

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

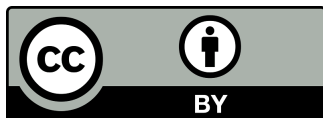
**Diseño de un escáner para la evaluación de fallas de vehículos
Toyota y Hyundai con sistema OBD II en la ciudad de Arequipa**

**Brandon Jean Pierre Gonzales Coaquira
Angel Cristhian Irure Vera**

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decana de la Facultad de Ciencias de la Salud
DE : Ever Luis Poma Tintaya
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 8 de mayo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Diseño de un escáner para la evaluación de fallas de vehículos Toyota y Hyundai con sistema OBD II en la ciudad de Arequipa

Autores:

1. Brandon Jean Pierre Gonzales Coaquira – EAP. Ingeniería Mecánica
2. Angel Cristhian Irupe Vera – EAP. Ingeniería Mecánica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI ☒ NO ☐
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 30 SI ☒ NO ☐
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI ☐ NO ☒

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTOS

Recordemos que la investigación es una tarea en equipo, por ello agradecemos a los que nos apoyaron y a lo largo de este proceso, contribuyendo al progreso y terminación de esta tesis.

Especialmente, agradecemos a nuestros padres y abuelos, quienes han sido los pilares esenciales en nuestra formación profesional. Les aseguramos que estarán en nuestros corazones.

Asimismo, agradecemos a la Universidad Continental, por su grado de exigencia académica, así como la gran oportunidad que nos otorgó de ingreso.

Agradecemos a los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica por su apoyo durante el desarrollo de esta tesis. De manera especial, extendemos nuestro agradecimiento al Mg. Ever Luis Poma Tintaya por sus valiosas contribuciones, que fueron fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo.

Por último, expresamos nuestro agradecimiento a nuestros hermanos, familiares y compañeros, con quienes tuvimos vivencias, aprendizajes y logros que nos impulsaron a alcanzar esta etapa final de nuestra formación universitaria.

DEDICATORIA

Esta tesis está dirigida a mi madre: Nancy Coaquira y a mis abuelos Juana Machaca y Bautista Coaquira por siempre brindarme su apoyo y exigencia. Asimismo, a quienes me inculcaron valores y enseñanzas a lo largo de mi vida profesional. A mis perritos: Peluchin, Merida, Goofy, Chuck y Blue, por siempre estar a mi lado en noches de trabajo y estudio, incondicionalmente. Finalmente, a todos los docentes que forjaron el camino de mi vida.

Brandon Gonzales Coaquira

Esta tesis es dedicada a Dios, en primer lugar, es quien permite que tenga cada una de las oportunidades buenas que se presenta en mi vida. A mis padres: Angel Irure Gutierrez y Rosa Vera Lope por la educación, vivienda, alimentación brindada y sobre todo por el apoyo incondicional. También a mis hermanos: Anthony Irure Vera, Marko Irure Vera, por su compañía y consejos para seguir adelante. De igual manera, a mi novia Aracely Mamani Ccama e hijo perruno Rocco por las alegrías, compañía sin importar los buenos o malos momentos que se pueden presentar en la vida.

Angel Irure Vera

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	16
1.1. Planteamiento y formulación del problema	16
1.1.1. Problema general	17
1.1.2. Problemas específicos.....	17
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo general	17
1.2.2. Objetivos específicos	18
1.3. Justificación.....	18
1.3.1. Justificación tecnológica:.....	18
1.3.2. Justificación económica:.....	18
1.3.3. Justificación social.....	18
1.3.4. Justificación ambiental	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes del problema	20
2.2. Bases teóricas	23
2.2.1. Evaluación de fallas.....	23
2.2.2. Mantenimiento.....	24
2.2.3. Los sistemas de inyección de carburante de Toyota.....	25
2.2.4. Sistema de alimentación de carburante.....	26
2.2.5. Inyectores.....	27
2.2.6. Árbol de levas.....	27
2.2.7. Termostato.....	28
2.2.8. Ventilador	28
2.2.9. Medidor de temperatura.....	29
2.2.10. Sistema de encendido.....	30
2.2.11. Sistema de encendido convencional.....	30

2.2.12. Sistema de encendido transistorizado.	31
2.2.13. Sistema de encendido electrónico 33	
2.2.14. Sistema de encendido electrónico integral 34	
2.2.15. Sistema de encendido electrónico programado 36	
2.2.16. Los sensores 40	
2.2.17. Los actuadores..... 55	
2.2.18. Valvula IAC (idle air control)..... 56	
2.2.19. Solenoide de control de EGR (exhaust gas recirculation)..... 58	
2.2.20. EVAP (evaporative emission system)..... 59	
2.2.21. El canister..... 60	
2.2.22. Sistema TAC (throttle actuator controller)..... 61	
2.2.23. Unidad de control del motor (ECU)..... 62	
2.2.24. Módulo de control electrónico (ECM) 63	
2.2.25. Módulo de control del sistema de propulsión (PCM) 63	
2.2.26. OBD II (on board diagnostics second generation) 63	
2.2.27. Protocolo 64	
2.2.28. Topologías de controles de diagnostico 64	
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA 66	
3.1 método y alcance de la investigación..... 66	
3.1.1 Tipo de investigación..... 66	
3.2 Metodología aplicada para el desarrollo de la solución 66	
3.2.1 Fase I: Información 68	
3.2.2 Fase II: Creación - concepto de solución 70	
3.2.3 Fase III: Elaboración del proyecto..... 73	
3.2.4 Fase IV: Elaboración de ingeniería de detalles..... 73	
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN 75	
4.1. Identificación de requerimientos..... 75	
4.1.1 Inicio del diseño..... 75	
4.1.2 Lista de exigencias..... 75	
4.1.3. Plan de trabajo..... 77	
4.2. Análisis de solución 78	
4.3 Matriz morfológica 79	
4.4 Evaluación técnica 82	
4.5 Evaluación económica 83	
4.6 Selección del diseño optimo 84	
4.7 Diagrama electrónico del escáner 86	
4.7.1 Diseño del sistema electrónico 86	

4.7.2 Software para utilizar.....	89
4.7.2.1 Desarrollo de software	89
4.7.3 Desarrollo de la plataforma web online para diagnóstico de fallas de automóviles Toyota – Hyundai con OBD II.....	92
CAPÍTULO V: CONSTRUCCIÓN.....	94
5.1 Construcción	94
5.2 Pruebas y resultados.....	96
5.2.1 Simulación de pruebas.....	96
5.2.2 Pruebas en campo	98
5.2.3 Resultados.....	99
5.2.4 Presupuesto del proyecto de investigación	101
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES.....	103
BIBLIOGRAFÍA	104
ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación temperatura-resistencia	49
Tabla 2. Modelo de lista de exigencias	69
Tabla 3. Modelo del plan de trabajo	69
Tabla 4. Modelo de matriz morfológica.....	71
Tabla 5. Modelo de evaluación de lista de exigencias	71
Tabla 6. Modelo de evaluación del valor técnico	72
Tabla 7. Modelo de evaluación del valor económico	72
Tabla 8. Lista de exigencias	76
Tabla 9. Plan de trabajo muestra el tiempo de desarrollo de la tesis	77
Tabla 10. Matriz morfológica de escáner.....	80
Tabla 11. Evaluación técnica	83
Tabla 12. Evaluación económica	84
Tabla 13. Diseño óptimo.....	84
Tabla 14. Software a utilizar	89
Tabla 15. Secuencias de ejecución del Programa Python en RPI	92
Tabla 16. Elementos del diseño final	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad de vehículos Toyota y Hyundai vendidos en el Perú - enero 2022	17
Figura 2. Circuito de alimentación de combustible	26
Figura 3. Partes del inyector	27
Figura 4. Árbol de levas.....	28
Figura 5. Funcionamiento del termostato	28
Figura 6. Ventilador	29
Figura 7. Esquema eléctrico del indicador de temperatura	29
Figura 8. Circuito de encendido convencional.....	31
Figura 9. Platino abierto.....	32
Figura 10. Platino cerrado.....	32
Figura 11. Encendido electrónico	34
Figura 12. Sistema de conexionado	35
Figura 13. Volante de inercia y captador del encendido integral.....	35
Figura 14. Cartografía compleja del encendido Motronic	37
Figura 15. Sensor CKP y sensor de velocidad	37
Figura 16. Esquema de encendido totalmente electrónico o estático.....	39
Figura 17. Bobinas de encendido individuales	40
Figura 18. Entradas y salidas de un sensor	41
Figura 19. Señales de entrada y salida de la ECM.....	42
Figura 20. Sensor CKP tomando la señal de giro	43
Figura 21. Posición general del sensor CKP	43
Figura 22. Sensor CKP tipo inductivo y forma de su señal característica	44
Figura 23. Sensor CKP tipo Efecto Hall y forma de su señal característica	44
Figura 24. Sensor CMP.....	45
Figura 25. Posición del sensor CMP.....	45
Figura 26. Sensor MAF.....	46
Figura 27. Forma de señal del sensor MAF	47
Figura 28. Ubicación del sensor VAF.....	47
Figura 29. Esquema eléctrico y señal del sensor VAF	48
Figura 30. Sensor IAT.....	48
Figura 31. Ubicación del sensor IAT	49
Figura 32. Conexionado de sensor.....	50
Figura 33. Sensor ECT.....	50
Figura 34. Relación voltaje-temperatura del sensor ECT	51
Figura 35. Esquema eléctrico del sensor ECT	51

Figura 36. Elementos internos del sensor MAP.....	52
Figura 37. Circuito eléctrico del sensor MAP.....	52
Figura 38. Sensor TPS	53
Figura 39. Ubicación del sensor TPS.....	53
Figura 40. Circuito eléctrico del sensor TPS de 3 cables.....	54
Figura 41. Sensor KS	54
Figura 42. Onda característica del sensor KS	55
Figura 43. Sensor O2	55
Figura 44. Apertura y cierre de la válvula IAC.....	56
Figura 45. Funcionamiento del motor paso a paso	57
Figura 46. Funcionamiento de la válvula EGR (mecánica)	58
Figura 47. Funcionamiento de la válvula EGR (electrónico)	59
Figura 48. Sistema de emisiones evaporativas EVAP	60
Figura 49. Electroválvula de control del sistema EVAP.....	60
Figura 50. Pedal de aceleración con APP incorporado	61
Figura 51. Cuerpo de aceleración motorizado	62
Figura 52. Proceso de desarrollo y diseño	67
Figura 53. Fases del diseño de la VDI 2221	68
Figura 54. Modelo de black-box.....	70
Figura 55. Caja negra.....	78
Figura 56. Caja blanca	79
Figura 57. Circuito solución 1	81
Figura 58. Circuito solución 2	81
Figura 59. Circuito solución 3	82
Figura 60. Tendencia de las soluciones presentadas según el valor económico y técnico	85
Figura 61. Interfaz.....	86
Figura 62. Plataforma Web Online para el diagnóstico de fallas.....	93
Figura 63. Diseño final E-SCAN_DS001	96
Figura 64. Scanner ELM 327.....	96
Figura 65. Escáner E-SCAN_DS001	97
Figura 66. Módulo de motor Hyundai i10 y Escáner E-SCAN_DS001	97
Figura 67. Estableciendo comunicación entre el módulo y escáner	98
Figura 68. Conexión entre el escáner y el vehículo	98
Figura 69. Uso de laptop para extracción de datos	99
Figura 70. Datos obtenidos del vehículo Toyota Yaris.....	99
Figura 71. Parámetros interpretados de los datos obtenidos	100
Figura 72. Diagnostico preventivo de sensores	101

Figura 73. Presupuesto para escáner E-SCAN_DS001.....	101
---	-----

RESUMEN

Los sistemas de diagnóstico y evaluación de fallas para autos solían ser menos comunes y más costosos en el Perú. Cada marca de automóvil tenía su propio protocolo y, por lo tanto, su propio sistema de diagnóstico, lo que complicaba aún más el proceso en los talleres debido a los altos precios de los instrumentos necesarios. Un sistema de diagnóstico se basaba principalmente en un conjunto de herramientas tecnológicas como un scanner, osciloscopio, multímetro y generador de señales. Además, se incluía un inyector de señales para emular fallas, especialmente útil para determinar si el sincronismo entre varios sensores y actuadores estaba en óptimas condiciones. El objetivo es desarrollar un sistema de diagnóstico de software y hardware que integrará todos estos protocolos de distintas marcas de automóviles a través de un scanner de código abierto (OBD II), lo que permitiría su funcionamiento en todo tipo de automóviles. Según algunas investigaciones data de cómo se implementó el sistema para regular y controlar emisiones de gases, en los que se obtiene información específica de los automóviles: la obtención de este sistema de diagnóstico tendría como resultado una reducción en el costo del equipo, ya que se utilizarían plataformas electrónicas de desarrollo de código abierto. Esto hacía que su desarrollo fuera viable y que el sistema pudiera integrar varios protocolos de comunicación en un solo sistema de diagnóstico de fallas. En esta investigación se muestra cuál es la solución con diferentes modelos y chips para que ver cual tiene mayor interfaz y se adecua mejor a la obtención de datos mediante la metodología VDI 2221, Dando como resultado A través de nuestro escáner que los datos pueden ser mostrados en tiempo real y a muestreo de 1 segundo.

Palabras claves: osciloscopio multímetro, scanner, falla, protocolo, OBD II, ECU, ECM, fallas, mantenimientos preventivos, predictivos.

ABSTRACT

Diagnosis and fault evaluation systems for cars used to be less common and more expensive in Peru. Each car brand had its own protocol and, therefore, its own diagnosis system, which further complicated the process in workshops due to the high prices of the necessary instruments. A diagnosis system was mainly based on a set of technological tools such as a scanner, oscilloscope, multimeter, and signal generator. In addition, a signal injector was included to emulate faults, especially useful for determining if the synchronization between various sensors and actuators was in optimal condition. Diagnostic and failure assessment systems for cars used to be less common and more expensive in Peru. Each car brand had its own protocol and, therefore, its own diagnostic system, which further complicated the process in the workshops due to the high prices of the necessary instruments. A diagnostic system was mainly based on a set of technological tools such as a scanner, oscilloscope, multimeter and signal generator. In addition, a signal injector was included to emulate faults, especially useful to determine if the synchronism between various sensors and actuators was in optimal condition. The goal is to develop a software and hardware diagnostic system that will integrate all these protocols from different car brands through an open-source scanner (obdII), which would allow its operation in all types of cars. According to some research on how the system was implemented to regulate and control gas emissions, in which specific information is obtained from automobiles: obtaining this diagnostic system would result in a reduction in the cost of the equipment, since open-source electronic development platforms would be used. This made its development feasible and the system could integrate several communication protocols into a single fault diagnosis system. In this research we show which is the solution with different models and chips to see which one has the best interface and is best suited to obtain data using the VDI 2221 methodology, resulting through our scanner that the data can be displayed in real time and at 1 second sampling.

Keywords: multimeter oscilloscope, scanner, failure, protocol OBD II, ECU, ECM, failures, preventive, predictive maintenance.

INTRODUCCIÓN

La tecnología automotriz, actualmente, requiere que se utilice un dinamómetro para obtener parámetros efectivos en un motor de combustión interna, esto genera una gran inversión tanto en equipo como infraestructura.

Realizar el mantenimiento o encontrar la falla del cualquier vehículo es una necesidad primordial para conservar cualquier automóvil, con el fin de reducir tiempo y costos se ha ido implementando nuevas tecnologías de diagnóstico que siguen facilitando al hallazgo de una manera más segura y correcta.

El uso de un escáner automotriz es indispensable para permitir la comunicación con la unidad de control motor (en adelante ECM) de un vehículo. Con el avance exponencial de la tecnología, un gran porcentaje de automóviles en el mundo cuentan con una computadora incorporada, lo que facilita el diagnóstico sobre el estado del vehículo. Por ende, se logra encontrar la falla en mucho menos tiempo del que solía requerirse.

Arequipa tiene un gran parque automotor de autos Toyota y Hyundai; sin embargo, es difícil encontrar un lugar que logre escanear un vehículo que no sea la misma empresa. Esto demanda tiempo y costos más elevados para cualquier conductor.

Al respecto, los investigadores del presente estudio han diseñado un scanner OBDII que permite realizar la adquisición de la data actual, visualización de códigos de falla del vehículo (DTC) y la visualización de parámetro efectivos característicos de un motor de combustión en tiempo real. En este trabajo se muestran la metodología y la validación del prototipo, así como las diferentes pruebas realizadas al vehículo Toyota de prueba seleccionado.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Actualmente, países de América Latina y el Caribe en vías del desarrollo económico apuestan la mayor facilidad de mantenibilidad de sus vehículos Toyota, Hyundai y entre otros para alcanzar una mayor disponibilidad. La industria automotriz fomenta el desarrollo de efectivas soluciones y tecnologías con el propósito de optimizar el confort, eficiencia y protección de los vehículos. Una de las barreras más relevantes es la implementación de los sistemas OBD-II, que principalmente se centraban en monitorear los componentes del automóvil, pero que hoy en día permiten verificar que el funcionamiento y rendimiento del vehículo sean óptimos. En una investigación realizada en Ecuador, se identificó que no hay simuladores disponibles que permitan el diagnóstico, la lectura y la visualización del estado de los principales sensores automotrices para la comprobación y reparación de fallas (1).

Otra investigación realizada en Quito, Ecuador, muestra incompatibilidad de otros sistemas en relación el sistema OBD que funciona como una unidad de control del motor, permitiendo la entrada de claves de sensores para ejecutar comandos en actuadores haciendo que la recopilación de información en un sistema interconectado sea práctico para el motor (2).

En Riobamba, Ecuador, se plantea una preocupación sobre el rol crucial que desempeña la eficiencia energética en el desarrollo de la comunidad ecuatoriana y no se cuenta con los datos relevantes sobre el ciclo de conducción en entornos urbanos, la que se pudo obtener mediante la tecnología OBD II.

Un hecho similar en una investigación que se hizo en México refiere que muchas empresas automovilísticas no cuentan con un emulador de motores que se encarga de semiautomatizar el proceso de diagnóstico de módulo de control electrónico.

En el mercado arequipeño, existe una amplia gama de equipos para el diagnóstico electrónico de Toyota y Hyundai, No obstante, estos equipos ofrecen información restringida en las fases de diagnóstico, los protocolos de los fabricantes y las señales de error en los vehículos, lo que es una limitación común entre muchos especialistas y técnicos automotrices. De ahí la necesidad de implementar este sistema de escáner OBD2 para estos vehículos.



Figura 1. Cantidad de vehículos Toyota y Hyundai vendidos en el Perú - enero 2022
Tomada de SUNARP - AAP Elaboración: GEE – AAP

1.1.1. Problema general

¿Cómo es el diseño de escáner para evaluar fallas de vehículos Toyota Y Hyundai con sistema Obd II en la ciudad de Arequipa?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la dificultad del acceso a un sistema de scanner de la empresa Toyota y Hyundai?
- ¿Cuáles son las tipologías de controles de diagnóstico automotriz empleados en el mercado actual?
- ¿De qué manera se va a implementar el diseño de nuestro proyecto?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar un diseño de escáner para la evaluación de fallas de vehículos Toyota y Hyundai con sistema OBD II en la ciudad de Arequipa

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar la dificultad del acceso a un sistema de escáner de la empresa Toyota y Hyundai.
- Realizar un estudio sobre las tipologías de controles de diagnóstico automotriz empleados en nuestro mercado actual.
- Implementar un sistema de diagnóstico de desperfectos predictivo que consta de un sistema de diagnóstico de fallas para autos y el manual de usuario para la manipulación del prototipo.

1.3. Justificación

Se ha considerado diversos aspectos como son los impactos tecnológico, económico, social y ambiental.

1.3.1. Justificación tecnológica:

Para identificar cualquier tipo de avería en un vehículo moderno Toyota y Hyundai, equipados con sistemas electrónicos como el protocolo OBD II, es fundamental un escáner automotriz, osciloscopio, multímetro entre otros dispositivos electrónicos y que estos indiquen el estado operativo de un vehículo, incluyendo tanto los elementos que interactúan directamente con el motor como aquellos cercanos a él. De este modo, cuando se active el sistema de diagnóstico, se podrá identificar de manera precisa la ubicación o las causas de la avería.

1.3.2. Justificación económica:

Dado el alto costo de demanda, tener un sistema de diagnóstico de fallas completo para autos de la marca Toyota y Hyundai en los talleres de mecánica automotriz, se hace necesario tener una herramienta de bajo coste y diseñado para ambas marcas que hay en nuestra ciudad de Arequipa.

Un escáner convencional tiene un costo referencial de 5000.00 dólares americanos, la elaboración del diseño y fabricación de nuestro escáner tiene un costo de alrededor 5000.00 soles y la elaboración ayudará a la detección de fallas de sensores ahorrando costos de mantenimiento predictivo y correctivo incensario.

1.3.3. Justificación social

Se propone que este sistema de diagnóstico de fallas para autos Toyota y Hyundai sea incorporado como parte del equipo de instrumentos de un taller independiente, así ayudará a

cumplir con los requerimientos básicos y complejos que un taller necesita, conjuntamente ayudará a reducir los tiempos y costos de diagnóstico de fallas.

El escáner será accesible en cuanto a la venta y diagnóstico, lo que ayuda a no depender del diagnóstico en la misma marca Toyota y Hyundai. Lo que ahorra preocupación y estrés.

1.3.4. Justificación ambiental

Debido a la gran cantidad de contaminación que se tiene en la actualidad emitida por el mundo automotriz, este diseño de escáner al ser eficaz al momento de detectar fallas hace que se realicen mantenimientos predictivos y preventivos a tiempo que en consecuencia reducen la contaminación en gran medida, de tal manera también se logra dar un tiempo de vida adicional a los sensores y actuadores de los vehículos, evitando ser desechados en primera instancia por falta de mantenimiento en el tiempo y de la manera adecuada

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Se desarrollan los resúmenes de la revisión bibliográfica relacionados sobre scanner, evaluación de fallas - mantenimiento, OBD II

2.1. Antecedentes del problema

El artículo titulado: “*Diseño e implementación de un sistema de monitoreo remoto del motor de un vehículo basado en OBD-II y la plataforma Arduino*” propone una solución empleando un microcontrolador para leer códigos OBD-II ELM327 con el fin de recopilar datos de la unidad de control del motor (ECM). La recopilación y transmisión de esta data al servidor remoto se realiza mediante un Arduino Mega 2560 con su módulo GPRS correspondiente. Los datos se localizan en MySQL, y finalizamos, la data se presenta por medio de una aplicación web ejecutada en PHP (3).

La tesis titulada: “*Sistema de monitoreo vehicular para reservas de citas en el área de mantenimiento automotriz*”, realizada en la facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Israel, en Quito, estudia el problema principal: debido al avance tecnológico que se dio en el mundo automotriz y la poca información que se tiene, el diagnostico se volvió poco útil. El objetivo principal es la elaboración y análisis de un scanner automotriz el cual será programado en Android. La metodología aplicada fue la adquisición de datos para tomar información en tiempo real. Los resultados que se obtuvieron fue la construcción del escáner automotriz bajo los parámetros técnicos necesarios, teniendo en cuenta el volumen del prototipo, la comodidad que se requiera para realizar las pruebas de ruta y la facilidad para leer códigos; por último, debido a la alta tasa de compras de vehículos que se tiene, se concluye que es un proyecto factible y útil al momento de diagnosticar fallas (4).

En la investigación de tesis titulada: “*Diseño del manual de operación del scanner automotriz G-Scan 2 para diagnóstico electrónico en sistemas de inyección electrónica a gasolina*” en la facultad de Mecánica Automotriz, UIDE, Guayaquil, el problema principal es que en los diferentes talleres de automotriz no se tiene una herramienta actualizada basada en los requerimientos necesarios, ya que se tienen vehículos con inyección electrónica, por lo cual realizar un diagnóstico y evaluación resulta más difícil. Como objetivo principal se tiene desarrollar el diseño del manual de operación del escáner automotriz G-Scan 2, enfocado en el diagnóstico electrónico de sistemas de inyección electrónica en motores a gasolina. Como resultados se obtuvieron que el diseño es factible acorde a sus resultados, Gracias a la tecnología actual y plataforma tiene como opción revisa la mayor cantidad de marcas y modelos de autos; por último, el entorno percibido nos facilita interactuar con habilidad al momento de descifrar la información (5).

En el artículo de investigación titulado: “*Implementación de una herramienta para diagnóstico OBD-II sobre CAN-BUS con Arduino*” se evaluó un sistema de diagnóstico a bordo enfocado en el protocolo OBD-II sobre un bus CAN, permitiendo acceder a los códigos de error fijados y a una variedad de variables importantes, como nivel de combustible, velocidad, las emisiones de dióxido de carbono. Para ello, se diseñó un sistema OBD-II ubicado en el margen del bus, correspondiente al escáner, utilizando una placa Arduino Mega 2560 vinculada a un módulo transceptor-controlador CAN. El escáner cuenta con un puerto USB que permite ver los datos obtenidos de manera flexible en una computadora mediante una interfaz gráfica desarrollada en LabVIEW™. Se obtuvo como resultado la ejecución de un elemento para el diagnóstico de vehículos, permite monitorear parámetros técnicos actuales y revelarlos por medio de una interfaz de usuario. Además, hemos desarrollado un simulador de la unidad de control a bordo del vehículo y su diagnóstico mediante el bus CAN (6).

En la investigación de tesis titulada: “*Aplicación del protocolo de diagnóstico e interpretación de fallas de los motores de combustión interna con el empleo del scanner Launch X431 GDS para los laboratorios de Ingeniería Mecánica*” de la facultad de Ingeniería y Servicios, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, se tuvo como problema principal que la información carente sobre las fases e interpretación de los códigos de error y el desconocimiento de los protocolos de los fabricantes impide realizar un diagnóstico adecuado y un correcto mantenimiento de los vehículos, restándole importancia a las emisiones de gases de estos. El objetivo principal es efectuar pruebas de diagnóstico de fallos en los motores y otros sistemas de diversas marcas, proporcionando data detallada, guías prácticas y facilidades para el empleo de escáneres genéricos, con énfasis en el modelo Launch X431 GDS. Se obtuvo como resultados que hay una gran cantidad de códigos de falla, entre genérico y del fabricante,

por lo tanto son de difícil alcance y entendimiento, a la vez también se tiene dos tipos de técnicos los que cuenta y no cuentan con escáner, de tal manera los que cuentan tiene una información confusa y limitada, no corrigiendo el problema de la manera correcta; debido a las pruebas realizadas se puede que el escáner tiene un diferente funcionamiento para cada marca, como también se podría decir que hay marcas con más dificultades, de tal manera se debe tener la versión más reciente del escáner para que pueda lograr un resultado eficiente, por último la incorporación de un laboratorio de diagnóstico en la escuela se considera como información necesaria para resolver los problemas que se presenten (7).

En la investigación de tesis titulada: *“El escáner en el diagnóstico automotriz en los estudiantes del 5° de secundaria de la institución educativa Metropolitano, Cercado de Lima, 2016”* de la facultad de Educación e Idiomas, Universidad Cesar Vallejo, Perú, se tuvo como problema principal encontrar la razón del grado de conocimiento de los estudiantes sobre el uso del escáner en el diagnóstico automotriz de quinto de secundaria en la I.E.P. Metropolitana. Examinó el nivel de este elemento en los alumnos. La metodología utilizada fue observacional, descriptivo, no experimental y transversal. Obteniendo como resultados existe un inferior nivel en el control de este instrumento, siendo necesario abordar esta situación mediante mejoras en los métodos de enseñanza. La capacitación en el uso del escáner se plantea como una solución a la creciente demanda de técnicos especializados en el sector automotriz, quienes están preparados para lidiar los retos de la innovación tecnológica. Este entrenamiento permitirá a los estudiantes enfrentar con éxito su futura carrera profesional. Además, considerando las estadísticas, es crucial incrementar el grado de conocimiento y ejecución de nuevas tecnologías, lo cual contribuirá a una mejor formación de técnicos capacitados, con las competencias necesarias para impulsar la educación y el desarrollo en el Perú (8).

En la investigación de tesis titulada: *“Uso del manejo del escáner en el diagnóstico automotriz en los colaboradores mecánicos en el taller la Piedra Santa, Cono Norte, Arequipa, 2021”* de la facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Francisco, Arequipa, se tuvo como problema principal identificar el uso del escáner para el diagnóstico automotriz entre los colaboradores del taller mecánico Piedra Santa. Los objetivos fueron establecer las características de un escáner utilizado para identificar fallas mecánicas, así como los diferentes tipos de estos y sus diferencias, describir la forma de aplicación del scanner en el trabajo mecánico en los vehículos, relatar como se debe proceder al análisis de fallas una vez sean encontradas. La metodología usada es no experimental, que incluye características explicativas y descriptivas, con un diseño correccional, obteniendo como resultados las características que tiene un scanner aplicado en captar las fallas mecánicas y los tipos de scanner y su diferencia, la manera correcta de su aplicación en los vehículos, los tipos de mantenimientos que se tienen

y aplican en el mundo automotriz, la gran mayoría de fallas encontradas se encuentran en el motor, por último el correcto procedimiento que se debe aplicar para el análisis de fallas mecánicas una vez encontradas (9).

En la tesis titulada: *“Evaluación del diagnóstico por scanner Auros Ootosys im600 por medio del protocolo OBDII al motor Toyota ISZ VITZ en la compañía Autojimp SAC. 2023.”* se logró satisfactoriamente captar los pines del conector OBD II, ejecutar pruebas de ejecución y llevar a cabo el diagnóstico de evaluación utilizando el escáner Auros OotosyS IM6000 en el motor Toyota 1SZ VITZ en la compañía (10).

2.2. Bases teóricas

Como ingenieros mecánicos es necesario entender el funcionamiento de un automóvil a nivel mecánico, eléctrico y electrónico. Pero solo detallaremos algunas partes del automóvil que contengan parte mecánica y eléctrica, ya que detallar todo sería demasiado.

2.2.1. Evaluación de fallas

Según Gutiérrez y Montes de Oca (2021) en su artículo titulado: *“Determinación de fallas en transformadores de potencia inmersos en aceite mineral aislante, basándose exclusivamente en el DGA y por la evaluación del NEP”*, concluyen que la identificación primaria de estas fallas es crucial para la industria, previene daños graves en los equipos y pérdidas económicas. Sin embargo, es difícil atribuir una falla específica utilizando únicamente un tipo de análisis, ya que estos no son definitivos (11).

Asimismo, Seuret.; Stahl y Terminel(2015) en su artículo titulado: *“Identificación de fallas mecánicas empleando la transformada Wavelet y Labview. Nova scientia”* tienen el objetivo de validar, mediante dos ejemplos, la aplicación de este elemento et en la identificación de fallas mecánicas. En el análisis muestra de manera clara los resultados esperados según el estudio. Se concluye que este análisis se ha centrado únicamente en fallas específicas. Será necesario realizar estudios adicionales para verificar la eficacia de la herramienta en la captación de otros tipos de fallas. Sin embargo, desde una perspectiva física, se espera que la herramienta también pueda detectar acumulaciones de energía asociadas a fallas de diferente naturaleza (12).

Por último, Fuentes (2013) en su artículo titulado: *“Desarrollo de un sistema experto para el diagnóstico de fallas automotrices”* revela un prototipo que sirve como una herramienta

destinada a mecánicos profesionales, estudiantes o individuos con conocimientos básicos en tecnologías automotrices (13).

2.2.2. Mantenimiento

Sexto (2017) considera que, existen diversas estructuras de los tipos de mantenimiento presentadas por algunas entidades y autores, la norma EN 13306, en su última actualización de 2017, ofrece la visión más consensuada al respecto.

La Norma Europea EN 13306 es de captación obligatoria para los 28 países miembros de la UE. Este documento proporciona un "cuadro terminológico estandarizado de mantenimiento", con el objetivo de establecer un lenguaje común sobre el tema. Fue efectuado por CEN/TC 319 Maintenance, el cual es el organismo internacional en la normalización del mantenimiento. Su enfoque enfatiza en los esenciales principios del consenso, normalización: coherencia técnica y transparencia.

- El estándar EN 13306 es el punto de referencia de los términos en otras normas europeas vinculadas con el mantenimiento, incluidas las normas sobre indicadores clave como FprEN 15341: 2017 y FprEN 17007: 2017 (donde "Fpr" significa que son borradores de las actuales ediciones que se emitirán en 2017).

- La norma EN 13306 también se utiliza como referencia por organismos de normalización, compañías y vínculos de mantenimiento en países fuera de la UE. Esto se debe al requerimiento de intercambio comercial con el mercado europeo y a la tradición industrial y de normalización que existe a nivel global.

- En especial, todas las organizaciones nacionales de mantenimiento de la UE sean o no miembros de la EFNMS, la emplean como fuente de referencia para los términos y definiciones en mantenimiento.

2.2.2.1. Tipos de mantenimiento

Según Alborno (14) los tipos de mantenimientos son:

Mantenimiento correctivo: también denominado "mantenimiento correctivo", se lleva a cabo cuando ocurre una falla en el sistema debido a una avería o rotura. Este tipo de mantenimiento detiene el proceso productivo, provocando una reducción en las horas productivas. Estos mantenimientos son impredecibles tanto en términos de costos como del tiempo necesario para solucionarlos.

Mantenimiento preventivo: también llamado "mantenimiento preventivo", se lleva a cabo antes de que se produzca cualquier falla en el sistema. Al ser planificado, se aprovechan las horas inactivas para realizarlo. Este tipo de mantenimiento es predecible tanto en cuanto a los costos como al tiempo que requerirá.

Mantenimiento predictivo: busca analizar el estado técnico de la máquina, tanto en el ámbito eléctrico como mecánico, mientras esta se encuentra en funcionamiento. Para efectuar este tipo de mantenimiento, se emplean herramientas tecnológicas que permiten conocer el estado del equipo. Gracias a esta estrategia, se reducen las interrupciones causadas por mantenimientos correctivos y se reducen los costos asociados tanto al mantenimiento como a las paradas de producción.

Mantenimiento proactivo: está basado en los principios de sensibilización, colaboración, trabajo en conjunto y solidaridad. Propone que todas las personas involucradas, deben ser informadas sobre los problemas de mantenimiento. Directivos, técnicos, actuarán de acuerdo con sus roles en las tareas de mantenimiento. En el mantenimiento proactivo, siempre se lleva a cabo una planificación de las operaciones, las cuales se integran al plan estratégico de la organización. Además, se envían informes periódicos a la gerencia para detallar progreso, logros, aciertos y áreas de mejora de las funciones.

2.2.3. Los sistemas de inyección de carburante de Toyota

Los inyectores poseen fuerza de manera incesante en el momento que el automóvil se encuentra prendido (15).

El computador emplea la señal del sensor del cigüeñal, leva, flujo de masa de aire, temple del refrigerante, clima del aire de admisión, disposición del acelerador y de oxígeno a fin de plantear la sincronización requerida para los inyectores en tiempo real.

La computadora tiene circuitos del controlador de inyector que manipulan los inyectores enlazando a tierra sus circuitos en un tiempo determinado, viniendo a ser su gestión del motor programado para el contexto determinado y para el escenario de ese instante. Realiza modificaciones en reiteradas ocasiones en un segundo a fin de conservar una mezcla de aire y carburante de 14.7:1, respectivamente.

A mayor período de conexión del ordenador a tierra, los inyectores se encontrarán abiertos por mayor tiempo y más carburante entregará. La totalidad de los inyectores de carburante en

toda la gama de vehículos, excepto de los motores diésel, operan de la misma manera. Al instante que se prende un motor el computador (ECM) emplea el sensor del cigüeñal con la intención de mostrarle la ubicación del centro muerto superior para el encendido.

El ECM emplea el sensor de leva con la finalidad de acoplar la inyección secuencial de carburante, el sensor de temperatura del refrigerante es empleado para comprobar si el motor se encuentra en una temperatura fría o cálida, el sensor de ubicación del acelerador para verificar la cuantía de presión al acelerador y el sensor de flujo de aire de masa a fin de establecer la cuantía de este que presenta movimiento en el compilador. El aire que muestra movimiento en el compilador modifica la temperatura y la altitud.

Igualmente, el ECM emplea además el sensor de temperatura de admisión de carburante en la determinación del nivel calórico de ingreso del aire y por último, el sensor de oxígeno para estipular si la mezcla es apropiada. Partiendo de este cúmulo de datos, acoplará el inyector a tiempo a manera de enfrentar la demanda.

2.2.4. Sistema de alimentación de carburante

Este mecanismo se encarga de captar, depositar y aportar el carburante destinado a la operatividad del motor. Suministrar de manera medida el carburante requerido para la totalidad de regímenes de operación del motor, por magnitud media o simple carga, ralentí. El mecanismo de consumo de combustible enfatiza las partes siguientes: (Con el carburador a punto de extinguirse, aquí tenéis una guía básica de los sistemas de alimentación, 2017)

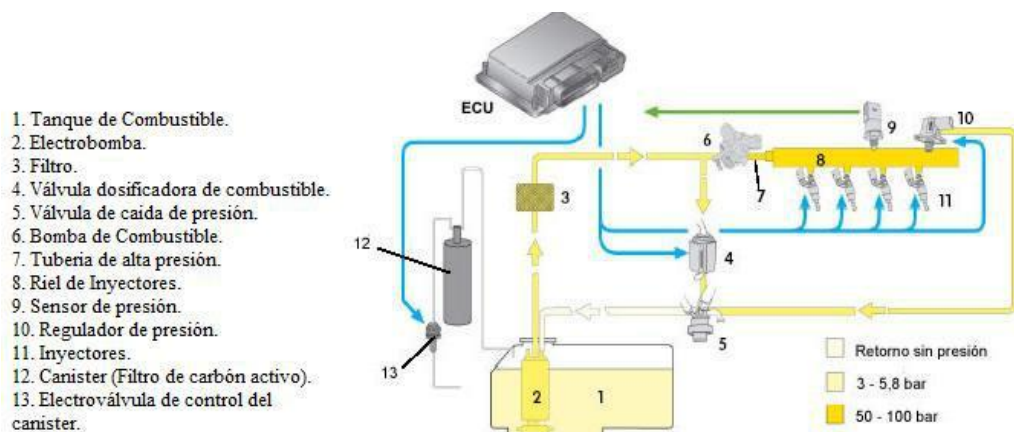


Figura 2. Circuito de alimentación de combustible
 Tomada de Comofunciona.com

2.2.5. Inyectores

Es una electroválvula controlada por la ECM a través de pulsos con magnitudes de amplitud, lo que permite una inyección precisa de combustible según los aspectos de funcionamiento detectadas por los sensores. Esto asegura la obtención de una combinación estequiométrica para una combustión eficiente en el motor.

Este funciona mediante la apertura o cierre de la aguja, controlada por un campo magnético generado por el paso de corriente por medio del bobinado. Este campo magnético permite liberar el orificio de salida de combustible durante un momento breve, cuyo tiempo es por la ECM.

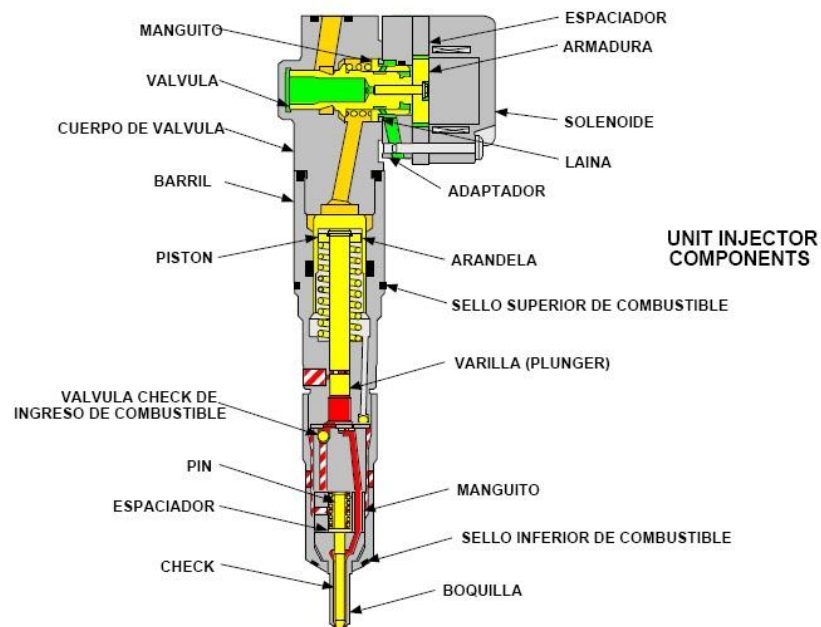


Figura 3. Partes del inyector
Tomada de Ro-des.com

2.2.6. Árbol de levas.

Consiste en un eje que tiene el control de la abertura de las válvulas, permitiendo su clausura. Presenta distribuido en su extensión, una serie de levas, en una cuantía similar a la cuantía de válvulas contenidas en el motor. (Distribucion , 2016+)

El árbol de levas absorbe el movimiento del cigüeñal mediante un grupo de bandas y poleas. La rapidez de giro del árbol vendrá a ser más baja, específicamente a media proporción que la del cigüeñal, de tal forma que ocurridas dos vueltas, el árbol produzca una única vuelta. De esta manera, la polea posee una cuantía de dientes al doble que la del cigüeñal. Presenta un embrague adicional, que vale para hacer operar por el área baja a la bomba de engrase, y por la

superior al eje del distribuidor. También, posee una excéntrica para la bomba de carburante en gran cantidad de ocasiones.

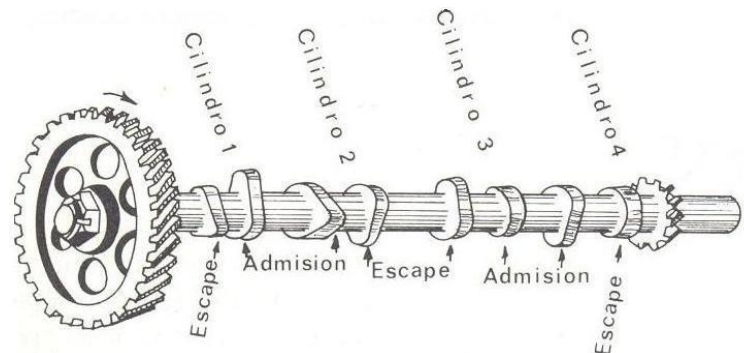


Figura 4. Árbol de levas
Tomada de Mundo del motor.net

2.2.7. Termostato.

Es una válvula térmica que regula el flujo del líquido refrigerante del motor según la temperatura. Abre el paso del refrigerante hacia el radiador cuando alcanza la temperatura de funcionamiento adecuada, permitiendo que el líquido se enfríe mediante transferencia de calor en el radiador antes de volver al motor (16).

Cuando esté frío el termostato obstaculiza la travesía del líquido refrigerante, de tal manera que el impulsor se caliente con la mayor rapidez posible.

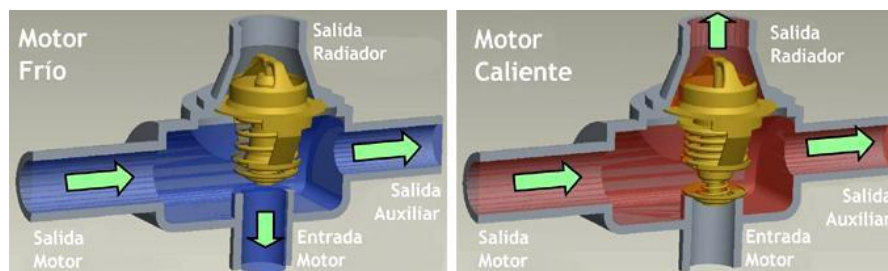


Figura 5. Funcionamiento del termostato
Tomada de Motorservice.es

2.2.8. Ventilador

Desempeña un papel crucial en el sistema de refrigeración, ya que desde los primeros motores de ignición interna ha sido el principal medio para enfriar los motores. Aunque hoy en día no es el método principal de enfriamiento, sigue siendo esencial, ya que continúa enfriando el líquido refrigerante cuando alcanza temperaturas críticas, ayudando a disipar el calor del motor (17).

El ventilador se activa únicamente cuando la temperatura del motor aumenta, y se apaga cuando esta desciende a un nivel mínimo, todo en función de un sensor de temperatura que envía una señal para su activación.



Figura 6. Ventilador
Tomada de Automotriz estudiantil.com

2.2.9. Medidor de temperatura.

Es un termo contacto situado en la culata del motor, en la escapatoria del líquido refrigerante destinada al radiador. Este componente cierra el circuito eléctrico del indicador ubicado en el tablero de instrumentos, midiendo la temperatura del líquido e informando al conductor sobre posibles riesgos si la temperatura supera los niveles normales de operación.

Además, es un termistor que modifica su firmeza de acuerdo al nivel climático y esto regula una señal que determine el nivel climático presente en el motor interno.

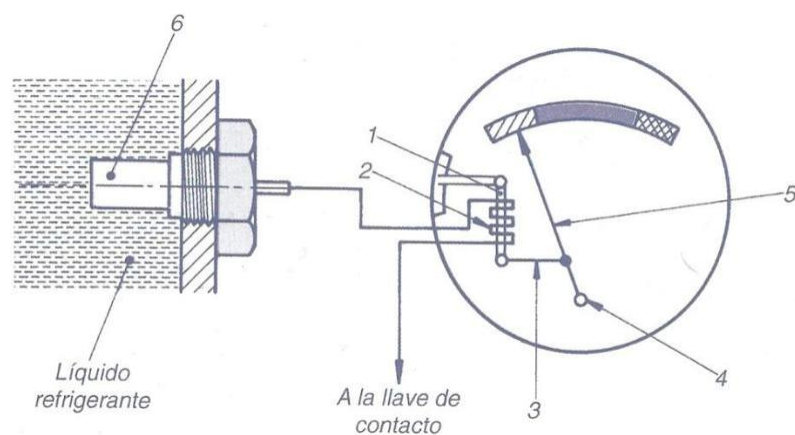


Figura 7. Esquema eléctrico del indicador de temperatura
Tomada del Manual CEAC del automóvil

2.2.10. Sistema de encendido.

Este mecanismo proporciona el elevado voltaje esencial para generar la chispa en el momento preciso por medio de las bujías, encendiendo el combustible comprimido en el cilindro y la mezcla de aire.

Teóricamente, el rebote de la chispa ocurre cuando el pistón llega al PMS, pero en la práctica, debido a la alta velocidad del pistón, la chispa se pierde y la explosión no genera la fuerza esperada. En los motores de ignición interna a gasolina, el salto de la chispa se produce según el giro del cigüeñal y los ángulos de adelanto, ajustados por la ECM según los datos de los sensores.

2.2.11. Sistema de encendido convencional.

Este sistema ha sido utilizado durante años, desde la era de los impulsores de ignición interna a carburante, generando la chispa de ignición en el cilindro en el momento preciso.

El sistema de encendido comienza con el contacto de la llave, que activa el interruptor y genera un alto voltaje en la bobina. Este proceso convierte los 12 voltios de la batería en aproximadamente 20,000 voltios, los cuales se dirigen hacia el distribuidor (delco). Desde allí, el voltaje es enviado al cilindro correspondiente, donde provoca la chispa en el electrodo de la bujía para obtener la combinación de aire-combustible.

La imagen muestra un sistema compuesto por tres partes esenciales: el distribuidor, el variador automático de avance y el ruptor. El distribuidor incluye la tapa del delco, donde se conectan los cables de las bujías, y el rotor, que distribuye la corriente de alta tensión hacia los terminales de la tapa.

El mecanismo de avance cuenta con un plato unido a una leva y contra pesas centrífugas. El ruptor se abre y cierra gracias a la acción de la leva, y está fijado a un plato que gira un ángulo determinado por la cápsula de vacío, lo que permite completar el avance automático. Además, el sistema incluye un condensador para mejorar el rendimiento del encendido.

La leva, los contrapesos y el rotor giran gracias al eje, que transfiere el movimiento desde un engranaje del árbol del motor por medio del manguito de arrastre. Todos estos componentes están sostenidos por la caja o cuerpo del delco.

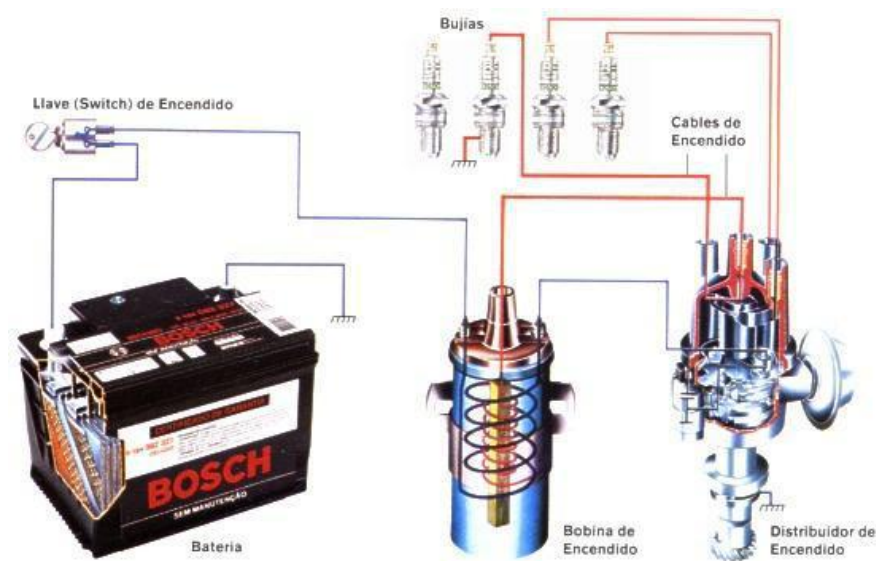


Figura 8. Circuito de encendido convencional
Tomada de Automotriz.net

2.2.12. Sistema de encendido transistorizado.

Una corriente de intensidad elevada, cortada por las placas y la velocidad de corte dependiendo del condensador con respecto al motor también se vuelve altamente crítica a mayores revoluciones por minuto y número de cilindros.

Además de ser un componente común en muchos vehículos de fábrica, el sistema tenía la ventaja de poder adaptarse fácilmente a los encendidos convencionales, ya que mantenía el mismo distribuidor. Sin embargo, la existencia de los electrónicos ocurrió rápidamente, y los sistemas transistorizados han quedado obsoletos (18).

La figura muestra la conexión del módulo electrónico con el cable positivo (+) de la llave de contacto, el ruptor y la bobina, junto con el esquema interno del módulo. La bobina es especial, con un primario de hilo más grueso y menos vueltas, lo que permite el paso de una corriente de mayor intensidad (9A) en comparación con las bobinas convencionales, generando un campo magnético más fuerte en el núcleo.

Los terminales del emisor y colector del transistor están conectados al positivo de la llave de contacto y al positivo de la bobina, respectivamente, mientras que el terminal de la base se enlaza con el ruptor.

Las resistencias, junto con el diodo y el diodo Zener, se utilizan para proteger el transistor de posibles sobrecargas y picos de voltaje.

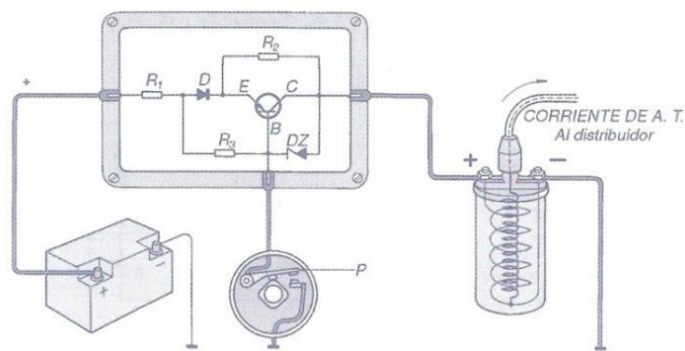


Figura 9. Platino abierto
Tomada del Manual CEAC del automóvil

En la figura, cuando los platinos se cierran, la corriente que llega a la base del transistor recibe un potencial que activa el transistor, permitiendo que la corriente fluya hacia el circuito primario.

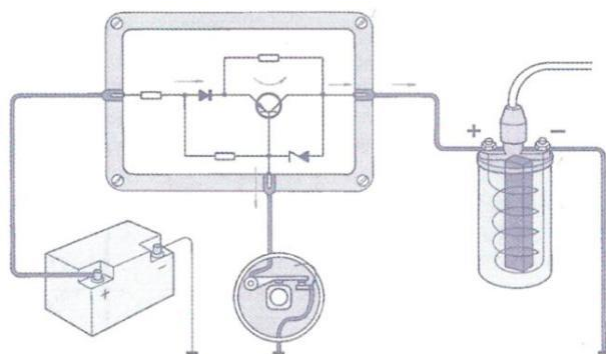


Figura 10. Platino cerrado
Tomada del Manual CEAC del automóvil

La corriente que pasa a través de los platinos, que corresponde solo a la corriente de la base del transistor, tiene una tensión de 12V y es de aproximadamente 0,25 A, lo que garantiza una vida útil casi ilimitada para los platinos.

Debido a que el primario de la bobina tiene menos vueltas, la corriente de cierre es menor y se alcanza la saturación más rápido. Además, el corte de corriente, realizado por el transistor, es más rápido que el del condensador, lo que permite alcanzar una mayor tensión en menos tiempo. Esto genera chispas más potentes, incluso a altas revoluciones del motor, eliminando la necesidad del condensador.

2.2.13. Sistema de encendido electrónico

Si bien el encendido transistorizado mejoró la ejecución del ruptor y eliminó las barreras del condensador, no pudo suprimir los rebotes de los platinos a elevadas revoluciones ni la extenuación de la fibra del martillo.

Los distribuidores de estos encendidos no tienen platinos, ya que han sido reemplazados por un generador de impulsos que opera sin ningún tipo de fricción, salvo la que se produce entre el eje y sus casquillos, la cual es mínima debido a que sobre el eje no actúa la presión de la ballesta del brazo del ruptor.

El aspecto exterior de estos es similar al de los convencionales, y mantienen los mecanismos de avance, tanto vacío y centrífugo. Estos no requieren mantenimiento. Además de eliminar los problemas asociados a los platinos, el encendido electrónico ofrece las ventajas siguientes

- Consumo de corriente extremadamente bajo o bajas revoluciones del motor.
- Consumo de corriente muy bajo o nulo (algunos sistemas de encendido interrumpen la corriente después de 1 segundo si el motor no está girando) cuando el motor está detenido y el contacto está encendido.
- Mínima variación de la alta tensión del carrete de acuerdo con la temperatura, la tensión de alimentación y del régimen del motor.
- Alta tensión suficiente para ocasionar el salto de la centella, con separación de los electrodos de las bujías próxima a 1 mm.
- Mayor duración de la chispa, que mejora el encendido de la mezcla.
- Posibilidad de utilizar mezclas más pobres, lo que conlleva un ahorro de gasolina.

Esto previene el calentamiento o incluso el daño de la bobina.

Existen dos tipos de generadores de impulsos: los que operan por efecto alternador o Hall. Ambos generan una señal eléctrica débil en el momento adecuado, la cual, por sí sola, no es suficiente para alimentar directamente a la bobina. Sin embargo, esta señal es enviada a un módulo electrónico, donde se amplifica constantemente, y finalmente activa el transistor de potencia que suministra energía al primario del cilindro de encendido.

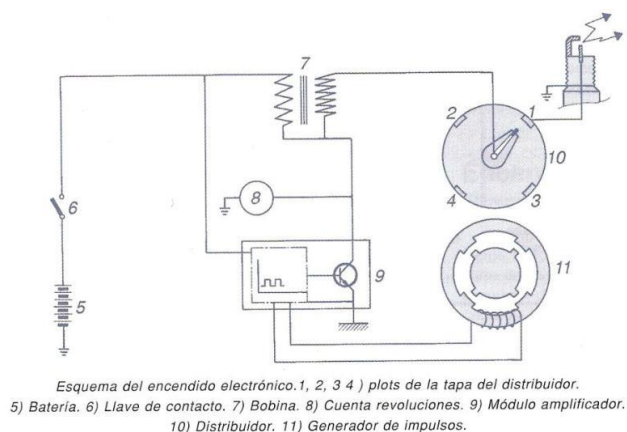


Figura 11. Encendido electrónico
Tomada del Manual CEAC del automóvil

2.2.14. Sistema de encendido electrónico integral

Con este sistema se da un avance significativo en la mejora del encendido, integrando todos los componentes necesarios para un control más preciso y eficiente del proceso. En él, se reemplaza el generador de impulsos por uno o dos captadores que se comportan sobre el volante, y otorgan al módulo electrónico datos sobre la cantidad de vueltas del motor, así como de los instantes donde el cigüeñal pasa por los PMS; por esto, el módulo fija la cuantía de centellas y el instante de su rebote en las bujías.

Los mecanismos de vacío y de avance centrífugo se eliminan del distribuidor, quedando solo la función de repartir las chispas a las bujías. El avance en cada momento examina un módulo electrónico, que se basa en las revoluciones del motor y el vacío en el colector. La cápsula de vacío, similar a la de un encendido clásico, incluye un mando eléctrico y se monta en el mismo lugar calculado (17).

Aun cuando los elementos de operación resultan parecidos, cada marca posee sus peculiaridades, lo que no proporciona la opción de una generalización. En la figura se revelan los dispositivos de una unidad Renault, destacando el captador magnético de posición, el calculador electrónico con la cápsula de vacío, la base de conector para enlazar los cables de los sensores de temperatura del aceite y agua, la cabeza del distribuidor que consta solo del tapa y rotor, y la bobina de elevada tensión. Aunque su funcionamiento es similar al de las bobinas tradicionales, su apariencia externa difiere de las bobinas cilíndricas. El captador se fija el envoltorio del embrague y no es ajustable.

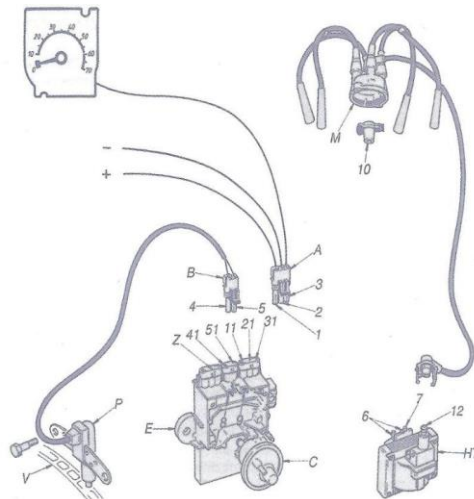


Figura 12. Sistema de conexionado
Tomada del Manual CEAC del automóvil

En el volante del motor está montado un disco dentado, al que se le han eliminado dos dientes y se han compuesto dos espacios en los extremos de un diámetro ubicado a 90° con respecto al PMS. El captador está compuesto por un imán fijo, del cual se extiende una espiga que sobresale del captador, junto con un diminuto bobinado.

A medida que el motor gira, el circuito magnético se cierra por medio de los dientes del disco, lo que produce las esenciales variaciones para generar impulsos eléctricos regulares en la bobina. La cantidad de impulsos por unidad de tiempo es por la velocidad de rotación del motor, y estos impulsos serán utilizados por el módulo para determinar la magnitud de revoluciones en cada momento.

Al pasar los vanos y los dientes de doble dimensión, el tiempo de inducción en la bobina varía, así como la tensión generada, lo que indica al módulo que, 90° después, los pistones alcanzarán el PMS. Con esta información, junto con los datos proporcionados por la cápsula de vacío, el módulo electrónico calcula la ley de avance, ajustándola según las revoluciones del motor y la depresión en el carburador.

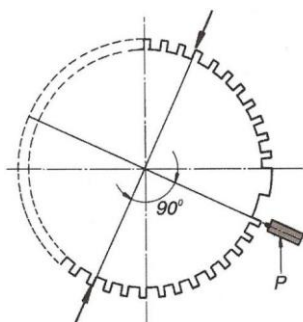


Figura 13. Volante de inercia y captador del encendido integral
Tomada del Manual CEAC del automóvil

Los encendidos electrónicos integrales reemplazan eficazmente a los sistemas con generadores de impulsos, eliminando el control mecánico de vacío y los mecanismos de avance centrífugo. Esto simplifica el distribuidor, donde solo gira el rotor sin esfuerzo, reduciendo el volumen del sistema y eliminando la necesidad de mantenimiento.

Otra ventaja importante es que, al estar las marcas de referencia para el captador ubicadas sobre el volante, el cual tiene un diámetro superior que los rotores de los generadores de impulsos, las marcas se vuelven más precisas, lo que permite una superior exactitud de la chispa.

2.2.15. Sistema de encendido electrónico programado

Se revelan otros con mayor evolución: los denominados mapeados, mejorados u programados. La operatividad de este se encuentra vigilado por la ECM que rige el mecanismo de inyección de carburante, como en los sistemas Ford EEC IV, Bosch Motronic, Nissan ECCS, etc. prescinden no solo del generador de impulsos, la cápsula de vacío en el proceso de encendido y del mecanismo de avance centrífugo. Los requerimientos de progreso se encuentran planificadas en la memoria de la ECM hacia cada escenario, tomando en consideración la carga, así como la cantidad de revoluciones del motor.

Ya sabemos que la combustión de la mezcla tiene que iniciarse previamente de que el ángulo alcance al PMS en el lapso de compresión. La cuantía del ángulo de progreso a la combustión está sujeta a la cuantía de mezcla que colme el cilindro, de su temperatura, composición etc. debido a que dichas variantes causan impacto en la rapidez de la expansión de la llama en la cámara, quedando la totalidad de estas enmarcadas en la definición de carga.

En otro ámbito, en la cuantía de elevación de la cantidad de revoluciones, el período que se tiene a disposición para la ignición se reduce, lo que ocasiona que se requiera con anterioridad; a manera de que pueda ejecutarse en su totalidad. En el momento de planificar los progresos al encendido, se ejecutan según la carga y la cantidad de revoluciones. Asimismo, tiene influencia la rapidez de la llama, el esbozo de la cámara de compresión, la sistematización debe hacerse para cada tipología de motor.

Cuando se confecciona el programa, se inicia de un motor montado en de pruebas, determinándose con una precisión sorprendente, miles de ajustes de reglajes del encendido, los cuales otorgan respuestas a la totalidad de ejecuciones posibles con los progresos apropiados en cada momento para las diferentes circunstancias laborales. Los parámetros alcanzados para cada carga y magnitud de revoluciones se expresan en un diagrama tridimensional.

El sistema de coordenadas tiene tres ejes perpendiculares:

- a. El de revoluciones
- b. El de cargas
- c. El de avances

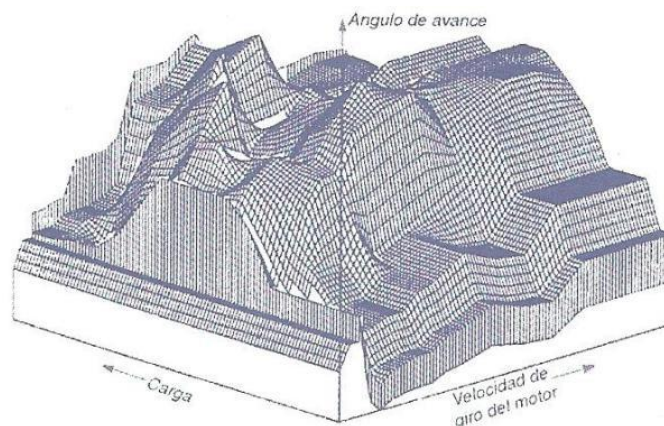
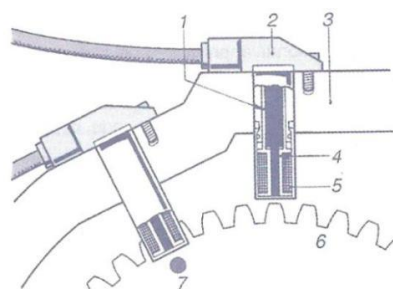


Figura 14. Cartografía compleja del encendido Motronic
Tomada del Manual CEAC del automóvil

La información del programa se adiciona en un microprocesador integrado en la ECM.



Disposición de los captadores de rotación y de referencia angular. 1) Imán permanente. 2) Conector. 3) Bloque del motor. 4) Núcleo de hierro dulce. 5) Bobina. 6) Corona del motor. 7) Marca de referencia.

Figura 15. Sensor CKP y sensor de velocidad
Tomada del Manual CEAC del automóvil

A la ECM llega data de la cantidad de revoluciones del motor y el ángulo del eje, mediante un captador en dos captadores independientes o un disco adosado al volante:

- El sensor de temperatura del motor
- El de referencia angular sobre unas marcas de referencia
- El sensor de clima del aire de admisión h. La sonda Lambda
- El detector de picado
- El de velocidad de rotación va situado sobre los dientes de la corona de arranque, que son los que la activan
- Otro para determinar los PMS

- La tensión de la batería
- El sensor de vacío del colector
- El sensor de posicionamiento de la mariposa
- Uno para el número de revoluciones

Distintos sensores complementan la data que la ECM recibe sobre la carga. Estos aspectos son igualados con el programa de encendido guardado en la memoria, lo que permite a la ECM calcular el valor del progreso entre dos fases sucesivas. Una alternativa adicional es el manejo del ángulo de leva, tiempo durante el cual la corriente fluye por el primario del carrete, lo cual sería equivalente al tiempo en que los platinos estarían cerrados si los tuviera. Como es sabido, la energía en el núcleo de la bobina disminuye conforme se requieren más chispas por unidad de tiempo, resultando más débiles al elevar la velocidad. La barrera se resuelve optimizando el encendido al ajustar el programa con los datos sobre la duración óptima del ángulo de leva, considerando el tiempo y la tensión de la batería. Una mayor tensión aumenta la intensidad en el primario debido a su resistencia constante. Al alcanzar la máxima intensidad, el tiempo adicional no incrementa el magnetismo, sino que genera un calentamiento innecesario de la bobina. El ángulo de leva óptimo interrumpe el corriente justo después de alcanzar la saturación del núcleo. Con batería baja, se debe aumentar ligeramente el tiempo o el ángulo, mientras que, a bajas revoluciones, se reduce el ángulo para evitar sobrecalentamiento, y a altas revoluciones se incrementa para mantener la bobina conectada el tiempo necesario para la saturación del núcleo.

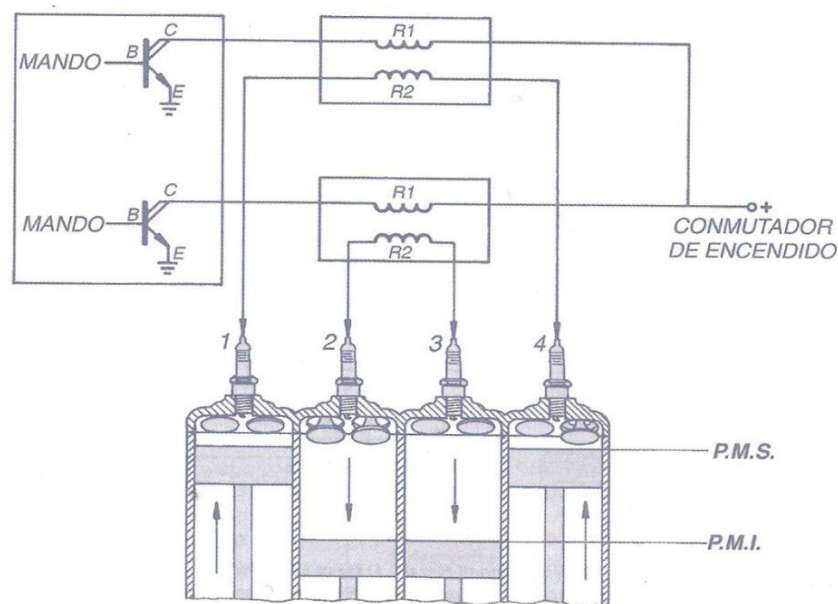
- **Sistema de encendido electrónico o estático.**

Dicho mecanismo, interviene de las peculiaridades del prendido eléctrico global, aun cuando ha sufrido la sustitución del distribuidor de alta tensión giratoria a cambio de un mecanismo de repartición estacionado. Los beneficios que proporciona se mencionan a continuación: (19)

- La inexistencia de alguna pieza giratoria.
- Bajo grado de ruidos.
- Eliminación de las centellas entre los slots y pipa de la tapa del distribuidor, las cuales representan el origen de perturbaciones electromagnéticas.
- Proporciona la posibilidad de descartar el cable de tensión elevada, conectado entre la bobina y el distribuidor.
- En el caso de la carencia de distribuidor, se desvanece el sistema de mando de éste, situación que ocasiona un beneficio constructivo para el productor del motor.

En cuanto a la repartición estática de la elevada tracción, esta se alcanza con la utilización de bobinas de dos chispas, regidas a través de un módulo eléctrico, partiendo de las señales de un captador del PMS y de la cuantía de vueltas y de toma de vacío del colector. La figura mostrada a continuación, expone la estructura de dicha tipología de distribución para un motor de cuatro cilindros. Se trata de disponer de una dupla de bobinas de dos descargas, donde cada una ellas nutren a una dupla de bujías.

Así como es el caso de la totalidad de bobinas de encendido, las mismas contienen un arrollamiento primario y secundario R1 y R2, extremos interconectados a una bujía, a tal forma de crear dos circuitos de la alta tensión de manera autónoma, siendo cerrado el circuito por masa. En el momento que se impide la corriente en el primario de una bobina, es ocasionada una tensión elevada en el secundario, situación que origina dos chispas simultáneamente en las bujías acopladas a sus extremos.



Esquema de la distribución estática de la alta tensión.

Figura 16. Esquema de encendido totalmente electrónico o estático
Tomada del Manual CEAC del automóvil

De las bobinas, una unidad se encuentra acoplada a las bujías de los cilindros 1 y 4, mientras que la otra está vinculada a las de 2 y 3, donde sus pistones se elevan y descienden en igual lapso. Se sucede que, en cada dupla de cilindros, las descargas brincan cada vuelta, al momento que los pistones se encuentran cercanos al PMS, al término de la compresión en un pistón de la dupla, resultando el encendido de la combinación, y al término del escape en el otro ocasionar algún impacto.

Debido al hecho de que la tenacidad presente en los electrodos de la bujía se comporta en un lapso de escape diminuto, ya que la presión residual de los gases es escasa, el total de la energía que se encuentra depositada en la bobina presenta disponibilidad para la bujía ubicada en etapa de combustión. Es posible que las bobinas empleadas en los motores de cuatro cilindros sean, de hecho, autónomas para cada uno, con la ECU generando un pulso para encender la bujía en secuencia a medida que el motor se gira de acuerdo con el orden de encendido.



Figura 17. Bobinas de encendido individuales
Tomada de Petroheadgarage.com

También hay bobinas de cuatro chispas que tienen dos devanados primarios y uno secundario. Dos diodos están conectados en paralelo en cada extremo del devanado secundario; sin embargo, están colocados en direcciones opuestas, y de cada diodo corre un cable HT hacia una bujía. Los devanados primarios son alimentados por corrientes en la dirección inversa, que, cuando la corriente en estos devanados se interrumpe alternativamente, provoca que se genere un alto voltaje en el devanado secundario. El sentido de esta tensión depende del arrollamiento primario que la haya originado. Cuando la alta tensión tiene un sentido determinado, la corriente fluye a través de los diodos montados en la misma dirección (a favor), mientras que no puede atravesar los diodos montados en oposición. De esta manera, las chispas saltan en un par de cilindros. Cuando la alta tensión cambia de dirección, las chispas se generan en el otro par de cilindros.

2.2.16. Los sensores

También llamado variables de instrumentación, se tratan de aparatos capaces de percibir escalas físicas o químicas y convertirlas en elementos eléctricos. Una ejemplificación de los sensores puede ser: temperatura, magnitud lumínica, trayecto, rapidez, tendencia, deslizamiento, presión, potencia, flexión, humedad, pH, entre otros. En el caso de una magnitud eléctrica, la misma puede referirse a un RTD, fototransistor, un sensor de humedad, un termopar, entre otros ejemplos.

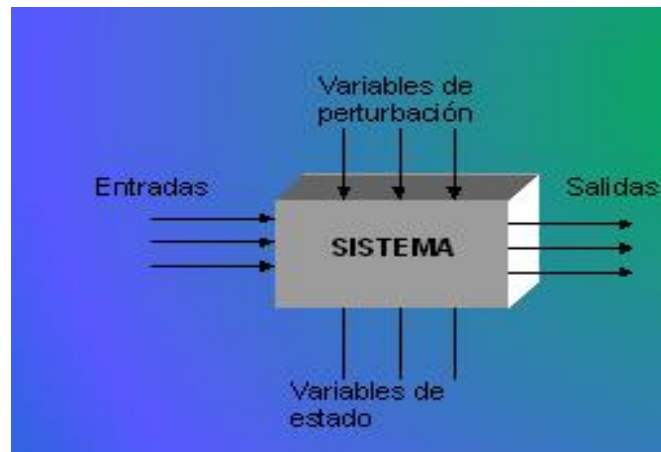


Figura 18. Entradas y salidas de un sensor
Tomada de Monografias.com

Ahora bien, la diferenciación existente entre un sensor y un transductor radica en el hecho de que el primero se encuentra en todo momento en conexión con el sensor, lo que hace que se trate de un equipo que saca provecho de su peculiaridad, a modo de acondicionar la señal que cuantifica con la finalidad de que pueda ser comprendida por otro equipo. Los automóviles cuentan con distintos dispositivos que capturan rastros de diferentes elementos y partes del vehículo. Existen sensores comunes a la gran parte de los vehículos, pero en modelos específicos, se incorporan sensores con funciones más sofisticadas, diseñados para ofrecer un rendimiento superior y mayor eficiencia en tareas específicas.

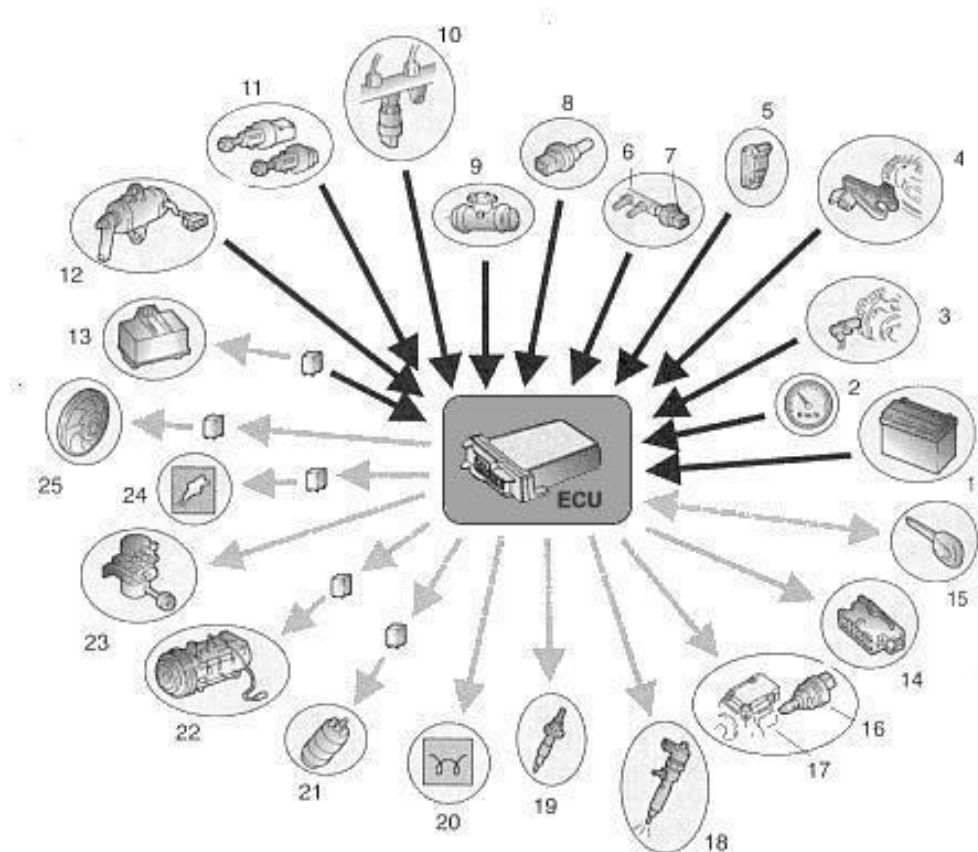


Figura 19. Señales de entrada y salida de la ECM
Tomada de Electriauto.com

Por consiguiente, se presentarán los sensores que se encuentran en la mayoría de las marcas y fabricantes de vehículos. Estos sensores son esenciales para asegurar la buena ejecución del motor y su rendimiento óptimo.

2.2.16.1. Sensor CKP (crank shaft position)

Es el sensor de ángulo del cigüeñal, su función es determinar la ubicación exacta del cigüeñal mientras gira, así como medir la velocidad de rotación a la que trabaja (20).

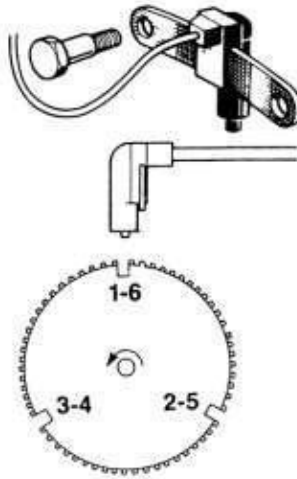


Figura 20. Sensor CKP tomando la señal de giro
Tomada de Hella.com

El sensor CKP generalmente está ubicado en el bloque del motor, donde toma la señal de los dientes del volante de inercia a medida que esta gira junto con el cigüeñal, asimismo, de un disco dentado conectado al eje del cigüeñal o estar ubicado cerca de la polea de distribución.



Figura 21. Posición general del sensor CKP
Tomada de Renntech.org

Dentro de esta o del disco dentado que gira acoplada al eje del cigüeñal, se encuentra la ausencia o desplazamiento de uno o más dientes (dependiendo de la configuración). Este desfase sirve como señal para determinar la posición del primer pistón en su recorrido (7).

La señal generada por el CKP es dirigida a la ECM, lo que permite examinar la posición del primer pistón y, de este modo, establecer el pulso de inyección y concordar la chispa de encendido. Si el sensor deja de emitir la señal de posicionamiento, no se realiza ni la inyección de combustible ni la chispa. En los vehículos que cuentan con un CMP, este puede asumir temporalmente la función del CKP para permitir el encendido del motor.

Los CKP pueden ser de efecto HALL o tipo magnético (inductivo).

- a. Inductivo: esta tipología se encuentra integrada por un magneto fijo y una bobina, operando en función de la paralización del campo debido al movimiento de los dientes en la volante.

Comúnmente dicha tipología tiene 2 cables, sin embargo, en ciertos casos es posible que posean un cable coaxial; conectado a tierra y acoge las barreras en la señal conducidas desde el sensor hacia la ECM. La confirmación es llevada a cabo instalando el conector y cuantificando la onda del cable de señal en el momento que el motor es arrancado. Este tipo de sensores se caracteriza por la variación de inductancia y emite una señal en forma senoidal.

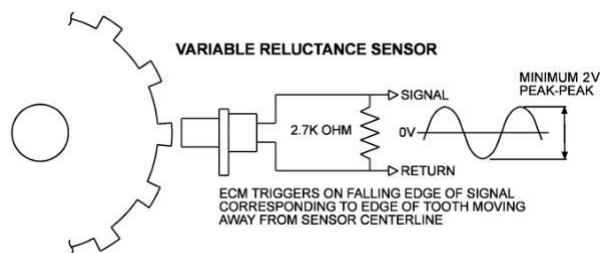


Figura 22. Sensor CKP tipo inductivo y forma de su señal característica
Tomada de Libreopinion.net

- b. Efecto Hall: esta tipología tiene una operatividad basada en un componente de tipo hall, por contener un semiconductor que hace que el dispositivo pueda activarse al momento que el flujo magnético varía, percatándose de esta manera, la rotación del eje ocasionada por el efecto de hall.

Los terminales de este conciernen a uno con 12 voltios, otro de 5 y un último dirigido a tierra. Las tensiones eléctricas de cada uno de éstos, con la combustión en su posición de encendido se requiere que se encuentre en 12, 5 y 0 voltios equitativamente.

A modo de comprobarlo, es requerido enlazar el cableado y sensor, además de cuantificar la onda del cable en el tiempo de inicio del motor, o en su defecto, en el escenario que se encuentre operativo. El CKP logra una señal en ondas cuadradas.

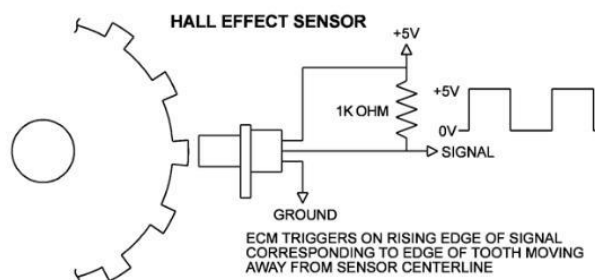


Figura 23. Sensor CKP tipo Efecto Hall y forma de su señal característica
Tomada de Libreopinion.net

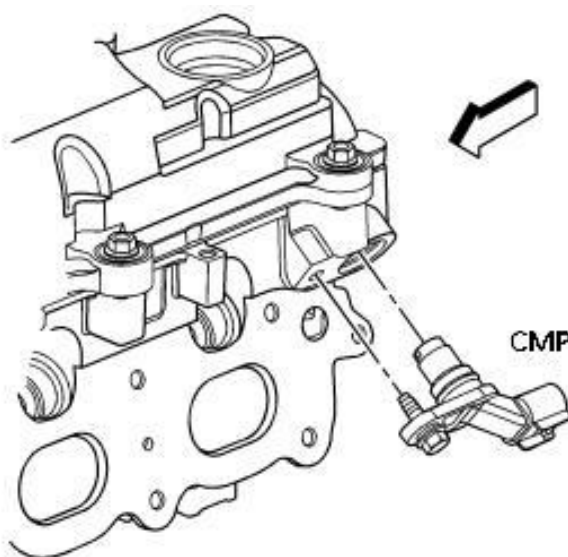
2.2.16.2. Sensor CMP (cam shaft position)

Es el sensor de ángulo del árbol de levas, el sensor CMP se sitúa comúnmente en motores con inyección multipunto. Su función principal es determinar la posición del árbol mientras gira. Asimismo, envía una señal a la ECM, que, al comparar esta señal con la del sensor CKP, puede identificar el ángulo del cilindro número uno. De este modo, se asegura que la inyección de combustible se realice en el cilindro correspondiente y se gestione de manera adecuada el tiempo de encendido de cada cilindro (20).



*Figura 24. Sensor CMP
Tomada de CódigosDTC.com*

El CMP suele ubicarse en el extremo opuesto a la banda de distribución, como puede estar instalado dentro o en un compartimento semejante de este. Dependiendo del tipo de sensor, este puede estar colocado de manera perpendicular al árbol o paralelo a su eje.



*Figura 25. Posición del sensor CMP
Tomada de Justanswer.com*

2.2.16.3. Sensor MAF (mass air flow)

Es el sensor de masa de aire, este dispositivo emite una clave que compara la data del sensor con los almacenados en la ECM para determinar la magnitud de aire que ingresa al motor. Con esta información, la ECM calcula la exacta cantidad de combustible que debe inyectarse para lograr una combinación estequiométrica ideal (14.7:1) para a ejecución óptimo de esta. En algunas marcas fijas, se emplea para examinar el momento adecuado de los ajustes en una transmisión automática (20).



*Figura 26. Sensor MAF
Tomada de Blogrollcenter.com*

El MAF se instala entre el final del filtro de aire y el ductor que dirige el aire al colector de admisión. En los extremos de conexión, cuenta con anillos de sujeción que permiten fijarlo a los conductos y restringir escape de aire. Este sensor destaca por un hilo de platino que se mantiene entre 75 y 200°C dentro de un ducto por donde circula el aire. Cuando el aire fluye hacia el motor, reduce la temperatura del hilo, lo que requiere un mayor flujo de corriente para preservarla. La ECM recibe esta variación en la corriente y, con base en los parámetros previamente almacenados en su memoria, ajusta la magnitud de combustible inyectado y gestiona la sincronización del encendido.

Los sensores MAF habitualmente poseen cuatro cables con la siguiente correspondencia: (Auto Avance, 2013)

- Alimentación 12V
- Masa del MAF
- Señal del MAF: 0,7V a 4V.
- Masa de calefacción

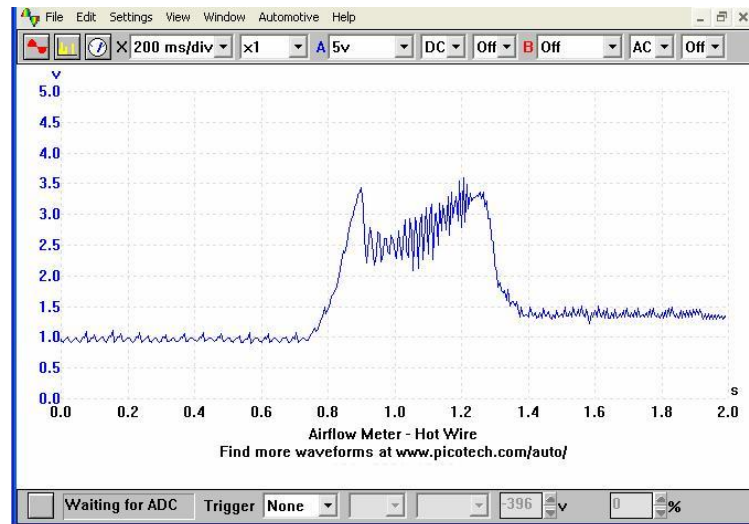


Figura 27. Forma de señal del sensor MAF
Tomada de Picoauto.com

2.2.16.4. Sensor VAF (vane air flow)

Es el flujo de aire por compuerta-sonda o paleta, es el que envía registros a la ECM de forma semejante a la de un MAF para registrar el volumen de aire captado y otorgar la proporción correcta de gasolina requerida para la inyección.

Al igual que el MAF, este sensor se ubica entre el final del filtro de aire y el ducto que lleva el aire hacia el colector de admisión (20).



Figura 28. Ubicación del sensor VAF
Tomada de Velocidadmaxima.com

Este sensor se caracteriza por medio de una paleta calcula el flujo de aire que obstruye parcialmente el canal de entrada de aire al motor. La paleta está conectada a un potenciómetro en uno de sus extremos, lo que permite medir la variación en el flujo de aire y transmitir esta información.

Cuando el motor está a ralentí, la paleta permanece estática, y el aire esencial para mantener el motor en esta condición ingresa por medio de un bypass calibrado. Sin embargo, al aumentar la aceleración, la presión del aire mueve la paleta, lo que provoca el giro del potenciómetro. Este movimiento genera una señal de voltaje que es enviada a la ECM, permitiéndole examinar la cantidad de aire que está ingresando al motor.

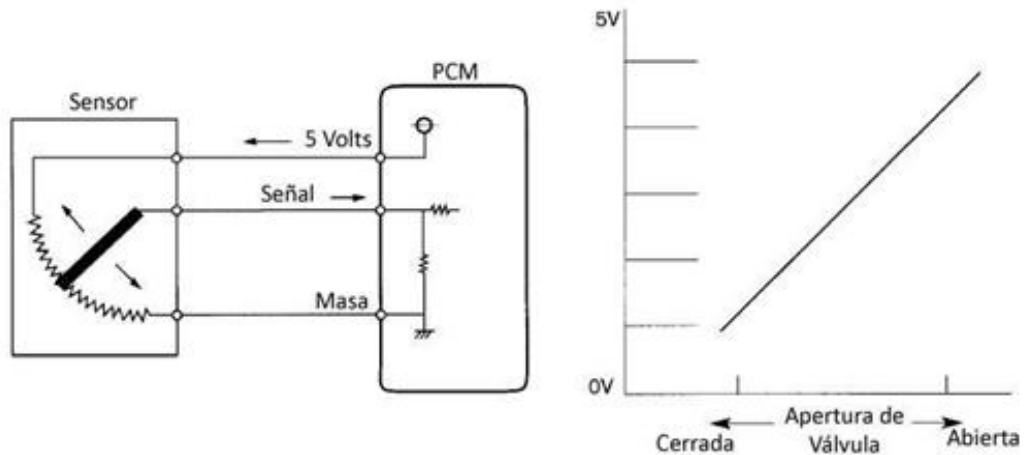


Figura 29. Esquema eléctrico y señal del sensor VAF
Tomada de Encendidoelectronico.com

2.2.16.5. Sensor IAT (intake air temperature).

Este sensor es conocido como sensor de temperatura ambiente del aire ingresante al motor. Se encuentra acoplado a la PCM por medio de un cable y una terminal. El mencionado dispositivo, es utilizado en la detección del nivel calórico estándar de la corriente del ambiente en un arranque en frío, siguiendo con la cuantificación de las variaciones en el nivel climático del aire, en la proporción que el motor empieza con el calentamiento de la corriente que continúa entrando (20).



Figura 30. Sensor IAT
Tomada de Bmotorsports.com

Tal dispositivo, está ubicado en el conducto de entrada de aire del motor, fijado mediante un enroscado en el conducto. En algunos casos, se encuentra en la parte inferior del depurador, después del filtro de aire. Además, trabaja en conjunto con otros sensores, como el sensor MAF, el sensor VAF y el sensor MAP.



Figura 31. Ubicación del sensor IAT
Tomada de Jaimemotordisel.blogspot.com

El sensor IAT destaca por contar con un termistor expuesto, lo que permite medir de manera más rápida y precisa la temperatura del aire ambiental que ingresa al motor.

Normalmente, son sensores NTC (coeficiente térmico negativo), lo que significa que su resistencia disminuye a medida que la temperatura del aire que están midiendo aumenta.

Tabla 1. Relación temperatura-resistencia

DEGREES (°C)	DEGREES (°F)	SENSOR RESISTANCE (OHMS)
-40	-40	77k – 109k
-29	-20	39k – 53k
-18	0	21k – 27k
-7	20	11k – 15k
4	40	6.6k – 8.4k
16	60	3.9k – 4.5k
27	80	2.4k – 2.7k
38	100	1.5k – 1.7k
49	120	.98k – 1.1k
60	140	650 – 730
72	160	430 – 480
83	180	302 – 334
94	200	215 – 235
105	220	159 – 172
120	248	104 – 113
140	284	63 – 68

Tomada de Justanswer.com

Este sensor posee una dupla de terminales eléctricos:

- Terminal 1: masa electrónica del sensor (GND)
- Terminal 2: alimentación, y señal cambiante.

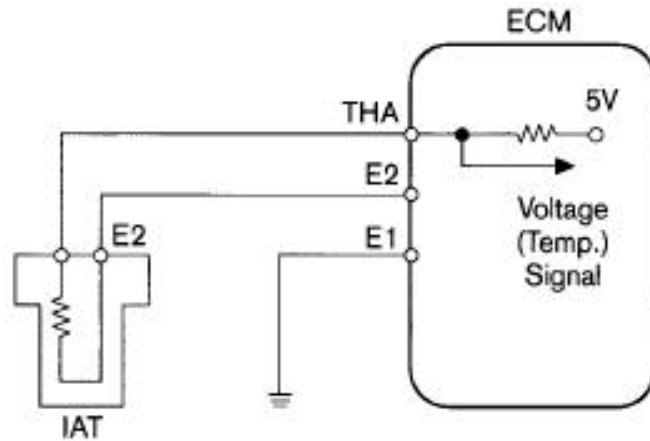


Figura 32. Conexión de sensor
Tomada de Automecanico.com

2.2.16.6. Sensor ECT (engine coolant temperature)

Se refiere al sensor que tiene a su cargo, la detección del nivel calórico del anticongelante del motor con el fin de ajustar correctamente el pulso de inyección de combustible según los aspectos de operación del motor



Figura 33. Sensor ECT
Tomada de Mpsracing.com.

Este sensor baja la resistencia a la tensión en la proporción de aumento del nivel climático del líquido anticongelante, es el caso de los NTC que son los más empleados y elevando el voltaje de la señal hacia la ECM.

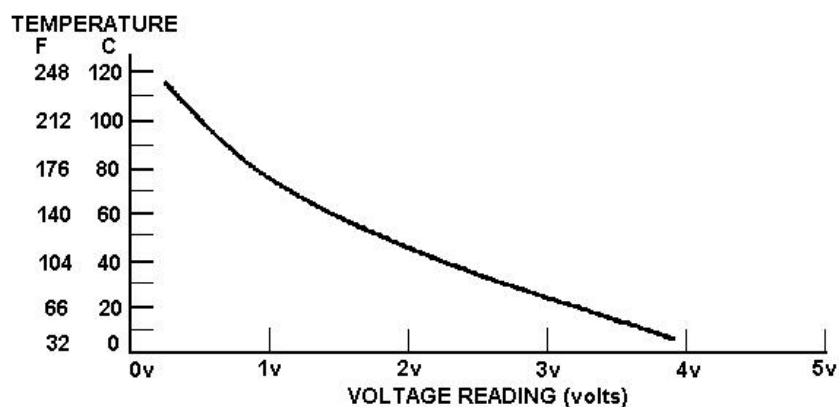


Figura 34. Relación voltaje-temperatura del sensor ECT
Tomada de Justanswer.com

Siempre se debe chequear que el motor se encuentre operando al nivel climático, así como que el sensor ECT se encuentre en todo momento reportando con exactitud el nivel calórico. Este dispositivo posee una dupla de terminales eléctricos:

- Terminal 1: masa electrónica del sensor (GND)
- Terminal 2: señal y alimentación cambiante.

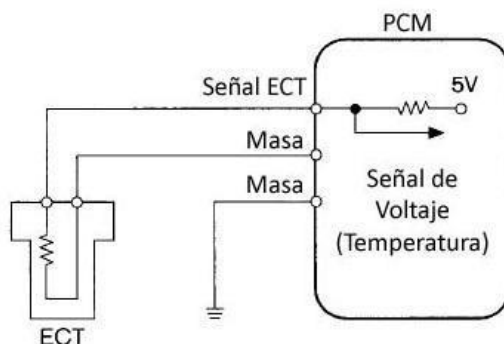


Figura 35. Esquema eléctrico del sensor ECT
Tomada de Automecanico.com

2.2.16.7. Sensor MAP (manifold absolute pressure)

Este dispositivo tiene la función medir la presión o depresión en el colector de admisión. Funciona de manera semejante a un potenciómetro. Esta variación en la resistencia provoca un cambio en la tensión eléctrica, que es enviada a la ECM para su procesamiento (21).

El ángulo del sensor puede variar según el fabricante y vehículo. Sin embargo, siempre se calcula la presión en el colector, antes de la dispersión hacia cada cilindro. El sensor se conecta al conducto de admisión mediante una manguera de goma.

El sensor MAP efectúa midiendo la presión en el colector y luego envía esta información a la ECM, la cual interpreta la variación para determinar la carga atmosférica. De este modo, el

sensor permite que la ECM ajuste automáticamente la dosificación de combustible, asegurando un rendimiento adecuado del motor a cualquier altitud.

La vacante ocasionada por el acogimiento de los cilindros ocasiona la actuación de un aguante cambiante que al mismo tiempo envía datos al módulo de mando del motor, sobre la carga transportada.

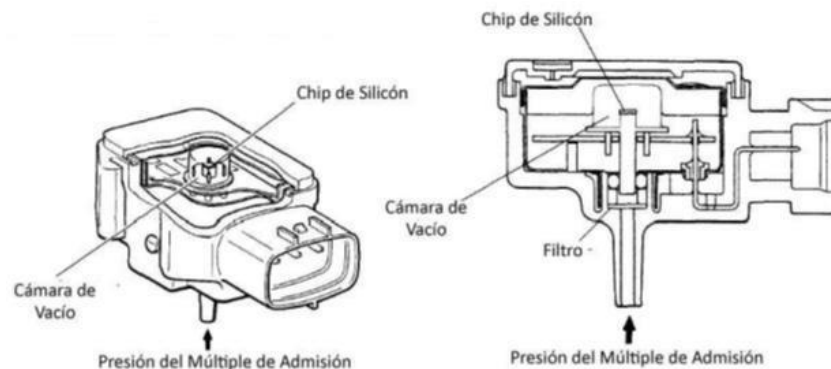


Figura 36. Elementos internos del sensor MAP
Tomada de automecanico.com

Ahora veamos el circuito eléctrico del sensor.

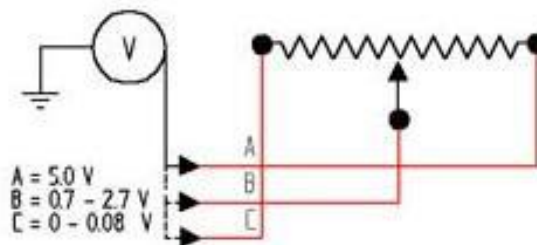


Figura 37. Circuito eléctrico del sensor MAP
Tomada de Automecanico.com

2.2.16.8. Sensor TPS (throttle position sensor)

Se refiere al sensor de posición de mariposa del acelerador. El mismo, transforma el ángulo de esta en una indicación electrónica. En el grado que la mariposa se apertura, la tensión eléctrica se eleva. El mencionado dispositivo, así como otras tipologías, resulta relevante que presente un estado óptimo a fin de alcanzar una operatividad apropiada del motor (21).

Localiza el ángulo y el desplazamiento de la placa de aceleración mediante variaciones de niveles de tensión eléctrica; a fin de enviar dichos datos a la ECM encaminadas a diferentes tareas como:

- Modo del motor: ralentí, aceleración parcial y total.
- Enmienda la dosis de carburante.
- Subsana el avance de encendido.
- Corte de combustible a régimen tope.
- Desactivar A/C y monitoreo de emisiones en ángulo WOT.
- Enmienda la elevación de potencia del motor.
-



Figura 38. Sensor TPS
Tomada de Danielpasshebomb.com

El dispositivo expuesto está situado en el cuerpo de aceleración, subyugado al eje de la mariposa.



Figura 39. Ubicación del sensor TPS
Tomada de Ehmotor.com

Hay aspectos que se requiere determinar la posición de elementos mecánicos. El TPS se emplea para indicar el ángulo de la mariposa en el cuerpo de aceleración.

En el caso de automotores con mayor actualidad, donde se emplea la válvula IAC, es usado el sensor de posición del pedal acelerador (APP), esta muestra la ubicación del pedal del acelerador. En el aspecto eléctrico, los dispositivos antes mencionados, se comportan de forma similar: un brazo móvil en el interior del sensor se encuentra ligado de manera mecánica a un elemento móvil, tal como una compuerta o válvula. En la proporción que el elemento tiene movimiento, el brazo móvil situado en el interior del sensor manifiesta movimiento. Asimismo, dicho dispositivo móvil tiene conexión electrónica con una resistencia; y en la proporción que

se desliza sobre la resistencia, la señal de los niveles eléctricos varía. En el punto de contacto, la carga eléctrica dispuesta es la señal de voltaje, siendo entonces la que señala la ubicación.

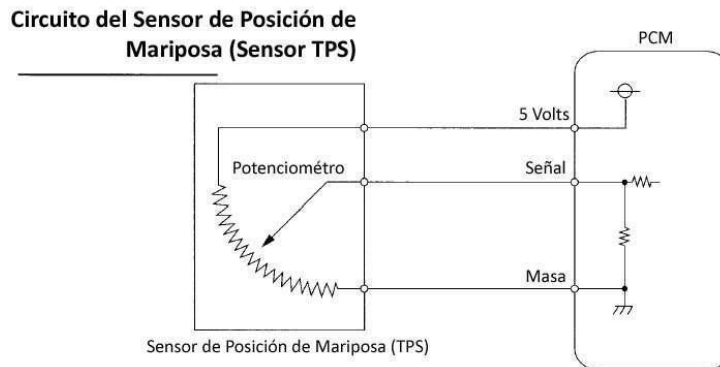


Figura 40. Circuito eléctrico del sensor TPS de 3 cables
Tomada de Yoreparo.com

2.2.16.9. Sensor KS (knock sensor)

Es sensor de golpeo, pistoneo o de detonación (21).



Figura 41. Sensor KS
Tomada de Nipponpower.com

Aquellos mecanismos de inyección en los que no se cuenta con un sensor de picado es requerido que integren un selector manual del número de octanos del carburante, a fin de alcanzar el ajuste adecuado previo del encendido. En el caso de la anexión del sensor de picado, es innecesario el establecimiento de dicho selector.

Es un equipo pieza-eléctrico de diminuto tamaño, que aunado al ECM, reconoce dichas detonaciones; y éste último frente al escenario mencionado retardará el encendido a modo de prevenir deterioros al motor.

Ahora bien, en cuanto a la periodicidad de detonación (pistoneo) ocurre cerca de 15 kHz (kilo hertzios). A modo de cuantificar dicha señal, será se empleó el osciloscopio con un rastreo horizontal de 50 ms por división y una gran tensión alterna de 2V.

Este sensor está instalado de forma permanente en la cabeza de uno de los cilindros o el centro del bloque del motor. Dispone de un solo cable con la ECM, enviando la señal a la unidad

de control. La conexión a tierra se realiza directamente a través de la carcasa del motor, con el fin de evitar interferencias que puedan alterarla.

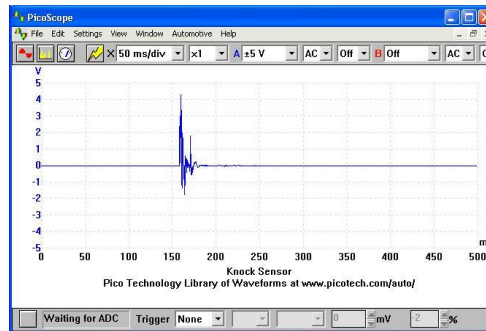


Figura 42. Onda característica del sensor KS
Tomada de Autoavance.com

2.2.16.10. Sensor HEGO (heated exhaust gas oxygen)

Este dispositivo es un sensor de oxígeno (sensor O₂) en las emanaciones de escape, ya que censa el aire existente en las emanaciones de salida combustionados (21).



Figura 43. Sensor O₂
Tomada de NGK.de

El mencionado equipo, tiene la capacidad de cuantificar la cantidad de oxígeno reciente en las emanaciones de salida, igualándolo con el aire del ambiente en los gases. La magnitud del aparato es un indicativo de tensión eléctrica de entre 0 y 1 V. Este valor de voltaje enfoca esta combinación destinada a combustionar estequiométricamente adecuado.

2.2.17. Los actuadores

Dentro de un mecanismo de administración eléctrica, los sensores representan los dispositivos que tienen a su cargo la recabación de los datos del funcionamiento del motor y otorgar los indicadores de entrada a la ECM, a modo que la misma sea capaz de establecer la indicación de escape. La mencionada indicación, se convierte en una señal eléctrica que es destinada a un actuador, el cual transformará en una tipología energética diferente (22).

En relación con la tipología de actuadores que se perciben en un vehículo resultan muy diversos; partiendo desde sumamente sencillos y directos, tal es el caso de un relé que capta una corriente y activa un vínculo; así como los que integran su propia electrónica de conversión, siendo una ejemplificación de las pantallas, éstas que cuentan con sus propios circuitos eléctricos destinados a la transformación de la señal de entrada en una cifra e incluso alguna otra.

2.2.18. Válvula IAC (idle air control).

Es un actuador controlado por la ECM, encargado de regular la velocidad mínima o el estado de ralentí del motor. Esto se logra mediante la apertura y cierre de una corriente de aire que conecta los márgenes del cuerpo de aceleración, permitiendo así que el aire fluya hacia el motor (22).

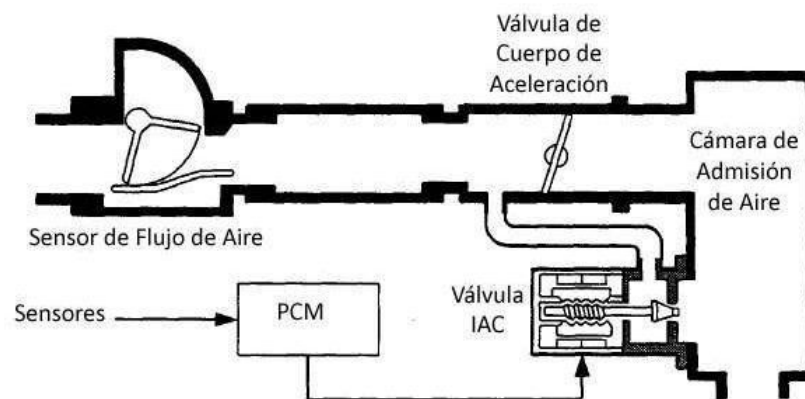


Figura 44. Apertura y cierre de la válvula IAC
Tomada de Curso sistemas marcha mínima

Esta válvula utiliza un motor de pasos a manera de ejercer el control del régimen de ralentí a través del cambio de aire anexo al de la mariposa. Se encuentra conformado por un estator con una dupla de bobinas y el rotor con los imanes, que posee el eje roscado.

En el eje del motor, se encuentra enroscado un cono de ajuste al eje del rotor, a tal manera que al girar este último, el primero se mueve. Ahora bien, dicho cono se inmiscuye en el deslizamiento de oxígeno añadido; a tal manera de que, de acuerdo con el sentido de rotación del motor, dicho elemento producirá la abertura o el cierre del paso de aire.

Ahora bien, el motor fase a fase se encuentra integrado por un rotor de imanes fijos y diversas bobinas que alinean el estator. El mencionado rotor, está ubicado en la parte interna de un arnés o embalaje, encontrándose magnetizada igual a la magnitud de polos que los que les es posible elaborar una de las bobinas.

Así pues, la conexión entre el rotor y estator representa el origen de la provocación del vuelco escalonado del rotor, debido a que las bobinas, envueltas a unas masas polares, tienen la posibilidad de ser nutridas de forma alternativa, a tal forma que es ocasionado desplazamiento. La porción de giro o paso está sujeta a la cantidad de polos del imán y de las bobinas de alimentación (fases).

La ECM es aquella que tiene a su cargo la excitación de las bobinas, modificando de manera alterna la polaridad de cada conjunto de bobinas, a modo de generar la vuelta o bien, a fin de variar la ubicación de esta.

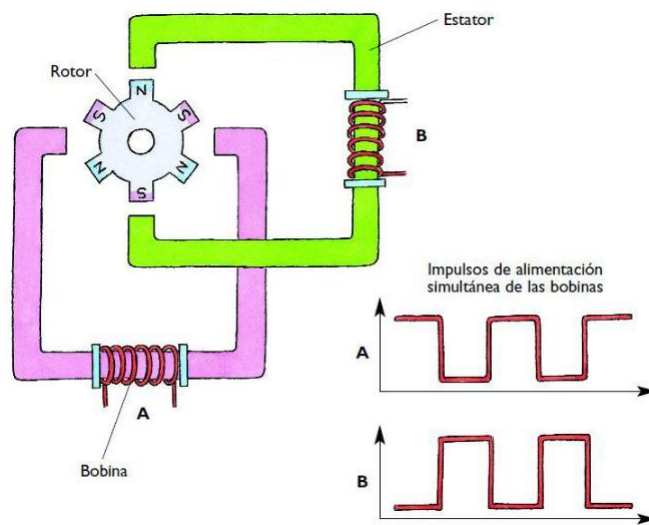


Figura 45. Funcionamiento del motor paso a paso
Tomada de Sensores y actuadores por Roman Avid

Al ser un componente con bobinas internas, mantiene una resistencia o continuidad que debe estar entre 40 y 60 ohmios; si esta variación se sale de ese rango, el cono de ajuste no estaría en la posición correcta.

Este actuador controla el régimen de ralentí, por lo que su falla impide que el motor alcance este régimen, causando que se apague continuamente al soltar el acelerador. Es imprescindible reemplazarlo.

Si se reemplaza, es crucial que la ECM se auto programe y determine la ubicación correcta de la válvula. De lo contrario, el régimen del motor se desajustará, provocando un aumento inestable de las revoluciones.

2.2.19. Solenoide de control de EGR (exhaust gas recirculation).

Durante la ignición de la combinación aire-combustible, se efectúa una respuesta química exotérmica que genera residuos de sustancias no completamente quemadas, las cuales son perjudiciales para la naturaleza, como el NO_x (23).

El nitrógeno, que conforma el 78 % del aire de la atmósfera, se combina con oxígeno, a niveles calóricos mayores a 1400°C. Mientras sucede el mencionado proceso, el nivel climático en el cilindro se elevará por arriba de 1900°C, resultando la situación óptima para la creación de NO_x.

En cuanto al mecanismo de EGR, redirige una parte de los gases de escape del canal de salida hacia el múltiple de admisión, para que sean recirculados y quemados nuevamente, lo que ayuda a disminuir la temperatura en el cilindro. De este modo, se baja la magnitud de partículas contaminantes emitidas a la naturaleza.

En un principio la creación de las válvulas EGR era con el fin de activarse por vacío porteadado, situación que significa que este lo aviva proviene del orificio ubicado de manera sutil sobre la mariposa del acelerador. Es por esto, que en el momento en que el motor está en curso mínimo, no obtiene vacío la válvula EGR, manteniéndose de forma inoperante.

En la figura siguiente se muestra el funcionamiento de la válvula del sistema EGR mecánico, donde la ECM controla la electroválvula para abrir o cerrar el paso del vacío presente en el conducto de aire hacia el motor.

Cuando esta se mueve se activa el vacío, permitiendo que una pequeña magnitud de gases de escape recircule para ser nuevamente quemada.

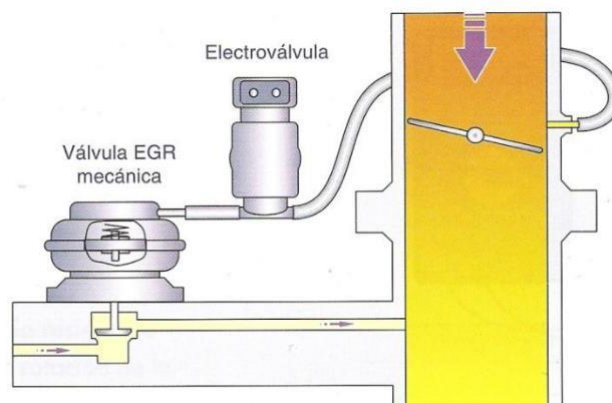


Figura 46. Funcionamiento de la válvula EGR (mecánica)
Tomada de Manual técnico de Fuel Injection Por Rueda Santander

Por esta razón, se añadió una electroválvula EGR, la cual es gestionada completamente por la ECM, que envía un pulso de activación en parámetros fijos.

Cuando se encuentra detenido, existe inexistencia de vacío, así como de tráfico de vapores. Mientras que, si la válvula se encuentra en funcionamiento, se aprecia el vacío y la circulación de vapores entrando al múltiple de admisión.

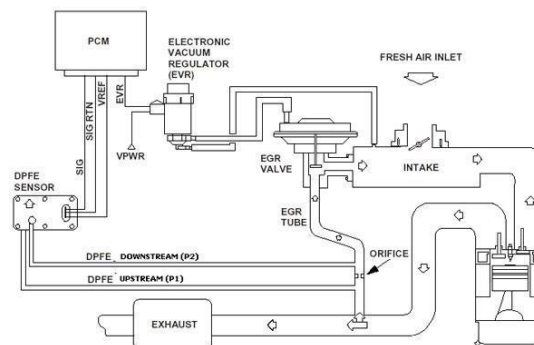


Figura 47. Funcionamiento de la válvula EGR (electrónico)
Tomada de Rockledge.home

Los vapores de salida ocasionan un desplazamiento anormal, e inclusive apaga el motor en el caso de estar frío, circunstancia que conlleva, a que la válvula se activa únicamente cuando el motor alcanza la temperatura de operación correcta y en el momento en que el motor está en plena aceleración. Este solenoide está permanentemente alimentado con 12 voltios y es manejado por la ECM mediante una señal a tierra.

2.2.20. EVAP (evaporative emission system).

El sistema de emisiones evaporativas se encarga de redirigir los gases generados por la evaporación de la gasolina (HC) en del tanque, sin que se liberen a la atmósfera, ya sea por medio de una válvula de sobrepresión o cuando se retira el tapón del depósito de carburante (23).

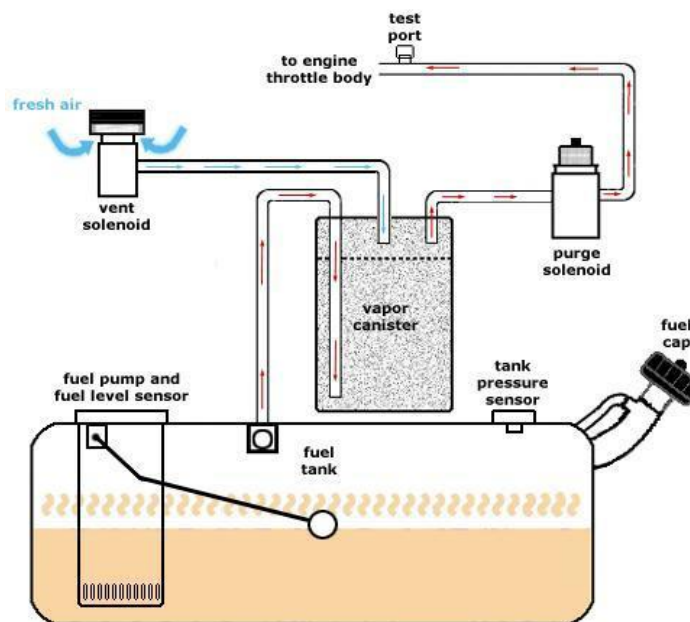


Figura 48. Sistema de emisiones evaporativas EVAP
Tomada de Agcoauto.com

2.2.21. El canister

Es un dispositivo que utiliza carbón activo, el cual recibe los gases de hidrocarburo provenientes del depósito para almacenarlos temporalmente. Además, cuenta con un canal de escape por donde los gases son dirigidos al múltiple de admisión, desde donde son aspirados hacia el cilindro del motor para su combustión (23).



Figura 49. Electroválvula de control del sistema EVAP
Tomada de Peugeotclub.clubme

La válvula de control es una electroválvula encargada de regular el flujo de gases desde el tanque hacia el canister.

Su funcionamiento es supervisado por pulsos enviados por la ECM, los cuales se ajustan en función de diversos factores, tales como:

- Inactividad cuando la temperatura ambiente esté entre 5 y 70 °C, según lo detectado por el sensor IAT.

- Autorizar el inicio de la electroválvula únicamente cuando el nivel esté entre el 25% y el 85%.
- Según el fabricante, este inicio ocurre cada dos ciclos de conducción, por otro lado, se realiza de manera continua en intervalos de tiempo programados.

2.2.22. Sistema TAC (throttle actuator controller).

Es el cuerpo de aceleración o mariposa motorizada. Se trata de un dispositivo que interfiere con la conexión mecánica existente entre la mariposa y el pedal del acelerador que se sitúa en el colector de admisión de aire. La misma es reemplazada por un vínculo eléctrico mediante un módulo de monitoreo eléctrico, el cual en diversidad de ocasiones resulta la misma ECM, que se encarga de la administración del motor (23).

Este mecanismo se encuentra conformado situado en el pedal del acelerador, reconocido habitualmente como sensor, el ECM de gestión del motor es el mismo; para finalizar, un cuerpo de mariposa con actuación eléctrica consiste en una válvula y un motor eléctrico que hace posible abrir y cerrar la válvula.

El acelerador electrónico tiene la capacidad de producir inmensidad la ubicación de la mariposa, tomando en consideración los aspectos de operación del motor. La central electrónica tiene conocimiento en la totalidad de los escenarios sobre la ubicación del pedal del acelerador por medio de la variante del aguante del potenciómetro. Partiendo de esta información, y las revoluciones del motor es posible determinar el grado ideal de abertura de la mariposa.

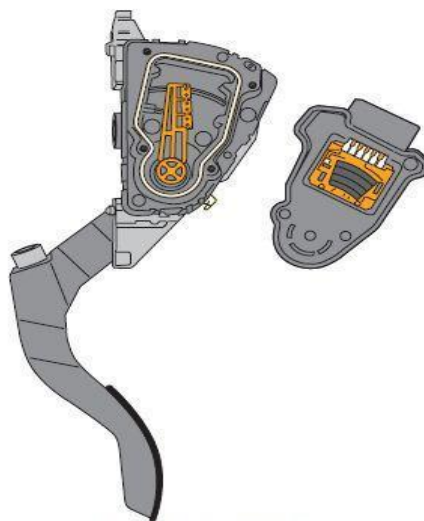


Figura 50. Pedal de aceleración con APP incorporado
Tomada de Auditts.com

Resultante de su comparación con el acelerador convencional, a cada ubicación del pedal le atañe una de la mariposa. La actuación del motor se encuentra establecida por el recorrido de estos. La mariposa procede a apertura despacio ante revoluciones mínimas del motor, y por el contrario, su abertura será rápida, ante elevadas revoluciones. Ahora bien, se obtiene una respuesta apropiada del motor bajo cualquier régimen, imposibilitando la aparición de ahogos a causa de un accionamiento sumamente veloz del acelerador.

Durante la etapa de caldeamiento, es ocasionada una apertura más extensa de la mariposa en función de la ubicación del pedal acelerador. En el transcurso de dicha etapa se pretende arruinar la mezcla la mayormente probable y retardar el encendido, disminuyendo el lapso de calentura del motor, y consecuentemente, del catalizador. A modo de que el conductor no capte la disminución de par que dicho escenario presume, la mariposa sufre una abertura veloz, optimizando su respuesta.

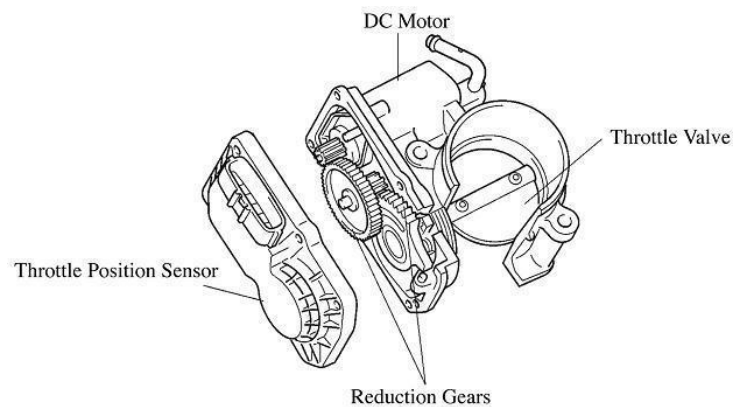


Figura 51. Cuerpo de aceleración motorizado
Tomada de Fóruns.vwvortex

Al integrar este sistema en el proceso de aceleración, otorga la posibilidad de modificar la correspondencia entre la ubicación de este y la abertura de la mariposa en virtud de una diversidad de opciones, de esta forma simple ajuste del registro de rapidez de cruce.

Igualmente, ayuda en la disminución de los tirones o aceleraciones bruscas en el transcurso de la operatividad del motor y así accede un control óptimo de las emisiones contaminantes. También permite una operatividad más suave a los automotores provistos con cambio de partidas mecánico, mediante la incorporación del registro eléctrico en la centralita de gestión del motor.

2.2.23. Unidad de control del motor (ECU)

ECU (Engine Control Unit) se trata de una terminología empleada para la designación del compendio de dispositivos eléctricos que tienen a cargo la regulación de la ignición interior del

motor. A este respecto, integra un microordenador central que lleva a cabo la lectura de la totalidad de los registros de los sensores; siendo ciertas de estas cosas: (Picoauto, 2018)

- a. Mezcolanza aire- gasolina
- b. Combustión
- c. Movimiento de las válvulas

Resulta importante indicar que, en determinados escenarios, las discrepancias entre ECU, ECM y PCM resultan simplemente de carácter descriptivo, ya que la totalidad vienen a ser en naturaleza, ordenadores. No obstante, transforman información diferente tal como se puede visualizar a continuación.

2.2.24. Módulo de control electrónico (ECM)

Se conoce en el idioma inglés como Electronic Control Module en realidad, siendo una terminología de carácter genérica referida a diversos objetos. Originalmente, a cualquier elemento implicante de una unidad de análisis, así como un sensor que pueda pertenecer al ECM. No obstante, habitualmente se le conoce con ese término a la unidad central que realiza el procesamiento de datos de los componentes siguientes: (23)

- Motor
- Sistema eléctrico
- Transmisión
- PCM
- Suspensión
- Frenos

2.2.25. Módulo de control del sistema de propulsión (PCM)

También llamado tren de potencia se refiere a la totalidad de partes que otorgan la posibilidad de que un automotor se desplace. A este referente, incorpora: caja de velocidades, motor, ejes y barra de transmisión. El reconocido en inglés como Powertrain Control Module, se trata del ordenador central del conjunto de dichos procesos. Según la marca y modelo del automóvil, la PCM presenta la posibilidad de encontrarse o no interconectada al ECM. Mayormente, cuando un automóvil manifiesta la luz “check engine”, el referido ordenador mostrará el desperfecto cuando es realizada una evaluación por scanner (23).

2.2.26. OBD II (on board diagnostics second generation)

Valoración a bordo, segunda generación. En el análisis llevado a cabo, pretendiendo una mayor facilidad y conocimiento, serán empleadas las siglas OBD II (23).

2.2.27. Protocolo

En lo que respecta al socket o conector de tipología OBDII, posee 16 pines, aun cuando es importante resaltar que los mismos no son empleados en su plenitud, inclusive de manera rigurosa únicamente es empleado una unidad o dupla de la totalidad de pines, a modo de ejecutar la transferencia de información; en otras palabras, instaurar comunicación con el scanner (23).

2.2.28. Topologías de controles de diagnostico

El diagnóstico de fallas es esencial en cualquier proceso automatizado, ya que contribuye a mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los procesos industriales. Cada componente de un sistema o proceso está diseñado para cumplir una función específica; si un componente no logra cumplir con los objetivos, el proceso podría operar en un modo degradado o incluso sufrir paradas no programadas, lo que afectaría la calidad del producto y podría tener otras implicaciones relacionadas con la seguridad.

En este sentido, disponer de aplicaciones de diagnóstico y detección que operen en tiempo real representa un desafío clave en el ámbito industrial. Desde la perspectiva de los avances teóricos, hay propuestas que, aunque prometedoras, resultan difíciles de implementar en entornos industriales reales y, finalmente, tienen un valor práctico limitado.

En este contexto, algunas propuestas recientes en la literatura recurren a técnicas basadas en modelos para proporcionar soluciones en tiempo real. La ventaja de utilizar este enfoque radica en que solo se necesita realizar cálculos numéricos sobre los datos obtenidos de los sensores disponibles, lo que permite generar la información necesaria para llevar a cabo el diagnóstico.

- **Multímetro automotriz**

Es un dispositivo portátil utilizado para medir diversas magnitudes eléctricas, tanto activas como pasivas. Con este instrumento, es posible medir corriente continua y alterna (según el modelo), así como la intensidad de corriente mediante el uso de pinzas amperimétricas. También permite calcular la tensión entre dos puntos de un circuito, conectando los terminales del medidor en estos. Además, calcular la resistencia de un elemento, aunque para ello es esencial desconectarlo de otros circuitos. Se recomienda que el técnico adquiera un multímetro con una impedancia mínima de 10 mega ohmios.

- **Scanner automotriz**

Para llevar a cabo diagnósticos profesionales, los técnicos deben contar con un escáner de alta calidad, no simplemente con un lector de códigos. Un escáner adecuado permite no solo visualizar los códigos de falla, sino también leer los Parámetros de operación del motor y otros módulos del vehículo, efectuar pruebas de actuadores y llevar a cabo estructuras específicas.

Adicionalmente esta es la principal herramienta de diagnóstico ante una falla, después de los resultados que nos emita el scanner podemos apoyarnos con las otras tipologías mencionadas para tener un diagnóstico más certero.

- **Osciloscopio automotriz**

De manera similar al escáner, es crucial invertir en un buen osciloscopio automotriz. Este instrumento de medición permite visualizar en gráficos las señales eléctricas capturadas por el multímetro automotriz, y es especialmente útil para analizar señales de alta velocidad que no pueden ser detectadas.

- **Punta lógica**

Es un instrumento empleado para rápidos diagnósticos electrónicos, cuyo propósito es identificar la existencia de señales de masa, pulsos y tensiones de elevada y baja frecuencia en el circuito que se está evaluando.

- **Puntas de prueba**

Debe ser del tipo piercing, lo que otorga el trabajo del técnico. De esta forma, al realizar mediciones en cables, conectores o arneses de los vehículos, podrá hacerlo de manera profesional sin dañar el cableado ni los circuitos del vehículo (26)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 método y alcance de la investigación

Para alcanzar los objetivos propuestos, se llevó a cabo un análisis estructurado de los procesos de solución dentro de una metodología con el propósito de otorgar el diseño de los mecanismos que componen el escáner.

3.1.1 Tipo de investigación

Es progreso tecnológico ya que enfatiza con la realidad del problema del escaneo de carros tanto Toyota como Hyundai para luego ser de utilización directa y comercial para la ciudad de Arequipa, mediante la creación e innovación de un scanner encargado de evaluar las fallas desde cualquier lugar, con el fin de reducir tiempos y costos en mantenimiento.

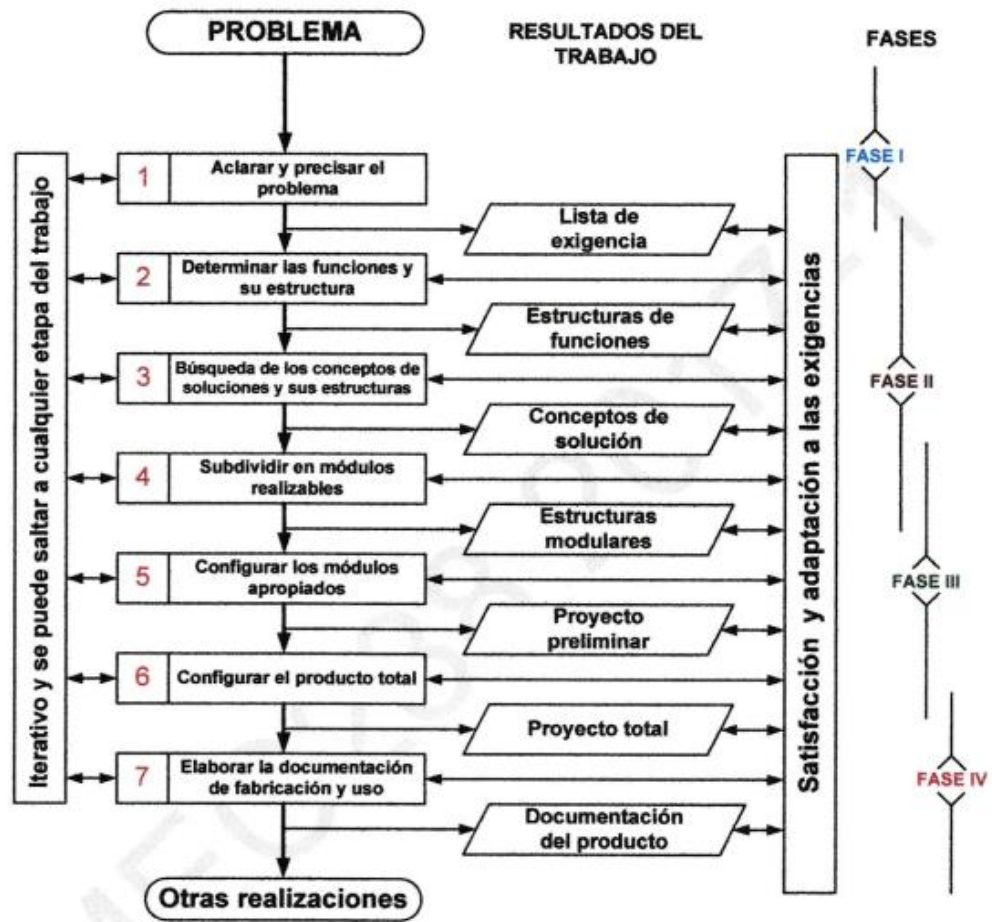
3.1.2 Nivel de investigación

El enfoque es aplicativo ya que otorga saberes con una ejecución directa a la problemática sociales o productiva. Enfatiza en los avances tecnológicos derivados del análisis básico, enfocándose en la conexión entre la teoría y el producto. Se destaca la relevancia de la colaboración entre la universidad y la industria en la fase de transferencia de tecnología, y aborda los aspectos vinculados con salvaguardar la propiedad intelectual en dicho proceso (2), Con el objetivo de satisfacer las necesidades planteadas, así como de apoyar la capacidad de escaneo en los pequeños y medianos talleres de mantenimiento.

3.2 Metodología aplicada para el desarrollo de la solución

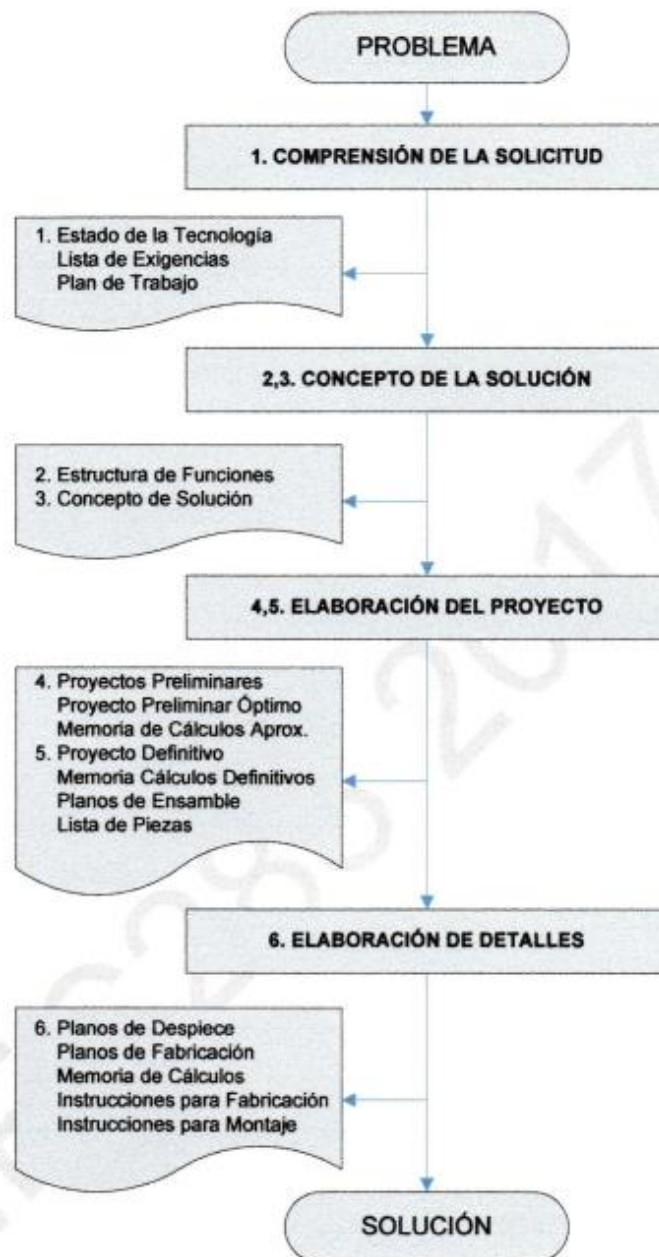
El método es la VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure*) creada por la Asociación de Ingenieros Alemanes (VDI); También tiene la ventaja de que no requiere de la experiencia del diseñador al trazar un flujo de diseño jerárquico y ordenado en cuanto a etapas y fases,

lo que dictamina al diseñador a encontrar los criterios que lo efectúen. Y así mismo en la optimización de los recursos.



*Figura 52. Proceso de desarrollo y diseño
Tomada de Métodos de ingeniería mecánica, por Barriga Benjamin.2016, p 20*

El método incluye cuatro fases con siete etapas de progreso. La primera fase brinda información basada en la Etapa 1. La segunda etapa crea un diseño basado en las etapas 2, 3 y 4. La tercera etapa crea detalles del proyecto basados en los niveles 5 y 6. Finalmente, la cuarta fase despliega un desarrollo técnico detallado basado en el Nivel 7.



*Figura 53. Fases del diseño de la VDI 2221
Tomada de Barriga Gamarra, 2016*

3.2.1 Fase I: Información

En la primera fase se encuentra correctamente descifrado y especificado el problema, que incide la planificación general de los recursos esenciales para implementarlo, donde la primera fase se desarrolla desde cero, desde el diseño hasta la preparación del proyecto.

✓ Etapa 1: Aclara y precisa el problema

- **Inicio del diseño:** en general, incluye un completo detalle del problema, un reclamo para un pedido en particular con las características correspondientes, y los requisitos del cliente están debidamente clasificados y cuantificados.

- **Asumir el problema en forma crítica:** incluye aclaración de eventos adversos, malentendidos, mala construcción, falta de plazos de entrega, etc. para evitar ciertas causas económicas y jurídicas.
- **Estado de la tecnología (estado de arte):** en este ámbito, se recopila data relevante para la ejecución de proyectos, como patentes, artículos científicos, tesis, libros, catálogos, etc. con el objetivo de competir con la idea central de crear algún tipo de artefacto tecnológico o proceso.
- **Colocar prioridades, ordenarlas y cuantificarlas:** se trata de categorizar toda la información obtenida y anotarla en una lista de requisitos que incluye información recibida del cliente, lo que puede generar preguntas como: ¿Qué requerimiento debe ser cumplida por la solución al problema?, ¿Qué esquemas debería tener la solución?, finalmente, ser capaz de diferenciar las cualidades de los requisitos y los deseos, para poder formular los requisitos deseados más adelante.

Tabla 2. Modelo de lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS		EDICION:	Pág. De _
PROYECTO:		CLIENTES:	Fecha:
			Autor:
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

Tomada de Barriga Gamarra, 2016

- **Planificación del desarrollo del proyecto:** Incluye el desarrollo del plan, que detalla todas las funciones a realizarse dentro de un plazo específico, organizado por semanas.

Tabla 3. Modelo del plan de trabajo

Actividad	Tiempo / Hombre (Horas, Días, Semanas, Meses)						Tiempo (Hr, Día, Sem)
	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4			semana n
1 Lista de Exigencias	■■■■■■■■■■						"a" horas
2 Plan de Trabajo		■■■■■■■■■■					"b" horas
3 Estado de la Tecnología	■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■					"c" horas
4 Estructura de Funciones		■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■				...
...							...
...							...
...							...
Entrega Final							
						Total	...

Tomada de Barriga Gamarra, 2016

3.2.2 Fase II: Creación - concepto de solución

La segunda fase consiste en la construcción de la solución donde se genera el diseño del prototipo de la máquina destacando las respectivas fases, por lo cual, se siguen los pasos 2, 3 y 4.

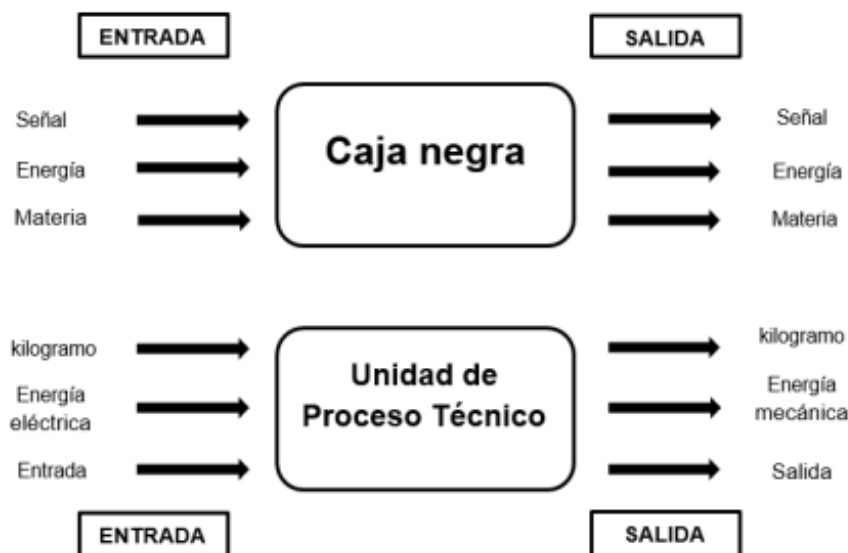
✓ Etapa 2: Determina las funciones y su estructura

En la fase de abstracción, donde toda la máquina se puede representar como una serie de acciones, como una caja negra (black box) enfocada en tres cantidades fundamentales.

Materia: distintos recursos, materia prima, comestibles insumos, líquidos, etc.

Energía: mecánica, eléctrica, química, térmica, etc.

Señales: valores, datos, magnitudes, señales de control, información visual, etc.



*Figura 54. Modelo de black-box
Tomada de Taipe 2015*

Una vez definidas, la máquina se revela por medio de funciones parciales, conocidas como "cajas blancas", en las que se especifican las subfunciones vinculadas con las entradas y salidas de variables, la auto operación y el proceso técnico de todas las operaciones.

✓ Etapa 3: búsqueda de los conceptos de solución y su estructura

También conocida como matriz morfométrica, en este paso se organizan las funciones en la caja blanca, cuya combinación forma el concepto de soluciones, que son tipos de máquinas que pueden diseñarse en función de su elección óptima, aquí, a través de un evaluación económica y técnica.

Tabla 4. Modelo de matriz morfológica

Características requerimientos de diseño	Alternativas de diseño			
Movimiento de entrada	Rotacional	Lineal	Oscilante	Etc.
Fuente de entrada	Una mano	Dos manos	Pie y mano	Etc.
Elemento de entrada	Cigüeñal	Biela	Palanca	Etc.
Elemento de salida	Torpedo	Hélice	Pistón	Etc.
Movimiento de salida	Rotacional	Lineal	Reciprocante	Etc.
Mecanismo	Engranaje	Articulación	Corredera	Etc.

Tomada de García, 1998

- ✓ **Etapas 4: subdivisión en módulos realizables**
- **Determinar el concepto de solución óptimo:** en este paso se realiza una evaluación técnico-económica de algunas alternativas fijadas en la matriz, así como un listado de requisitos a cumplir con la solicitud del cliente.

Tabla 5. Modelo de evaluación de lista de exigencias

Nº	Criterios Técnicos y Económicos según la lista de exigencia	Soluciones			
		S1	S2	S3	S ideal
1					
2					
3					
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n					
TOTAL					n*4
EVALUACION (%)					1

Tomada de García, 1985

- **Evaluación técnica:** se considera la seguridad, velocidad, rigidez, peso, maniobrabilidad, calidad laboral, portabilidad de la máquina, etc. tenido en cuenta. decidir sobre la solución óptima.

Tabla 6. Modelo de evaluación del valor técnico

Variantes de concepto/proyecto		Solución 1			Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
		S1			S2		S3		S ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	Gp
1									4	
2									4	
3									4	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n									4	
Puntaje $\sum gp$										
Valor técnico										

Tomada de García, 1985

Nota: p=puntaje de 0 a 4, g=peso ponderado que se da en función a la importancia del criterio a evaluar

- **Evaluación económica:** se toman en cuenta factores como la magnitud de piezas, productividad, facilidad de montaje, minimización de desperdicios, distintos costos, entre otros.

Tabla 7. Modelo de evaluación del valor económico

Variantes de concepto/proyecto		Solución 1			Solución 2		Solución 3		Sol. ideal	
		S1			S2		S3		S ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1									4	
2									4	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n									4	
Puntaje $\sum gp$										
Valor económico v_s										

Tomada de García, 1985

Nota: p=puntaje de 0 a 4, g=peso ponderado en función a la relevancia del criterio

- **Concluir cuál es el concepto de solución adecuado para el diseño:** en esta etapa se definen las propiedades de la máquina a diseñar, una vez identificada la solución óptima. Es fundamental describir la función de cada componente para iniciar su diseño.

- **Detallar el concepto de solución mediante un diagrama:** detalladas las características, se solicita un esbozo libre del concepto de solución óptima, enfatizando la función y secuencia de funcionamiento de cada pieza.

3.2.3 Fase III: Elaboración del proyecto

En la tercera fase destaca la creación del anteproyecto, incluyendo el inicio de la configuración geométrica, así como el proyecto final construido, que incluye la consolidación del anteproyecto; Para ello se efectúan los pasos 5 y 6.

✓ **Etapa 5: Configuración de los módulos apropiados**

- **Proyecto preliminar:** esta fase abarca el inicio, concretándose mediante el croquis. También establece, de manera iterativa, diversas restricciones técnicas como fabricación, montaje, fiabilidad, fricción, mantenimiento, peso, masa, economía, seguridad en el trabajo, manejo, uso de factores estandarizados, y consideración del impacto ambiental, entre otros aspectos. Todo esto con el fin de cumplir con requisitos establecidos en la lista de especificaciones.
- **Memoria de cálculos aproximados:** se describen los cálculos preliminares, las simulaciones iniciales de cada componente, el de la ejecución del sistema, y el análisis dinámico y cinemático realizado (OBD 2).

✓ **Etapa 6: configurar el producto total**

- **Proyecto definitivo:** es una consolidación del anteproyecto, donde se destacan tolerancias, los materiales, montaje global de la máquina, acompañado de un listado de piezas con sus correspondientes elementos y normas.
- **Memoria de cálculos definitivos:** se detallan los cálculos de la máquina, las simulaciones efectuadas de cada componente, así como el análisis dinámico y cinemático realizados mediante software CAD.

3.2.4 Fase IV: Elaboración de ingeniería de detalles

Detallar es tomar el diagrama de fabricación de cada componente de la máquina, determinando la secuencia de montaje correcta.

- ✓ **Etapa 7: elaboración de la documentación de fabricación y usos o Planos de despiece y de fabricación:** es la creación final de los planos, incluyendo los detalles de acabados superficiales, tolerancias, detalle del tratamiento térmico, entre otros.

- **Memoria de cálculos:** se realizan de forma exhaustiva los cálculos de la máquina y de los elementos mecánicos que la integran, así como simulaciones fijas y globales.
- **Instrucciones para la fabricación:** se detallan ya sea por medio del diagrama de operaciones (DOP) o mediante otra serie de indicaciones.
- **Instrucciones para el montaje:** se detalla el procedimiento de ensamblaje de la estructura en la máquina.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

El propósito de este capítulo es examina una base de diseño con la metodología anterior, donde la definición de requisitos, el análisis de la solución y el diseño serán pilares clave en el diseño y fabricación de escáneres OBD.

4.1. Identificación de requerimientos

El progreso de la primera fase inicia con data detallada sobre el problema, donde se identifican y especifican eventos futuros en el desarrollo del proyecto desde el inicio del diseño hasta la elaboración del listado de requisitos.

4.1.1 Inicio del diseño

En esta fase inicial del diseño, se recopiló datos con el fin de validar el problema planteado. El análisis se efectuó en Arequipa, se realizó un análisis en tiempo real de las posibles fallas o mal desempeño de un automóvil. El deterioro de los sensores puede ser prevenido para evitar fallas que ocasionen accidentes o desperfectos de un automóvil. La identificación de parámetros fuera del rango de normal funcionamiento es necesario para evitar daño al automóvil o aún peor evitar accidentes.

4.1.2 Lista de exigencias

Se elabora en base a los problemas identificados en etapas anteriores, así como a las necesidades planteadas en las pruebas de monitoreo de fallas de Toyota y Hyundai, en Huancayo. Se visualiza en la tabla un listado de exigencias, que contempla todos las demandas establecidos por los patrocinadores.

Tabla 8. Lista de exigencias

Lista de exigencias		Universidad Continental	Pág.
Diseño de un escáner para la evaluación de fallas de vehículos Toyota y Hyundai con sistema OBD II en Arequipa		Facultad de Ingeniería	Fecha 21/06/2023
		EAP Ingeniería Mecánica	Autores Gonzales Coaquira, Brandon Iruere Vera, Angel. (G, I)
		Departamento de diseño	
Característica	Deseo o exigencia	Descripción	Responsables
Función principal	E	Hallar las fallas de sensores del vehículo Toyota y Hyundai, Siendo la habilidad de inspeccionar tu auto desde la comodidad de tu hogar.	G e I
Función	D	La máquina fácil de operar para cualquier usuario debido a que su uso es simple.	G e I
Geometría	E	Volumen interno del componente completo será de 40 cm x 30 cm x 3 cm.	G e I
Material	E	El escáner debe de contar con una estructura compacta ligera y resistente.	G e I
Señalización	E	Indicadores de carga eléctrica, luz visible roja y verde para indicar la comunicación entre vehículo y el escáner.	G e I
Uso	E	Luz eléctrica e internet, detectar la mayoría de las fallas de sensores en cada marca (Toyota, Hyundai)	G e I
Costos	E	El costo de diseño del escáner alcanzara los 4500 mil soles.	G e I
Plazos	E	El diseño se entregará en un plazo de un mes, contado desde la entrega del expediente técnico.	G e I
Energía	E	Para que se efectúe el funcionamiento el scanner tiene que estar conectado a una energía eléctrica o en su defecto estar cargada.	G e I

Componentes energéticos	E	Conformado por Raspberry PI B+, Arduino MEGA 2560, Adaptador Wifi TP-Link, Adaptador Wifi D-Link, Scanner ELM 327 y una Batería Portable.	G e I
-------------------------	---	---	-------

Ergonomía	E	Las circunstancias laborales de los operarios serán las adecuadas.	G e I
-----------	---	--	-------

Nota: Lista de exigencias enfatiza el diseño de una solución óptima

4.1.3. Plan de trabajo

Tabla 9. Plan de trabajo muestra el tiempo de desarrollo de la tesis

Actividad	Tiempo/Hombre																Tiempo
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	
1 Lista de exigencia	X	x															50 horas
2 Plan de trabajo			X	x													50 horas
3 Estado de tecnología					x												30 horas
4 Estructura de funciones						x	X										70 horas
5 Concepto de solución								x									35 horas
6 Proyecto preliminar									x	x	x						120 horas
7 Proyecto preliminar optimo											x						35 horas
8 Memoria de cálculo aproximado											x	x					40 horas
9 Proyecto definitivo												x					40 horas
10 Memoria de cálculo definitiva													x				40 horas
11 Planos de ensamble													x				40 horas
12 Lista de piezas													x				40 horas
13 Planos de despiece														x			40 horas

Planos de				
14	fabricación	x	x	80 horas
15	Memoria de calculo		x	40 horas
16	Instrucciones de fabricación		x	40 horas
17	Instrucciones de montaje		x	40 horas
18	Finalización de proyecto		x	40 horas
Total				870 horas

Nota: Plan de trabajo muestra el tiempo de desarrollo de la tesis

4.2. Análisis de solución

En este apartado se desarrollará la metodología de solución ejecutada por la VDI 221 y 2225.

a) Caja negra

En la *black-box* se requieren las señales de entrada determinadas que se ejecutan en ella y emitan salidas como se visualiza en la figura 55.

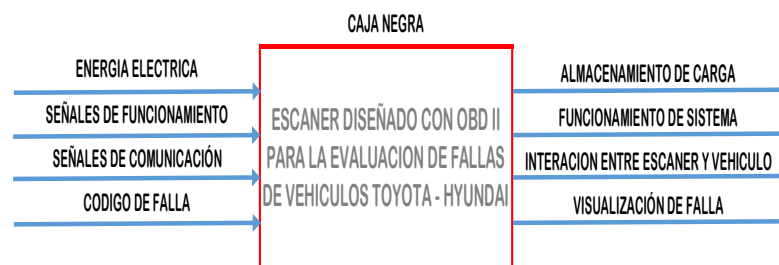


Figura 55. Caja negra

• Entradas

- Energía eléctrica: transmitida por el cargador al escáner.
- Señales de funcionamiento: emitidas para comprobar el correcto funcionamiento del escáner.
- Señales de comunicación: emitidas para comprobar la comunicación entre el vehículo y escáner.
- Código de falla: anomalía presentada por el vehículo.

• Salidas

- Almacenamiento de carga: carga eléctrica para el funcionamiento del escáner.

- Funcionamiento del sistema: verificación del correcto funcionamiento del escáner.
- Interacción entre el escáner y vehículo: confirmación de comunicación correcta entre el vehículo y escáner
- Lectura de falla: posibles soluciones a la falla presentada.

b) Caja blanca

Se muestra el esquema de funciones como se observa en la figura, evidenciando funciones del sistema y detallando sus características.

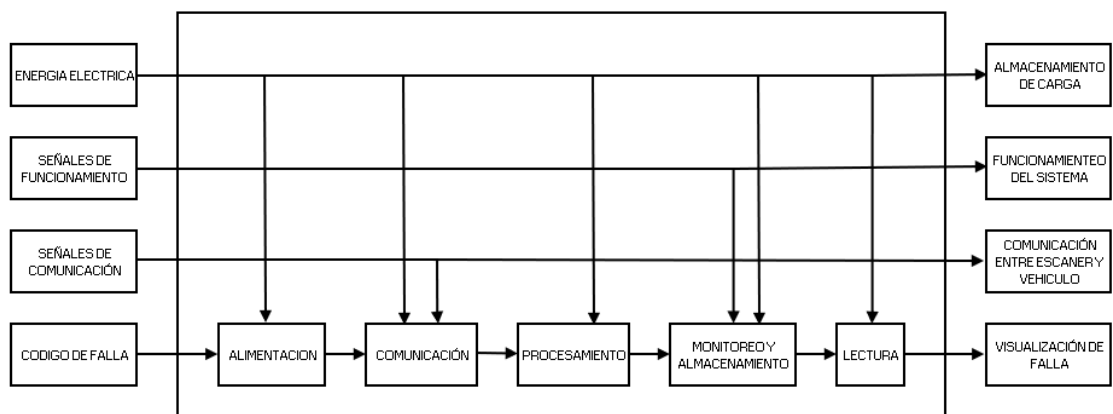
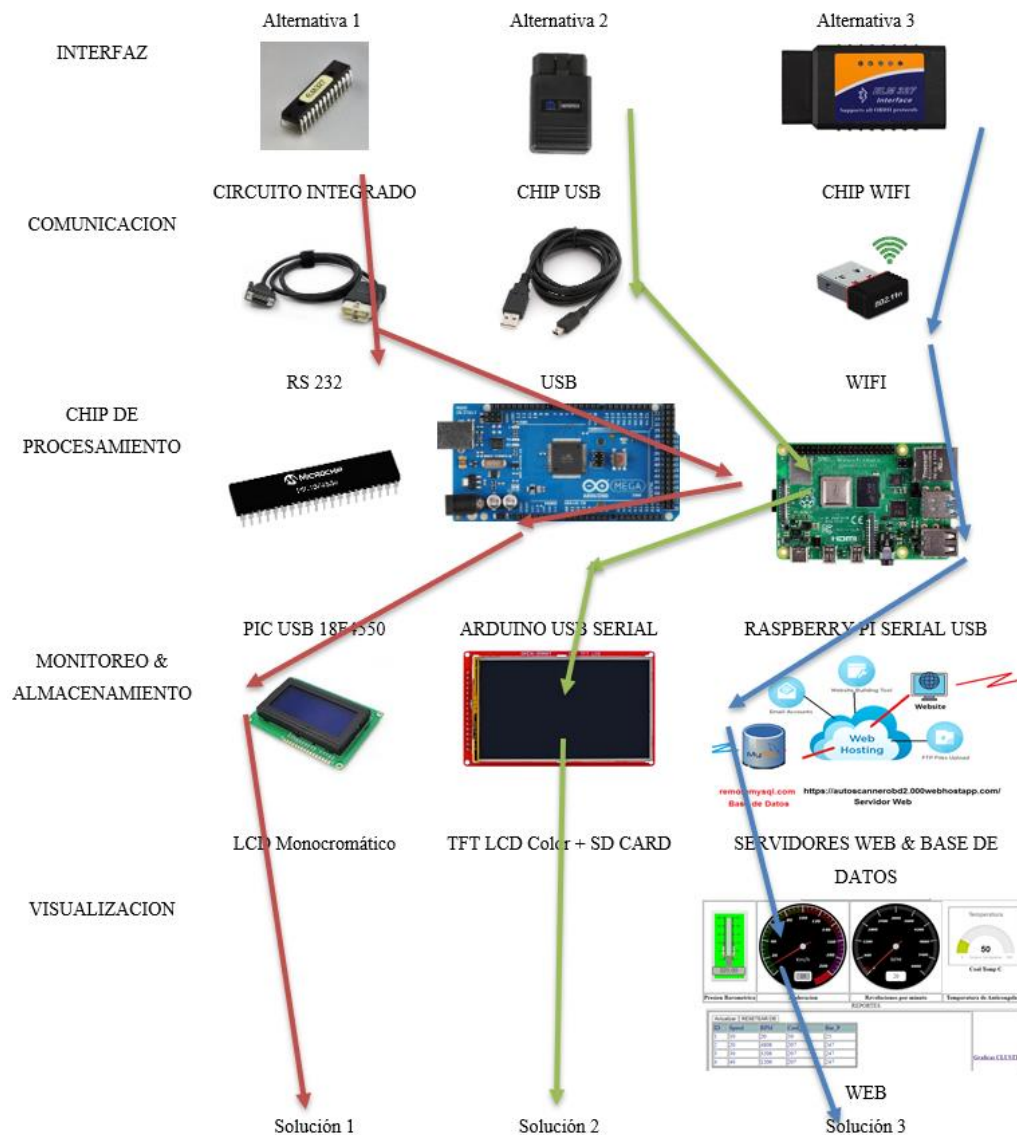


Figura 56. Caja blanca

4.3 Matriz morfológica

Es una tabla de comparación donde se presenta alternativas y soluciones para las diversas funciones presentadas.

Tabla 10. Matriz morfológica de escáner



• Solución 1

El circuito ELM 327 funciona como interfaz para realizar la comunicación entre el vehículo y el escáner a través del cable RS 232, el cual es limitado debido a la medida del cable. Luego esta comunicación se transfiere al sistema operativo Raspberry P y este a su vez transmite la señal al Arduino USB serial, para que luego la visualización e interpretación del código de falla pueda ser mostrado a través de la pantalla LCD Monocromático, donde solo se visualiza en un solo color y el almacenamiento es limitado.

✓ El circuito integrado

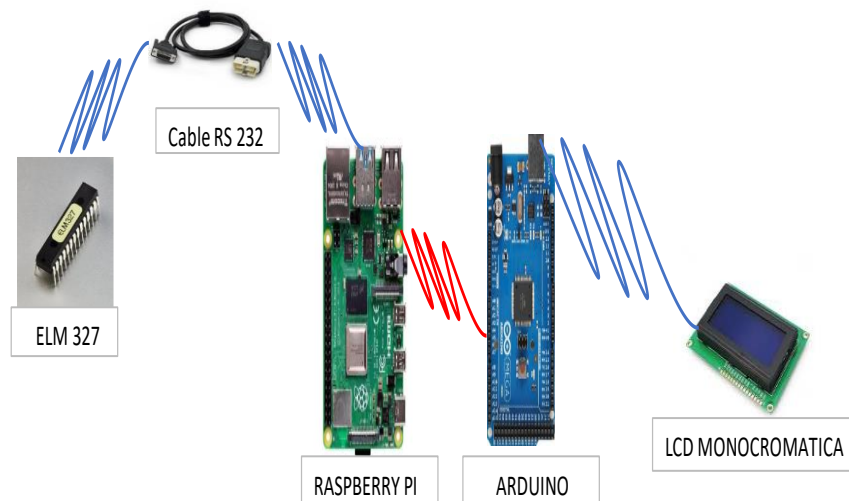


Figura 57. Circuito solución 1

- **Solución 2**

El chip USB MICROPOD II es una interfaz conectada directamente al conector OBD II del vehículo para extraer los datos, el cual transmite esta información a través de un cable USB al sistema operativo Raspberry Pi, al igual que la anterior solución es limitada debido a la longitud del cable. Después el sistema operativo Raspberry Pi transmite la información al Arduino USB serial para que después esta sea mostrada a través de la pantalla TFT LCD color + SD CARD, en este caso se tiene mayor almacenamiento y ya podemos visualizar en colores la interpretación.

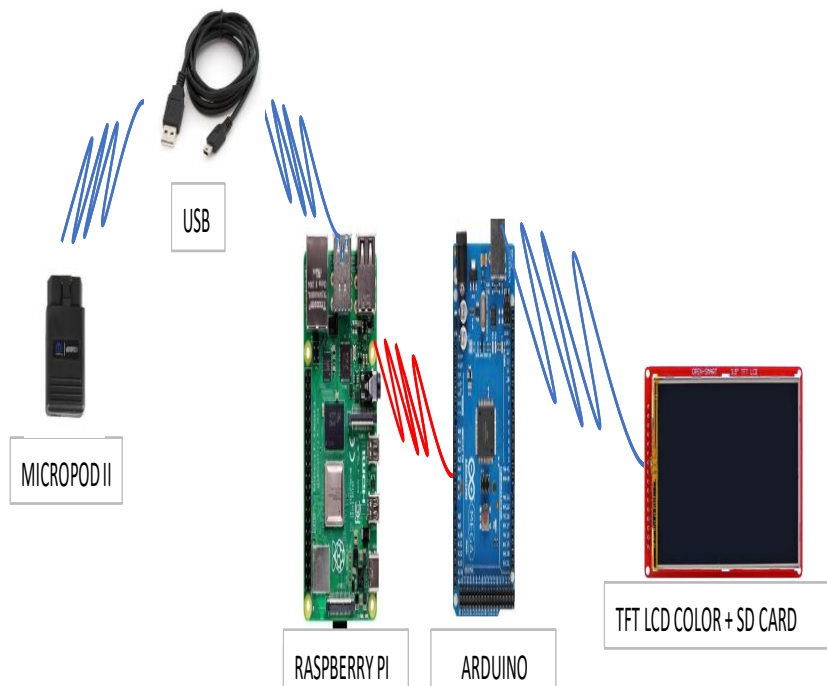


Figura 58. Circuito solución 2

- **Solución 3**

En este caso usamos un chip Wifi ELM 327 como interfaz que va directo al conector OBD II del vehículo y este mantiene comunicación a través de WIFI con el sistema operativo Raspberry Pi serial USB, después se transmite la información de manera online a nuestro servidor web y base de datos donde será monitoreada y almacenada. En este proceso la visualización de código de falla es a color y nuestro almacenamiento es ilimitado, por lo cual es posible facilitar mayor cantidad de datos y se tiene una mayor facilidad para la manipulación del escáner.

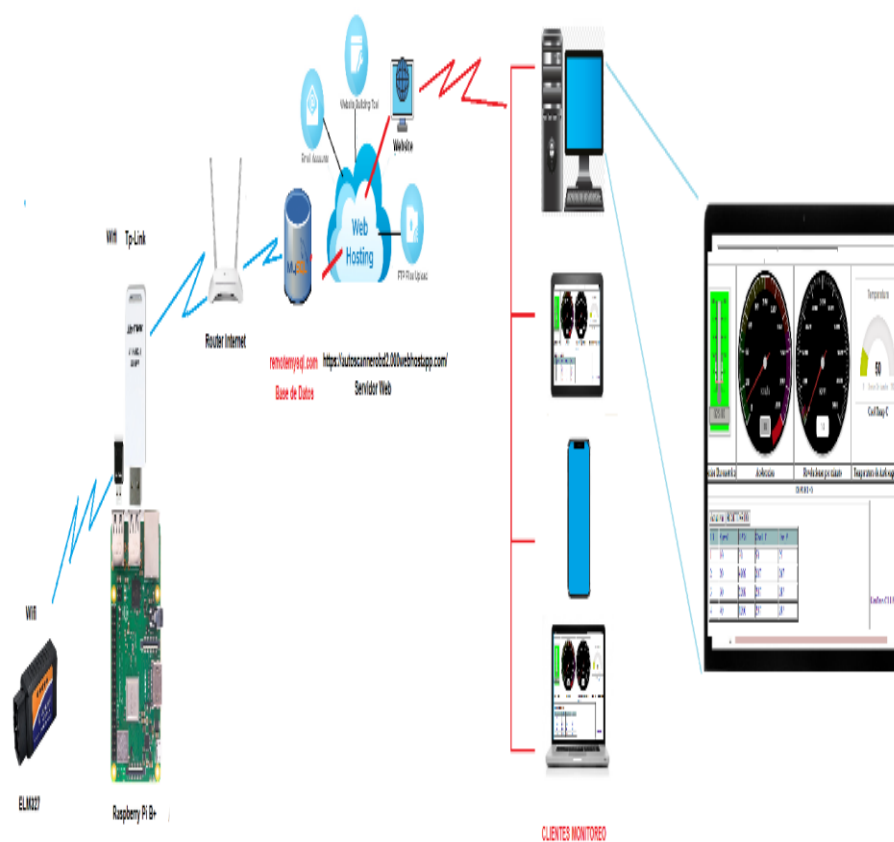


Figura 59. Circuito solución 3

Se tomo como opción de solución la solución 03

4.4 Evaluación técnica

Se realiza en la siguiente tabla acorde a los criterios de evaluación.

Tabla 11. Evaluación técnica

Evaluación de conceptos de solución- Valor Técnico Y_i											
proyecto: Diseño de un escaner para la evaluación de fallas de vehículos Toyota y Hyundai con sistema OBD II - Arequipa 2022											
p: puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI 2225)											
0=no satisface, 1=aceptable a las justas, 2=suficiente, 3=bien, 4=muy bien											
g: el peso ponderado está en función a los criterios de evaluación											
criterios de evaluación para diseño en base de conceptos o proyectos											
Variantes del concepto de solución			S1			S2			S3		
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp	Solución ideal
1	Función	6	1	6	2	12	3	18	4		24
2	Geometría	5	3	15	3	15	2	10	4		20
4	Energía	9	2	18	2	18	3	27	4		36
5	Materia	7	2	14	2	14	3	21	4		28
6	Señales	5	2	10	2	10	3	15	4		20
7	Seguridad	6	2	12	2	12	2	12	4		24
9	Fabricación	5	2	10	2	10	3	15	4		20
10	Montaje	6	1	6	2	12	3	18	4		24
12	Estabilidad	3	1	3	2	6	3	9	4		12
13	Facilidad de manejo	9	2	18	3	27	3	27	4		36
14	Complejidad	3	2	6	2	6	3	9	4		12
puntaje total		64		118		142		181			256
Valor Técnico Y_i				0.5		0.6		0.7			1
$X_i = \frac{gp_1 + gp_2 + \dots + gp_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) \times p_{m\acute{a}x}} \leq 1$											

4.5 Evaluación económica

Se ejecuta en la siguiente tabla.

Tabla 12. Evaluación económica

p: puntaje de 0 a 4 (escala de valores según VDI 2225)										
0=no satisface, 1=aceptable a las justas, 2=suficiente, 3=bien, 4=muy bien										
g: el peso ponderado está en función a los criterios de evaluación										
criterios de evaluación para diseño en base de conceptos o proyectos										
Variantes del concepto de solución			S1		S2		S3		Solución ideal	
Nº	Criterios técnicos de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costos de materiales	9	1	9	2	18	3	27	4	36
2	Costo de fabricación	7	2	14	2	14	4	28	4	28
3	Costo de montaje	8	2	16	2	16	3	24	4	32
4	Costo de mantenimiento	6	2	12	2	12	3	18	4	24
5	Costo de operación	4	1	4	2	8	3	12	4	16
6	Costo adquisición material	8	2	16	3	24	2	16	4	32
puntaje total		42		71		92		125		168
Valor económico Y_i				0.4		0.5		0.7		1
$Y_i = \frac{gp_1 + gp_2 + \dots + gp_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) \times p_{\max}} \leq 1$										

4.6 Selección del diseño óptimo

Después de obtener los resultados de las evaluaciones técnica (X_i) y económica (Y_i), el valor más resaltante es el de la solución 3 o lo más aproximado al punto (1,1), en la siguiente tabla se puede observar los resultados, luego procederemos a realizar el diagrama de evaluación técnico-económico según la norma expuesta, en la gráfica se aprecia las soluciones dadas, como la solución 2 es la más efectiva.

Tabla 13. Diseño óptimo

Leyenda		Valor técnico	Valor económico
		X_i	Y_i
	solución 1	0.4	0.4
	solución 2	0.6	0.5
	solución 3	0.7	0.7
solución ideal		1	1

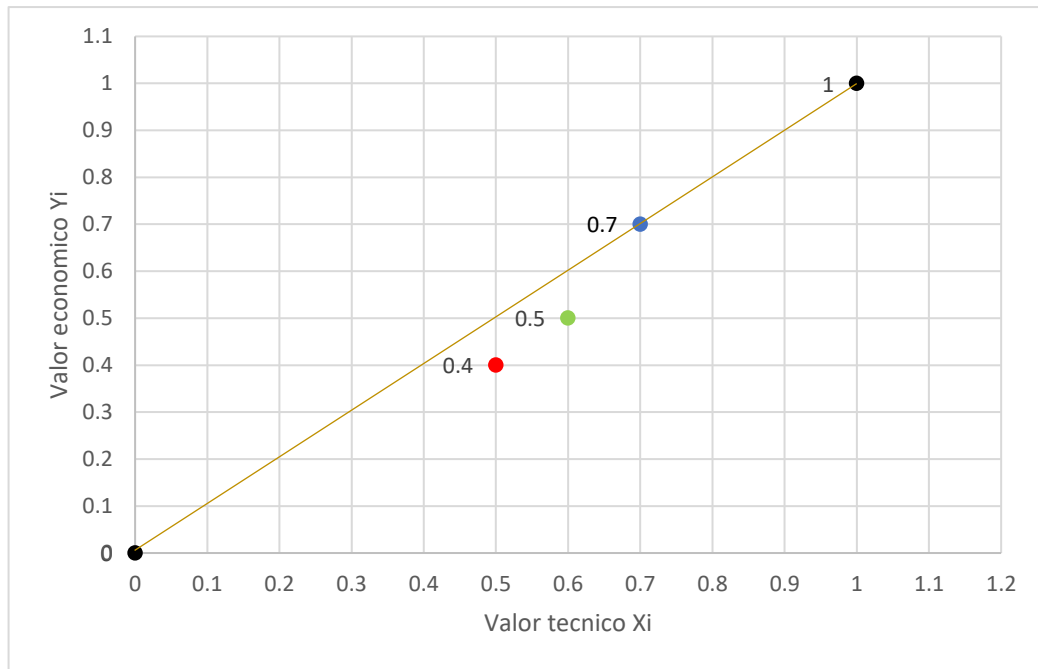


Figura 60. Tendencia de las soluciones presentadas según el valor económico y técnico

- **Solución 3**

En este caso usamos un chip Wifi ELM 327 como interfaz que va directo al conector OBD II del vehículo y este mantiene comunicación a través de WIFI con el sistema operativo Raspberry Pi serial USB, después se transmite la información de manera online a nuestro servidor web y base de datos donde será monitoreada y almacenada. En este proceso la visualización de código de falla es a color y nuestro almacenamiento es ilimitado, por lo cual se puede contar con una cantidad mayor de datos y se tiene una mayor facilidad para la manipulación del escáner.

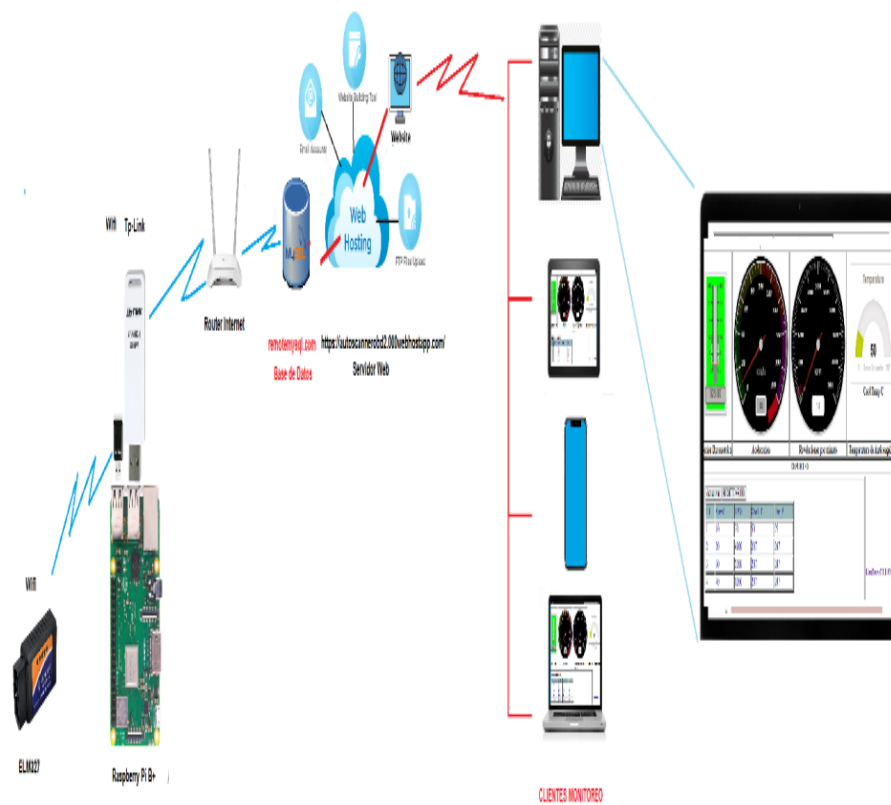


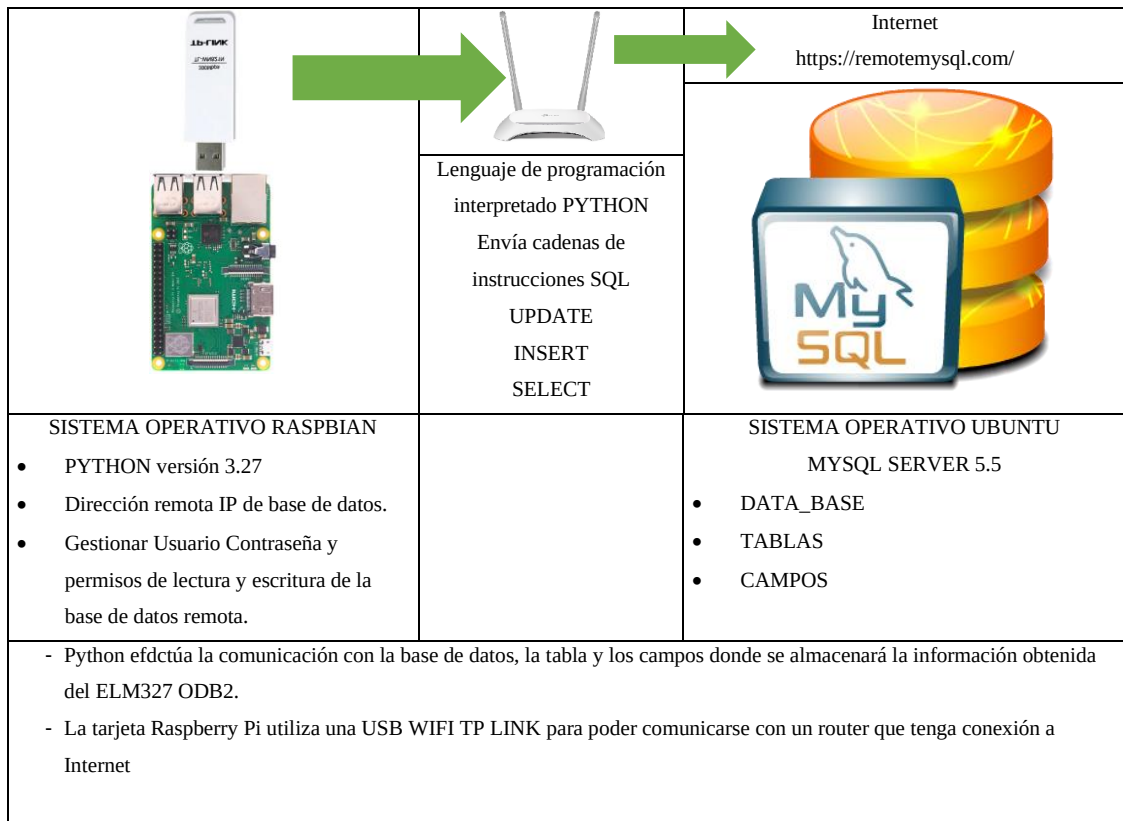
Figura 61. Interfaz

4.7 Diagrama electrónico del escáner

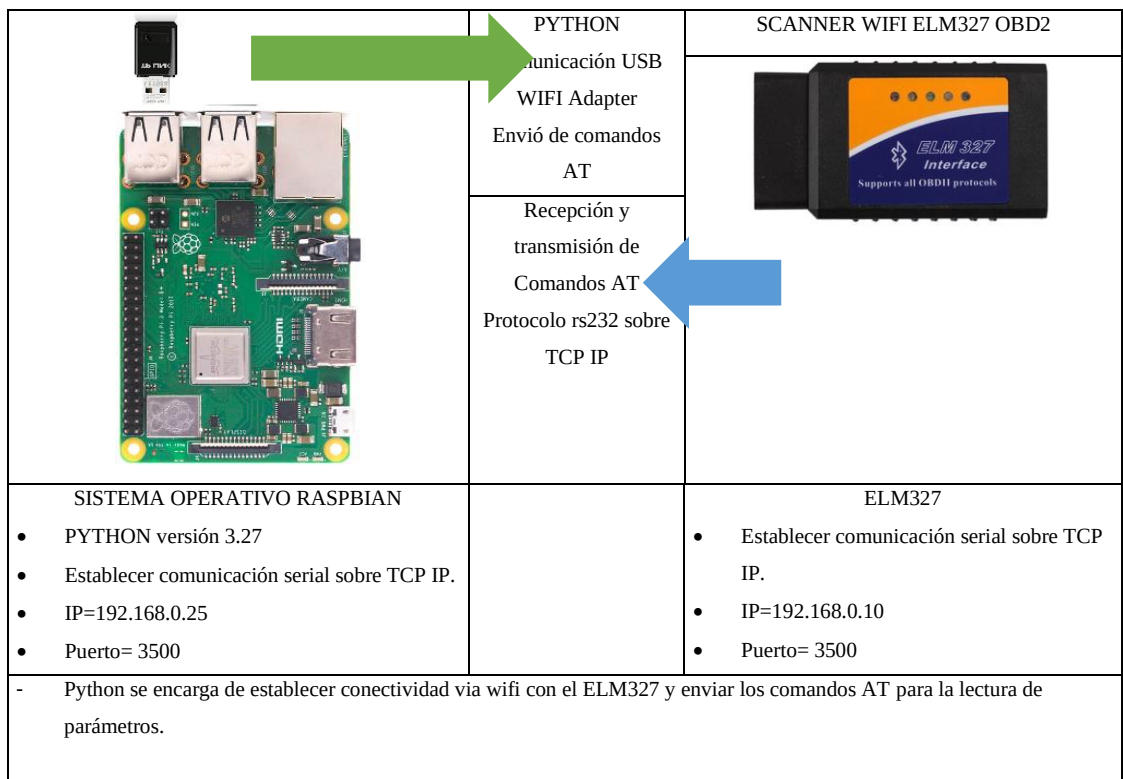
Realizada las comparaciones anteriormente se procede a seleccionar la solución 3, por lo cual a continuación, se describirá todas las partes electrónicas que se usaran para el desarrollo del escáner seleccionado.

4.7.1 Diseño del sistema electrónico

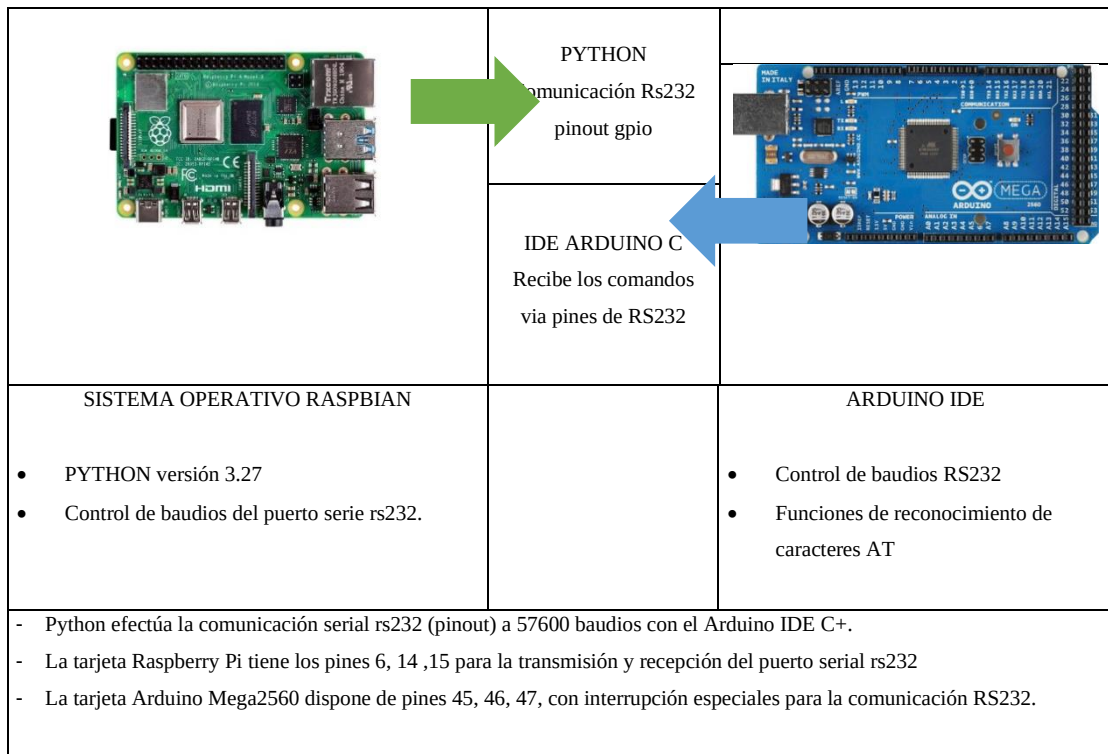
a) Raspberry pi—host base de datos (internet)



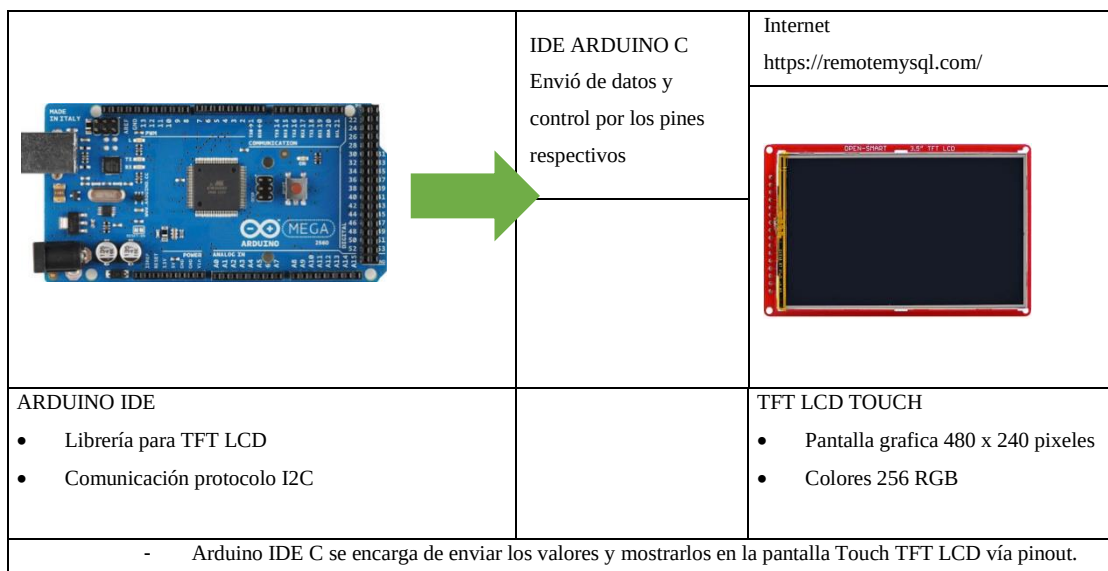
b) Raspberry pi--ELM327 OBD2 WIFI



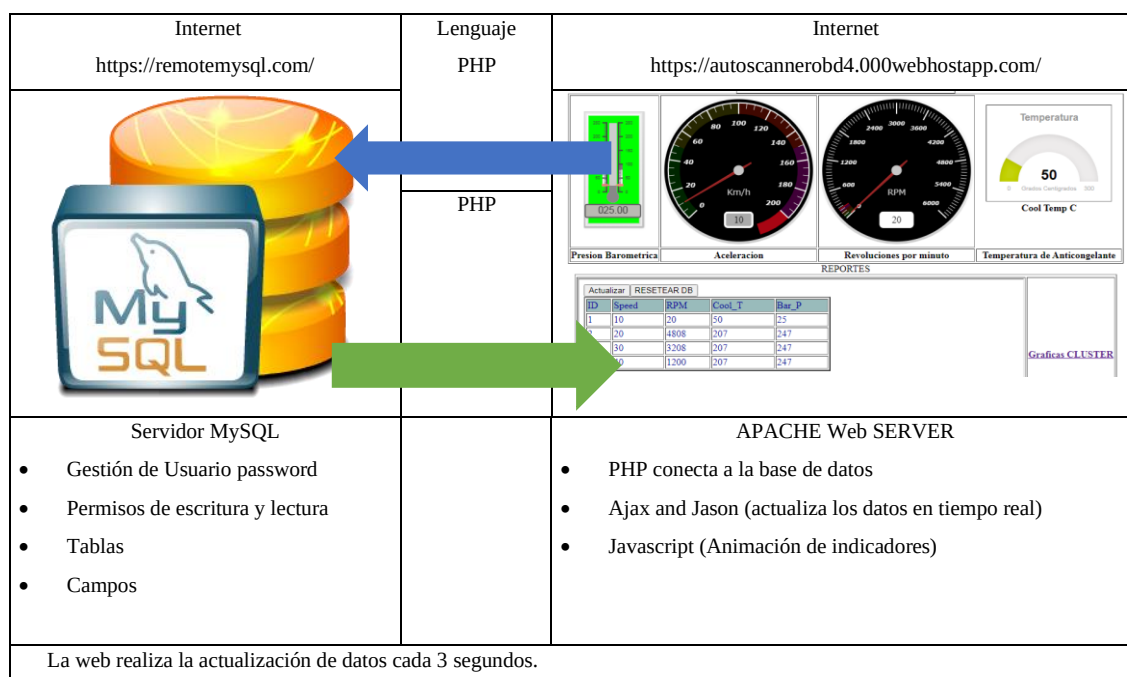
c) Raspberry pi—Arduino Mega2560



d) Arduino Mega2560—TFT LCD Adafruit



e) Base de datos – WEB



4.7.2 Software para utilizar

Tabla 14. Software para utilizar				
Plataforma	Hardware		Plataforma informática	
	Raspberry Pi	Arduino	Servidor de Base de Datos	Servidor Apache Web Server
Lenguaje de Programación	Python	IDE Arduino C++	- PHP - MySQL	- JavaScript - HTML - Ajax - Jason

4.7.2.1 Desarrollo de software

• Programa Python Raspberry Pi

Se describe las secuencias de ejecución:

- Raspberry Pi
- Arranca su sistema operativo Raspbian tiempo aproximado 80 Segundos en cargar totalmente.
- Inicia detectando y conectando las redes Router con internet y Wifi ELM327.
- Luego ejecuta AT2.py.
- El programa AT2.py contiene las instrucciones de conexión.

- a) Instrucciones de conectividad con la base de datos Mysql de manera remota.
- ```
connremote = MySQLdb.connect(host= "remotemysql.com",
user="cMcxyz8p47lgt",
passwd="yQVuwADYLY80Z",
db="cMc8p47rftlgt")
y=connremote.cursor()
```
- Con estas instrucciones la tarjeta Raspberry pi (RPI) se conecta a la base de datos con usuario y password.

- b) Instrucciones para conectividad con ELM327

```
def connect():
 global sock
 sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
 debug("Connecting...")
 try:
 sock.connect((IP_ADDRESS, IP_PORT))
 except:
 debug("Connection failed.")
 return False
```

- c) Instrucciones para conectividad via puerto serial con Arduino Mega2560

```
ser = serial.Serial('/dev/ttyAMA0', baudrate=57600,
parity=serial.PARITY_NONE,
stopbits=serial.STOPBITS_ONE,
bytesize=serial.EIGHTBITS
)
```

- d) Instrucciones para envío de comandos AT hacia el scanner ELM327

```
sendCommand("01 0D") #speed
time.sleep(1)
ser.write(AT_data)
ser.write(chr(22))
print "Speed" + AT_data
time.sleep(1)
sendCommand("01 0C") #RPM
time.sleep(1)
```

```

ser.write(AT_data)
ser.write(chr(23))
print "Speed" + AT_data

time.sleep(1)

sendCommand("01 05") #Coolant
time.sleep(1)
ser.write(AT_data)
ser.write(chr(24))
print "Speed" + AT_data

time.sleep(1)

sendCommand("01 33") #Bar_P
time.sleep(1)
ser.write(AT_data)
ser.write(chr(25))
print "Speed" + AT_data

```

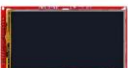
e) Instrucciones para envío de datos hacia la base de datos

```

sql = "INSERT INTO Auto_data (ID,Speed,RPM,Coolant_T,Bar_P) VALUES (%s, %s,
%s,%s)"
val = (Speed,RPM,Cool_T,Bar_P)
y.execute(sql,val)
connremote.commit()

```

**Tabla 15. Secuencias de ejecución del Programa Python en RPI**

| Programa Python en RPI<br>Secuencias de ejecución                                          |   | Secuencias                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Python conecta base de datos internet                                                      | 1 |                                                                                                                                                                                      |
| Python conecta ELM327                                                                      | 2 |                                                                                                                                                                                      |
| Python conecta Arduino                                                                     | 3 |                                                                                                                                                                                      |
| Python envía comandos AT al ELM327<br>(Speed RPM Cool_T Bar_P)                             | 4 |                                                                                                                                                                                       |
| ELM327 envía respuesta AT al RPI Python                                                    | 5 |                                                                                                                                                                                    |
| Python decodifica los datos recibidos                                                      | 6 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Python vía comandos SQL envía esta data (Speed RPM, Cool_T, Bar_P) a la DB remotemysql.com | 7 |      |
| Python envía (Speed RPM, Cool_T, Bar_P) vía Puerto serial al Arduino Mega2560              | 8 |      |
|                                                                                            |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

#### 4.7.3 Desarrollo de la plataforma web online para diagnóstico de fallas de automóviles Toyota – Hyundai con OBD II

Se procedió a tomar imágenes en tiempo real de la plataforma Web Online desarrollado para el diagnóstico de fallas de vehículos Toyota – Hyundai con OBD II. Se desarrollo esta plataforma porque ayudará a interpretar los datos extraídos de los vehículos. El enlace es <https://autoscannerobd2.000webhostapp.com/>

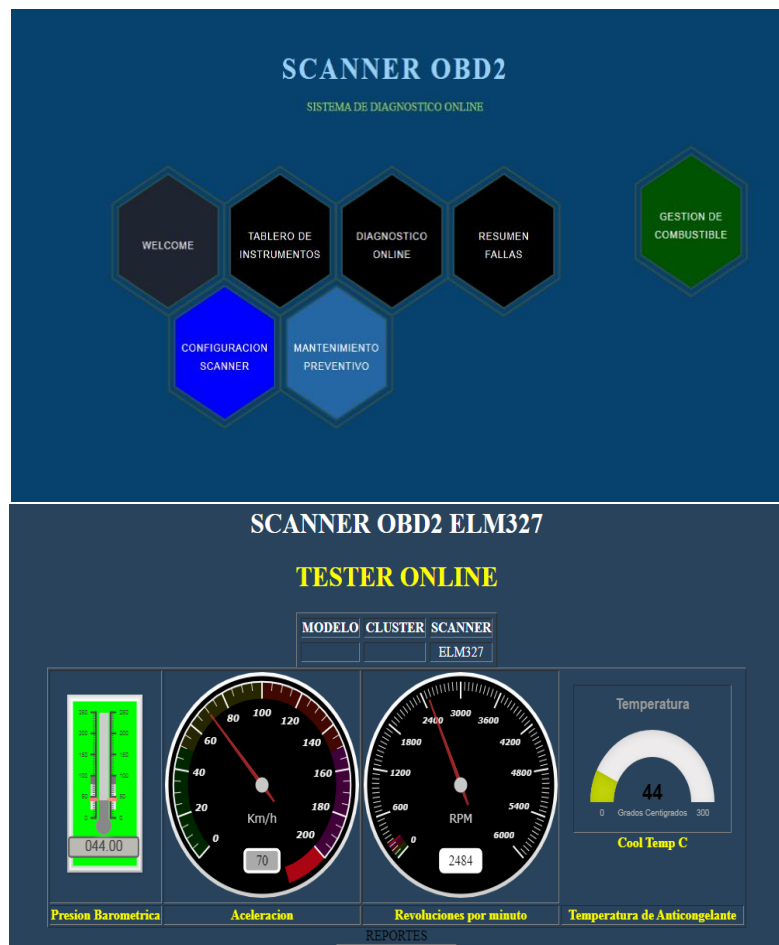


Figura 62. Plataforma Web Online para el diagnóstico de fallas

## CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN

Se trato sobre la fabricación del escáner en su totalidad, cumpliendo con los procesos presentados anteriormente, para ellos nos guiaremos de la secuencia del diseño presentado en el capítulo IV.

### 5.1 Construcción

Procedemos a realizar el ensamblado de los siguientes componentes mostrados en la tabla 13, porque estos son los elementos para implementar en nuestra solución final analizada en el capítulo anterior.

**Tabla 16. Elementos del diseño final**

| Dispositivo electrónico |                                                                                     | Característica                                                                                                | Función                                                                                                                                                        |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Raspberry PI B+         |  | CPU ARM<br>BCM2837 COrtex<br>Frec de 900 MHZ<br>Pinout 40 pines<br>Salida HDMI<br>4 puertos USB<br>Ram 512 KB | Raspberry PI B+<br>Esta CPU contiene una Base datos MySQL y el programa Python que se encarga de leer el scanner y hacer el análisis de los datos recopilados. |

|                        |                                                                                     |                                                                                                                                                                   |                                                                                      |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Arduino MEGA 2560      |    | Flash Memory<br>256K<br>SRAM de 8 K<br>EEPROM de 4 KB<br>CLOCK Speed de 16 MHZ                                                                                    | Control de funciones y ajuste tanto para simulaciones y pruebas con scanner.         |
| Adaptador Wifi TP-Link |    | WIFI TL-WN722N <ul style="list-style-type: none"> <li>wireless usb 2.0</li> <li>ieee 892</li> <li>150 mbps</li> <li>ieee 802.11g</li> <li>ieee 802.11b</li> </ul> | Establece la comunicación con el router de internet.                                 |
| Adaptador Wifi D-Link  |   | DWA-121 dlink <ul style="list-style-type: none"> <li>wireless usb</li> <li>150mbps</li> <li>ieee 802.11g</li> <li>ieee 802.11b</li> </ul>                         | Establece comunicación con el scanner ELM 327                                        |
| Scanner ELM 327        |  | ELM 327<br>Protocolos OBD2<br>Versión 1.5<br>Wifi 802.11<br>Open                                                                                                  | Examina la comunicación con la ECU usando el protocolo OBD2                          |
| Batería Portable       |  | ASUS<br>4500 mA H<br>Salida USB tipo mini                                                                                                                         | Bateria provee la energía eléctrica para la raspberry pi y evita el ruido del motor. |

Después de realizar el ensamblado de todos los componentes mencionados, el prototipo final se muestra en la figura 63 el cual será llamado E-SCAN\_DS001 (Electronic Scanner versión DS 001)



*Figura 63. Diseño final E-SCAN\_DS001*

El diseño final trabajara en comunicación con el Scanner ELM 327 y el enlace <https://autoscannerobd2.000webhostapp.com/>



*Figura 64. Scanner ELM 327*

## **5.2 Pruebas y resultados**

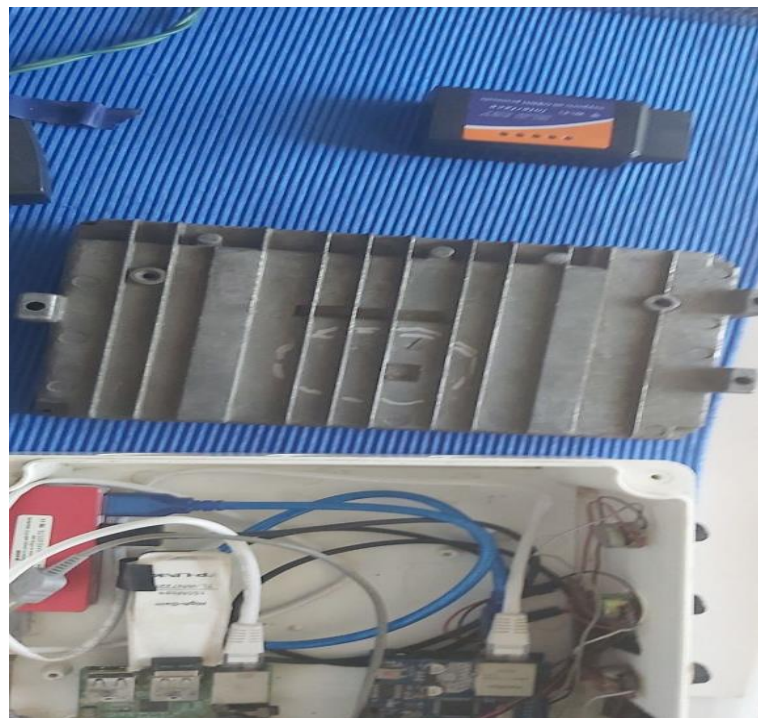
### **5.2.1 Simulación de pruebas**

Se realizaron pruebas de simulación aprovechando que se contaba con un módulo de motor de un Hyundai i10, las cuales fueron satisfactoria y se logró establecer comunicación entre el escáner y el módulo de motor en esta situación necesitamos usar un adaptador para la comunicación entre el módulo de motor y el scanner ELM 327, así se puedan transmitir datos a nuestra plataforma online





**Figura 65. Escáner E-SCAN\_DS001**



**Figura 66. Módulo de motor Hyundai i10 y Escáner E-SCAN\_DS001**



*Figura 67. Estableciendo comunicación entre el módulo y escáner*

### 5.2.2 Pruebas en campo

Se efectuaron en un Toyota Yaris, por lo cual en esta ocasión la comunicación fue a través de wifi, conectamos directamente el scanner ELM 327 al puerto OBD II del automóvil y así establecemos la comunicación con el scanner E-SCAN\_DS001, luego se apertura el enlace de nuestra plataforma online y así procedemos a extraer los datos del sensor de temperatura.



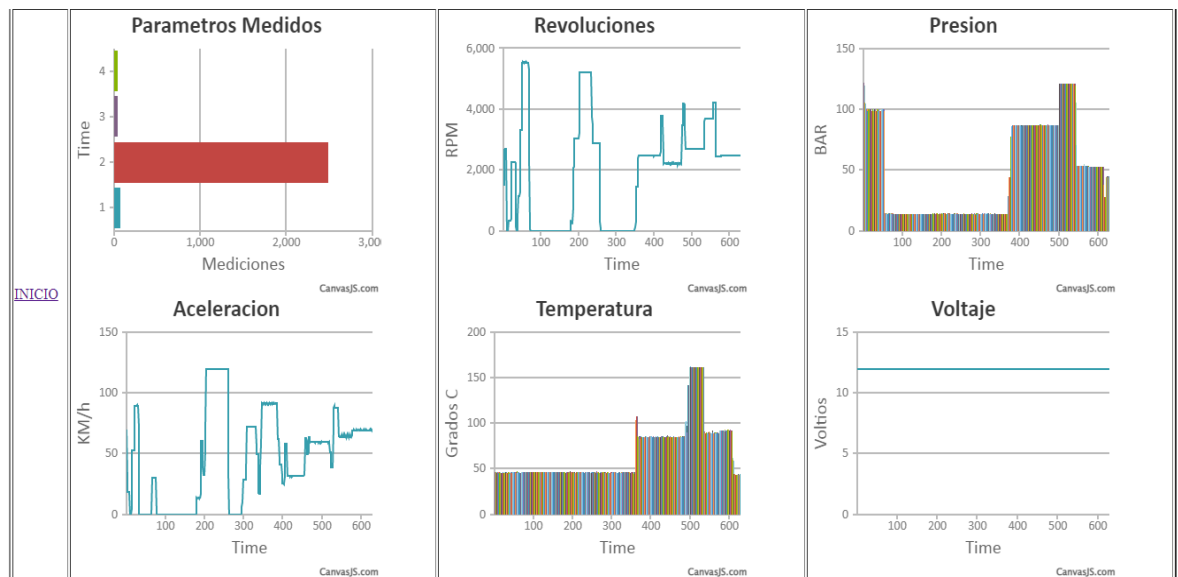
*Figura 68. Conexión entre el escáner y el vehículo*



**Figura 69. Uso de laptop para extracción de datos**

### 5.2.3 Resultados

Luego de extraer los datos con el escáner del vehículo Toyota Yaris, se obtuvo los siguientes parámetros mostrados en la figura 66 medidos en distintas condiciones del vehículo



**Figura 70. Datos obtenidos del vehículo Toyota Yaris**

A través de nuestro escáner los datos pueden ser mostrados en tiempo real y a muestreo de 1 segundo, tomando en cuenta la información de los rangos de temperatura coolant o refrigerante se puede visualizar el desempeño de los parámetros mostrado en la figura 67 de acuerdo con la figura mostrada anteriormente.

| ID | Speed | RPM | Cool_T | Bar_P | Volt_Bat | N_State | State                |
|----|-------|-----|--------|-------|----------|---------|----------------------|
| 9  | 0     | 0   | 46     | 0     | 12       | 0       | Cambio<br>1 OK       |
| 10 | 0     | 0   | 47     | 100   | 12       | 0       | Cambio<br>1 OK       |
| 11 | 0     | 0   | 47     | 100   | 12       | 0       | Cambio<br>1 OK       |
| 12 | 0     | 0   | 46     | 99    | 12       | 0       | Cambio<br>1 OK       |
| 13 | 5     | 6   | 47     | 100   | 12       | 0       | Cambio<br>1 OK       |
| 14 | 53.4  | 342 | 46     | 99    | 12       | 0       | Acel NO<br>Permitida |

**Figura 71. Parámetros interpretados de los datos obtenidos**

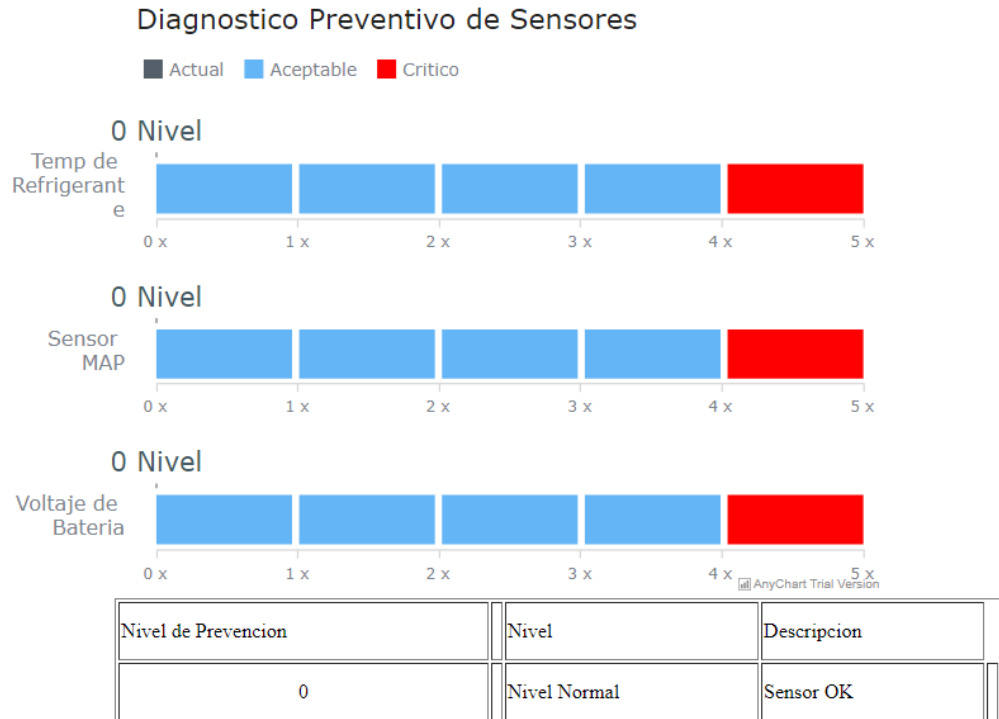
Los rangos de aceleración y rpm se detectan cuando los cambios no son los correctos. Algunos de los sensores para diagnóstico rápido con nuestro escáner son:

- TPS
- RPM
- Load
- MAF (gr/S)
- MAP (KPa)
- Coolant.

Considerando la marca y modelo del vehículo se puede obtener un tiempo de vida útil y sin fallos para los sensores.

En la gráfica de abajo obtenemos un reporte satisfactorio de los sensores temperatura de refrigerante y MAP, así como el voltaje de batería.





**Figura 72. Diagnostico preventivo de sensores**

## 5.2.4 Presupuesto del proyecto de investigación

Finalmente, se ejecutó la tabla del presupuesto de los componentes para elaborar el escáner E-SCAN\_DS001 mostrado en la tabla 14.

**Figura 73. Presupuesto para escáner E-SCAN\_DS001**

| Cantidad  | Descripción              | Precio unitario<br>(\$) | Precio total<br>(\$) |
|-----------|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1         | Raspberry PI B+          | 110                     | 110                  |
| 1         | Arduino MEGA 2560        | 60                      | 60                   |
| 1         | Adaptador Wifi TP -Link  | 22                      | 22                   |
| 1         | Adaptador Wifi D – Link  | 35                      | 35                   |
| 1         | Scanner ELM 327          | 15                      | 15                   |
| 1         | Batería portable         | 20                      | 20                   |
| 1         | Señal de internet        | 20                      | 20                   |
| 1         | Carcasa para escáner     | 5                       | 5                    |
| 5         | Cables para conexión USB | 3                       | 15                   |
| 2         | Cables adicionales       | 5                       | 10                   |
| Subtotal  |                          |                         | 312                  |
| IGV (18%) |                          |                         | 56.16                |
| Total     |                          |                         | 368.16               |

## CONCLUSIONES

1. Se ejecutó el diseño del escáner para la evaluación de fallas de vehículos Toyota y Hyundai con sistema OBD II en la ciudad de Arequipa, a través de este permite detectar y evaluar las fallas de un vehículo de las marcas mencionadas, donde no tiene nada que envidiar a un escáner del dealer.
  2. Se logró identificar la dificultad del acceso a un sistema de escáner de la empresa Toyota y Hyundai. Así, se cubre el primer objetivo específico, debido a la constante evolución de la tecnología en el mundo automotriz, el acceso a un escáner del dealer de la marca de tu vehículo cada vez es más costoso y toma mayor tiempo por el aumento de la demanda, al tener este escáner hace más fácil el acceso a un diagnóstico y sobre todo genera menor costo en la evaluación de tu vehículo.
  3. Se realizó un estudio sobre tipologías de controles de diagnóstico automotriz empleados en el mercado actual, cumpliendo con el segundo objetivo específico, donde se observa que el escáner es la principal herramienta de diagnóstico ante una falla, después de los resultados que emita esta, podemos apoyarnos con las otras tipologías mencionadas para tener un diagnóstico más preciso, solo si este fuese necesario.
- ede
4. Se implementó un sistema de diagnóstico de desperfectos predictivos que consta de un sistema de diagnóstico de fallas para autos junto con el manual de usuario para la manipulación del prototipo, buscando el tercer objetivo específico. Se tomó en cuenta los rangos de aceleración y rpm, esto permite detectar cuando los cambios no son los correctos. Considerando la marca y modelo del vehículo, se puede obtener un tiempo de vida útil y sin fallos para los sensores. Así, este escáner permite adelantarse a quedar varado porque a través de pruebas permitidas se puede detectar si ya es necesario el cambio de un sensor por cumplir su tiempo de vida útil.
  5. Se concluye que el escáner para el diagnóstico de vehículos Toyota y Hyundai tiene un costo de 368.16 dólares, lo que convierte a esta en una herramienta bastante económica y sobre todo de fácil acceso para conseguir los elementos necesarios para realizar el diseño.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar el diseño del escáner de fallas para vehículos Toyota y Hyundai.
2. Se recomienda usar solo el escáner para las marcas mencionadas y que cuenten con el protocolo OBD II.
3. Se recomienda seguir el manual del usuario encontrado en anexos para el uso del escáner.
4. Se recomienda tener una red online estable para la extracción de datos.
5. Se recomienda actualizar los elementos del diseño del escáner según avance la tecnología.
6. El software del diagnóstico automático ELM 327 US OBD II es gratis. Le permite utilizar su PC y ELM 327 para obtener información de varios datos.
7. El software es fácil de usar y compatible con los sistemas operativos DOS y Windows.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CANDO, Alex. Diseño e implementación de un simulador para el diagnóstico de la unidad de control electrónico de motor (ECU) en un vehículo marca Hyundai Accent. Tesis (Título de Ingeniero en Electrónica, Control y Redes Industriales). Riobamba – Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2017, 122 pp.
2. PERALVO, Mario. Estudio de rendimiento de torque y potencia en vehículos ciclo diésel usando un dispositivo nitro ECO OBD2 en el distrito metropolitano de Quito. Tesis (Título de Ingeniero Automotriz). Quito – Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2024.
3. SIMBAÑA, Wilson y CAISA, Julio, CHÁVEZ, Danilo y LÓPEZ, Gabriel. Diseño e Implementación de un sistema de monitoreo remoto del motor de un vehículo basado en Obd-II y la plataforma Arduino. *Revista Politécnica*, 2016, 37(1).
4. BAYAS, Willam. Sistema de monitoreo vehicular para reservas de citas en el área de mantenimiento automotriz. Tesis (Título de Ingeniero en Electrónica Digital y Telecomunicaciones). Quito – Ecuador: Universidad Tecnológica de Israel, 2020, 145 pp.
5. ORTEGA Hermes. Diseño del manual de operación del scanner automotriz G-Scan 2 para diagnóstico electrónico en sistemas de inyección electrónica a gasolina. Tesis (Título de Ingeniero Automotriz). Guayaquil: Universidad Internacional de Ecuador, 2017, 66 pp.
6. RODRIGUEZ, Armando, Vento, José y INOUE, Ricardo. Implementation of an OBD-II diagnostics tool over CAN-BUS with Arduino. *Sistemas & Telemática*, 16(45), 31-43. doi:10.18046/syt.v16i45.2747
7. AGUILAR, Luis. Aplicación del protocolo de diagnóstico e interpretación de fallas de los motores de combustión interna con el uso del Scanner Launch x431 GDS para los laboratorios de Ingeniería Mecánica. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016, 148 pp.
8. PONCE, José. El escáner en el diagnóstico automotriz en los estudiantes del 5o. de secundaria de la Institución Educativa Metropolitano. Tesis (Título de Licenciado en Educación Secundaria Especialidad Educación para el Trabajo). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018, 74 pp.
9. CASTILLO, Gerald. Uso del manejo del escáner en el diagnóstico automotriz en los trabajadores mecánicos en el taller la Piedra Santa. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Arequipa: Universidad Autonoma San Francisco, 2021, 149 pp.
10. SILLO, Yoel. Evaluación del diagnóstico por scanner Auros Osys im600 por medio del protocolo OBDII al motor Toyota ISZ VITZ en la compañía Autojimp SAC. 2023. Tesis (Título de Licenciado en Educación Secundaria Especialidad Educación para el Trabajo). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018



11. GUTIERREZ, Betshaida y MONTES DE OCA, Georgina. Determinación de fallas en transformadores de potencia inmersos en aceite mineral aislante, basándose exclusivamente en el DGA y por la evaluación del NEI. *Revista de Ciencias Tecnológicas*, 4 (3), 208-223.
12. SEURET, D., . STAHL, P., TERMINEL, O. Identificación de fallas mecánicas empleando la transformada Wavelet y Labview. *Nova scientia*. 7 (2), 162 - 177. ISSN 2007 - 0705.
13. FUENTES, Ricardo y FUENTES, Andrés. Desarrollo de un sistema experto para el diagnóstico de fallas automotrices. *Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad de Colima, Colima, México*, 83 - 91.
14. ALBORNOZ, Alberto. *Tipos de mantenimiento: descúbrelos y optimiza las intervenciones*. [en línea]. España: Appvizer. 2021 [fecha de consulta: 11 enero 2024] Disponible en: <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-mantenimiento/tipos-de-mantenimiento>
15. BOWMAN D. *Cómo funcionan los inyectores de combustible de Toyota*. [en línea] 2017 [fecha de consulta: 21 de enero de 2024] Disponible en: <https://www.puromotores.com/13121939/como-funcionan-los-inyectores-de-combustible-de-toyota>
16. KARVI. *¿Qué es el termostato y por qué es importante para el motor de tu auto?* [en línea] ,2022 [fecha de consulta: 1 de marzo de 2024] Disponible en: <https://www.karvi.com.ar/blog/que-es-el-termostato-y-por-que-es-importante-para-el-motor-de-tu-auto/>
17. AUTOYTECNICA . *Ventilador* [en línea] .2018 [fecha de consulta: 13 de enero de 2024] Disponible en: <https://autoytecnica.com/ventilador-tipos-y-funcionamiento-en-el-automovil/>
18. CHAMPION. *Como funcionan los sistemas de encendido*. [en línea] 2018. [fecha de consulta: 28 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.championautoparts.com/es-mx/Technical/Tech-Tips/How-Ignition-Systems-Work.html>
19. TYRON M. *Construcción de un prototipo de escaner automotriz para protocolos OBDII para la escuela de ingeniería automotriz de la Espoch* [en línea]. Ecuador , 2012 : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .
20. AUTO AVANCE. *Que es un Sensor de Posición del Cigüeñal Sensor CKP Y CMP*. [en línea] Lima, 2013, Disponible en: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/149-que-es-un-sensor-de-posicion-del-ciguenal-sensor-ckp-y-cmp/>
21. AROTOMA, Ernesto. *Sistema de inyección electrónica a gasolina multipunto*: Universidad Nacional de Educación. [en línea] Lima, 2018 [fecha de consulta: 10 de mayo 2024] Disponible en: <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14039/7140/MONOGRAF%C3%93%20AROTOMA%20MARTINEZ%20EDGAR%20-%20FATEC.pdf?sequence=4>

- 22.CARDENAS C. *Dispositivos electronicos*. [en línea] Ecuatorian : Universidad Ecuatoriana 2016 [fecha de consulta: 21 de enero de 2024]
- 23.PICOAUTO. *Recirculación de gases de escape (EGR) utilizando una válvula solenoide*. España: Technology. [en línea] 2018 [fecha de consulta: 05 de marzo de 2024] Obtenido de <https://www.picoauto.com/es/library/automotive-guided-tests/recirculacion-de-gases-de-escape-egr-utilizando-una-valvula-solenoide/#:~:text=El%20solenoide%20de%20la%20EGR,las%20v%C3%A1lvulas%20de%20solenoide%20el%C3%A9ctricas.>

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Manual de procedimiento

- Manual de procedimiento de diagnostico
- Conectar Scanner ELM327 al conector OBD2 del automóvil.
- Encender módulo E-SCAN-DS001
- Acceder a la web online

<https://autoscanerobd004.000webhostapp.com/>



- Seleccionar configuración Scanner

Denominacion de Automovil  
Automovil

Fecha de Escaneo  
20/10/2022 12:26 a.m.

Select Scanner  
☒ Scanner ELM327  
☐ Scanner MicroPod I  
☐ Scanner MicroPod II

MODELO  
Toyota YARIS

AÑO DE VEHICULO  
2007

PROTOCOLO  
ISO 15765-4 CAN

CONECTAR



- Presionar CONECTAR

- Una vez establecida la conexión online podremos acceder a las demás funciones en tiempo real con una diferencia de 1 segundo por actualización del sistema vía internet.



- Podemos visualizar el desempeño de los parámetros de acuerdo con las gráficas mostradas en el escáner.



- Aquí podemos acceder al punto exacto donde se produce la alteración.
- Los rangos de aceleración vs rpm se detectan cuando los cambios no son los correctos. Sensores Ideales para diagnóstico rápido ingresamos a MANTENIMIENTO PREVENTIVO. Considerando la marca del vehiculo y marca de los sensores podremos obtener un diagnóstico en tiempo de vida útil y sin fallos.



## Anexo 2

## **Ventajas del sistema de mantenimiento predictivo**

### **a. Reduce los costos**

Ayuda a predecir los problemas de servicio antes de que se conviertan en reparaciones más costosas o en un tiempo de inactividad prolongado del vehículo. Potencialmente puede ayudar a reducir los costos de mano de obra al llamar a los técnicos de servicio sólo cuando es necesario y/o para tareas específicas.

### **b. Reducir el riesgo**

Controlar proactivamente los problemas de mantenimiento del vehículo relacionados con la seguridad que podrían poner en peligro a los conductores, los trabajadores o cualquier otra persona que se encuentre cerca del vehículo o en la carretera.

### **c. Reducir las fallas inesperadas**

Supervisar proactivamente los diagnósticos de los equipos e identificar problemas como una falla de la máquina potencialmente antes de que se complique y conviertan en averías importantes.

### **d. Reducir el tiempo de inactividad del vehículo**

Reducir el mantenimiento prematuro y el tiempo de inactividad innecesario realizando las tareas de mantenimiento solo cuando se cumplan ciertas condiciones.

### **e. Ampliar el ciclo de vida del vehículo**

Ayudar a mantener todos los vehículos en condiciones de funcionamiento seguro mediante el monitoreo continuo de las condiciones y detectar los comportamientos que pueden conducir a un desgaste innecesario.

### Anexo 3

**Tabla del funcionamiento de un sensor de temperatura en base a la resistencia y voltaje**

| Temperatura (Centigrados) | Resistencia (ohms) | Voltaje (voltios) |
|---------------------------|--------------------|-------------------|
| 0                         | 4800 - 6600        | 4.0 - 4.5         |
| 10                        | 4000               | 3.75 - 4.0        |
| 20                        | 2200 - 2800        | 3.0 - 3.5         |
| 30                        | 1300               | 3.25              |
| 40                        | 1000 - 12000       | 2.5 - 3.0         |
| 50                        | 1000               | 2.5               |
| 60                        | 800                | 2.0 - 2.5         |
| 80                        | 270 - 380          | 1.0 - 1.30        |
| 110                       | 200                | 0.5               |

- Arranque el motor y llegue hasta a la temperatura de funcionamiento. Durante el calentamiento del motor, el voltaje debe disminuir
- El problema común es que la resistencia de salida (y el voltaje) cambian incorrectamente más allá de su rango normal. El valor normal del voltaje del sensor ECT es 2V en el motor frío y 0.5V en el motor caliente. Un sensor de defectos puede indicar un voltaje de 1.5V en el motor frío y 1.25V en el motor caliente, causando dificultades para arrancar un motor frío y la presencia de una rica mezcla de combustible cuando el motor está caliente. Esto no generará ningún código de falla (si el controlador integrado no está programado para detectar cambios de voltaje) ya que el sensor continúa operando dentro de sus parámetros de diseño. Si se encuentra dicho defecto, se debe reemplazar el sensor ECT.
- Si la señal de voltaje ECT es igual a 0V (falta de suministro de energía o hay un cortocircuito a tierra) o si es 5.0V, tenemos un circuito abierto.