciones o averías del equipo.

Bibliografía

- Alonso, J. (2013). *Técnicas del automóvil: Motores*. México.
- Bello, M. (2011). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: Paraninfo.
- Benitez, R., & Orozco, J. (2011). *Inyección electrónica en motores a gasolina*. México: México Digital Comunicación.
- Calle, E., & Rivas, D. (2014). *Diseño y construcción del múltiple de escape para el motor Yamaha FRZ600 de la fórmula SAE*. Quito.
- Carlos Rocha, E. S. (2017). *Sistemas de encendido sin distribuidor DIS y COP*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Castaño, M. (2017). *Funcionamiento de elemento piezo resistivos*. México.
- Colchado, A. (2014). *Múltiple de admisión*. México: Mani FoldDmx.
- Concepción, M. (2011). *Estrategias de sistemas OBD II*. *Automotive Diagnostics & Publishing*.
- Conesa, J. A. (2011). *Interpolación*. *Técnicas de cálculo en ingeniería química*.
- Crouse, W. H. (2010). *Mecánica del automóvil*. México.
- Denton, T. (2016). *Diagnóstico avanzado de fallas automotrices*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Denton, T. (2017). *Sistemas eléctricos y electrónico del automóvil*. México.
- Ditex. (2021). *Engine Diagnosis with pressure transducer*. *Automotive Advanced Pressure Diagnostic Kit*.
- DROK. (20 de Enero de 2020). *DC buck module*. Chicago, U.S.A.
- Fairchild. (2015). *LM78XX Terminal 1A Positive Voltaje*. Semiconductor.
- Fonseca, J. (2012). *Utilización del osciloscopio en el automóvil*. México.

- Gallegos, J. (2015). *Regulador de voltaje IC 7805*. Obtenido de <https://riverglennapts.com/es/current-voltage/234-voltage-regulator-7805.html>
- Garza, F. d. (2012). *Manual de inyección de gasolina y encendidos electrónicos*. México: Organización Aguila.
- Industry, D. (2019). *Industry*. Obtenido de <https://trends.directindustry.es/micro-sensor-co-ltd/project-56219-151057.html>
- Kavlico. (2019). Technical Specifications. *P265 Stainless Steel Pressure Transducers*. U.S.A.
- Larico, A. (2018). Diagnóstico del sistema de encendido por bobinas independientes COP del motor Toyota 1AZ FSE. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Lopez Lizardo, R. F. (2013). Osciloscopio personal a partir de un PC. Medellín.
- Menchu, J. (2014). Diagnostic Tools. *Motor Magazine*, 24.
- Mendoza, D. F. (2015). Diagnóstico de fallas automotrices mediante el uso de OBD II y escáner.
- Reynasa. (2 de Septiembre de 2020). *Reynasa Recambios*. Obtenido de <https://www.reynasa.es/calado-de-distribucion-del-coche/>
- Santander, J. (2015). Mecánica y electrónica automotriz. Colombia: Diseli .
- Stevenson, C. (21 de Julio de 2017). *Puro Motores*. Obtenido de <https://www.puomotores.com/13143608/como-un-motor-de-un-vehiculo-crea-un-vacio>
- Technology, P. (2016). Transductor de presión automotriz.
- Technology, S. X. (2016). User Guide For spark plug engines first look automotive. *Automotive Engine Diagnostic Sensor*.
- Techonology, S. X. (2012). User Guide For diesel engines first look automotive. *Engine diagnostic sensor*.

- TOP, R. (2020). *Como Reparar Automotriz*. Obtenido de <https://www.como-reparar.top/2020/01/sintomas-de-empaquetadura-de-culata.html>
- Torres, C. (2011). *Diseño y construcción de un osciloscopio didáctico para diagnóstico automotriz*. Cuenca, Ecuador.
- Velazquez, M. (2021). *Reguladores DC-DC Fotovoltaico*. Riunet.
- Vélez, D. A. (2018). *Diseño e implementación de un simulador para determinar fallas en un sensor CKP*. Instituto Universitario Pascual Bravo.
- Walfront. (20 de Agosto de 2021). *Amazon*. Obtenido de :
https://www.amazon.com//es/Sensortransductor-presi%C3%B3n-combustibleinoxidable/dp/B0748BN3YS/ref=sr_1_8?__mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&keywords=G1%2F4+pressure+transducer+sensor%2C+5v+output+input+0.5-4.5+v%2F0-5+v+pressure+transmitter+for
- Warren, M. (2015). *Driveability Corner*. *Motor Magazine*.

Anexos