



Análisis de la gestión electrónica de la tecnología de quinta generación del sistema de gas licuado y el proceso de inyección de gas líquido a través de los parámetros característicos de sensores, unidad de control electrónico y actuadores

Cóndor Toapanta, Ingrid Vanesa y German Chinchuña, Erik Paul

Departamento Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz


Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio MSc.

Latacunga

29 de febrero del 2024

Reporte de verificación de contenidos



Plagiarism and AI Content Detection Report

UIC CONDOR_GERMAN.docx

Scan details

Scan time: February 29th, 2024 at 12:16 UTC	Total Pages: 107	Total Words: 26516
--	---------------------	-----------------------

Plagiarism Detection

Types of plagiarism		Words
Identical	1%	257
Minor Changes	0.3%	69
Paraphrased	2.4%	638
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection

Text coverage		Words
AI text	0.5%	124
Human text	99.5%	26392

[Learn more](#)

🔍 Plagiarism Results: (33)

🌐 **Diseño y construcción de una máquina automatizada para la fabricación ...** 0.3%

<https://1library-co.translate.google/document/yn0n2v0q-dise%c3%b1o-construcci%c3%b3n-m%c3%a1quina-au...>

...

🌐 **cap 4 emisiones.indd** 0.3%

https://www.conevyt.org.mx/educambba/guias_emprendizaje/sensor1.pdf

SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES 4 SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE DEL MOTOR (ECT)
INTRODUCCIÓN El sensor de temperatura del refri...

🌐 **Reductor Landi Renzo LI02 | HybridSupply** 0.3%

<https://hybridsupply.es/productos/landi-renzo/componentes/reductor-landi-renzo-li02/>

Acerca de nosotros Perfil de la compañía Historia de...


🌐 **Código de falla P2198 Eliminar código | Autolab** 0.3%

<https://autolab.com.co/blog/codigos-obd2/codigo-de-falla-p2198-eliminar-codigo/>

Elkin Garzon

Escribenos Cotizar ahora Inicio Servicios Empresas Servicios ...


Certified by



About this report

help.copyleaks.com

copyleaks.com





Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular: **“Análisis de la gestión electrónica de la tecnología de quinta generación del sistema de gas licuado y el proceso de inyección de gas líquido a través de los parámetros característicos de sensores, unidad de control electrónico y actuadores”** fue realizado por los señores **Cóndor Toapanta, Ingrid Vanesa y German Chichuña, Erik Paul**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenido; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 29 de febrero del 2024

Firma:

Ing. Quiroz Erazo, Leónidas Antonio

C.C: 0502509995



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Cóndor Toapanta, Ingrid Vanesa**, con cédula de ciudadanía N° **1726163593** y **German Chichuña, Erik Paul**, con cédula de ciudadanía N° **0503064081**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: **“Análisis de la gestión electrónica de la tecnología de quinta generación del sistema de gas licuado y el proceso de inyección de gas líquido a través de los parámetros característicos de sensores, unidad de control electrónico y actuadores”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, teóricos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciado las citas bibliográficas.

Latacunga, 29 de febrero del 2024

Firma

Srta. Cóndor Toapanta, Ingrid Vanesa

C.C: 1726163593

Firma

Sr. German Chichuña, Erik Paul

C.C: 0503064081



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros, **Cóndor Toapanta, Ingrid Vanesa**, con cédula de ciudadanía N° **1726163593** y **German Chichuña, Erik Paul**, con cédula de ciudadanía N° **0503064081**, autorizamos a la Universidad de las Fuerza Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: **“Análisis de la gestión electrónica de la tecnología de quinta generación del sistema de gas licuado y el proceso de inyección de gas líquido a través de los parámetros característicos de sensores, unidad de control electrónico y actuadores”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad

Latacunga, 29 de febrero del 2024

Firma

Srta. Cóndor Toapanta, Ingrid Vanesa

C.C: 1726163593

Firma

Sr. German Chichuña, Erik Paul

C.C: 0503064081

Dedicatoria

Ingrid Vanesa Cóndor Toapanta

A Dios:

Por ser mi compañero fiel en las noches más oscuras y acompañarme en este camino que emprendí hace 4 años.

A mi padre, Enrique Cóndor

Por su apoyo y amor incondicional, ser mi inspiración, por su fortaleza y sobre todo por crear en mí este amor a la carrera de Ingeniería Automotriz,

A mi madre, Isabel Toapanta,

Por su amor y palabras de fuerza en las noches más oscura, en las cuales estaba a punto de desistir, por enseñarme que lo único imposible es aquello que no se intenta, por su cuidado y por ser mi fortaleza.

A mi hermano, Israel Cóndor

Por creer en mí, en mi magia y mi capacidad, en mis sueños. Gracias por tu protección y sobre todo por cada una de tus enseñanzas y palabras en los momentos más duros y tristes.,

A mis abuelito y tíos,

Por su amor, por sus rezos y su cariño incondicional, por enseñarme rendirse es la última opción del camino y nunca se debe aplicarla.

Gracias por su apoyo, su enseñanza, por emprender este camino y seguir conmigo hasta el final.

Este trabajo es el reflejo de su amor y esfuerzo.

Dedicatoria

Erik Paul German Chinchuña

A dios por acompañarme durante esta etapa, por haberme dado a los mejores padres y familia que hubiera deseado tener.

A mis padres por el apoyo en este largo camino de dificultad y superación.

A mi madre, Martha Chinchuña por haberme inculcado valores y formarme como una gran persona, por su apoyo incondicional en todos los días y más en aquellos momentos de adversidad.

A mi padre, Angel Rodrigo German por ser mi inspiración e inculcarme a no rendirme y seguir mis metas, por influir en mi desarrollo como persona y profesional.

A mí hermano, Stalyn German por las palabras de superación e inspiración, por la ayuda al solucionar los inconvenientes que se presentaban día a día.

Agradecimiento

Ingrid Vanesa Cóndor Toapanta

A todos lo que han contribuido en mi éxito, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por ser parte mi camino universitario.

En primer lugar, deseo agradecer a mi familia

Por creer en mis sueños, aun cuando yo comenzaba a dudar de mí misma, cada uno de sus sacrificios me ha permitido llegar hasta donde estoy hoy.

A mis compañeros de tesis,

Por su apoyo y por emprender este camino conmigo hace 4 años,

Gracias por ser parte de mis existo y yo ser parte de los suyos,

Su compañía fue un regalo invaluable.

A mis docentes:

Gracias por su guía, sabiduría, sus enseñanzas y por compartir su conocimiento, por demostrarme el amor que se debe tener a esta carrera.

Sus enseñanzas se volvieron herramientas necesarias para alcanzar mis objetivos, su dedicación a formar grandes personas y profesionales me ha inspirado para ser un gran profesional y ser humano.

Con profunda gratitud a todos los que me han acompañado en este camino.

Gracias

Agradecimiento

Erik Paul German Chinchuña

A mis padres y hermano por apoyarme durante esta larga travesía, demostrando su amor incondicional en las dificultades que se presentaron. Con sus consejos y sabiduría fueron necesarios para guiarme al cumplimiento de mis metas.

A mis compañeros que fueron esenciales dentro y fuera de las aulas, compartiendo conocimiento y experiencias en los laboratorios.

A mis profesores por impartir su conocimiento y enseñanzas dentro de las aulas, además de brindarme los recursos necesarios para la elaboración de esta investigación.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron positivamente para el desarrollo de este documento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenido	10
Índice de tablas	16
Índice de figuras	17
Resumen.....	21
Abstract	22
Capítulo I: Generalidades	23
Antecedentes.....	23
Planteamiento del problema.....	26
Justificación, importancia y alcance.....	27
Objetivos de la investigación	29
<i>Objetivo general.....</i>	29
<i>Objetivos específicos</i>	30
Hipótesis	30
<i>Variables de investigación.....</i>	31

<i>Variable independiente</i>	31
<i>Variable dependiente</i>	31
Capítulo II: Fundamento Teórico.....	32
Control electrónico de gasolina	32
<i>Módulo de control electrónico</i>	32
Sistema de inyección electrónica	33
<i>Sensores que influyen en el control electrónico de gasolina</i>	34
Sensor de temperatura de refrigerante (ECT)	35
Sensor de temperatura de aire (IAT).	36
Sensor de presión múltiple admisión (MAP)	36
Sensor de posición del estrangulador de la mariposa de acelerador (TPS).	37
Sensor de flujo másico de aire	38
Sensor CKP (Hall).....	39
Sensor CMP (Hall)	40
Sensor de alta presión de combustible	41
Sensor de detonación (KS, Knock)	42
Sensor de oxígeno delantera (Banda ancha)	43
Sensor de oxígeno trasero (Circonio).....	44
Sensor de temperatura del refrigerante.....	45
<i>Actuadores que influyen en el control electrónico de gasolina</i>	46
Válvula reguladora de combustible	46

Bomba de combustible	47
Bobinas de encendido	48
TAC (Throttle Actuator Control)	48
Inyectores GDI	49
<i>Secuencia de inyección de combustible</i>	49
Sistema GLP	50
<i>ECU de GLP</i>	51
<i>Actuadores GLP</i>	51
Inyectores de Gas	52
Reductor-evaporador GLP	53
<i>Sensores GLP</i>	55
Sensor de Presión del GLP	56
Sensor de Temperatura del refrigerante del motor en GLP	57
Protocolos de comunicación	57
<i>Protocolo ISO 9141</i>	58
<i>Protocolo ISO 14230</i>	58
<i>Protocolo SAE J1850 VPW</i>	59
<i>Protocolo ISO CAN Bus 1725 (15765-4)</i>	59
Osciloscopio automotriz	59
Ley de Ohm	60
Parámetros característicos de sensores y actuadores	61

Base numérica (K) del tiempo de inyección	63
Capítulo III : Propuesta de análisis de la gestión electrónica de la tecnología de quinta generación del sistema de gas licuado.	64
Programas utilizados	65
<i>Interfaz de osciloscopio</i>	65
<i>Mapa de gas</i>	66
Protocolo de obtención en tiempo real.....	68
<i>Osciloscopio</i>	68
<i>Scanner Automotriz</i>	72
Configuración del mapa de gas y la gestión electrónica del sistema de GLP	77
Gestión electrónica del vehículo de prueba	82
<i>Gasolina</i>	82
<i>Sistema de 5ta generación de GLP</i>	85
Elección de elemento de protección (amperaje del fusible)	87
<i>Potencia de consumo total de los elementos del sistema</i>	87
<i>Intensidad de corriente total que posee el sistema</i>	87
Gestión electrónica del sistema de 5ta GLP – Gasolina.....	88
Recolección de información mediante el osciloscopio	93
<i>Actuadores y sensores de Gasolina</i>	94
Sensor de detonación	94
Sensor integrado de temperatura y presión absoluta del colector.....	95
Sensor integral MAF/IAT.....	97

Sensor CMP	98
Sensor CKP	100
Sensor ECT	101
Sensor HO2S trasero	103
Bobina de encendido..	104
Inyectores GDI.....	106
<i>Actuadores y sensores del sistema GLP.....</i>	<i>108</i>
Sensor de temperatura del refrigerante.....	108
Sensor integrado de vacío, presión y temperatura del GLP	110
Electroválvula de conmutación.....	111
Capitulo IV: Análisis de Resultados.....	115
Comparativas de la gestión electrónica de un sistema dual.....	115
<i>Bobinas de encendido vs Inyectores GDI.....</i>	<i>115</i>
<i>Control de masa de inyectores GDI con inyectores GLP.....</i>	<i>117</i>
<i>Oscilograma inyectores GDI – GLP, bobina de encendido y sensor CMP.....</i>	<i>120</i>
<i>Oscilograma de actuadores vs sensores.....</i>	<i>121</i>
Comparativa de las tensiones de señal de los sensores (Gasolina vs GLP)	123
Sensor de detonación.....	123
Sensor ECT	125
Sensor integrado de temperatura y presión absoluta del colector	127
Sensor HO2S trasero	130

Comparativa de los datos que se pueden obtener mediante escáner automotriz.....	132
Análisis de los diferentes mapas de gas	135
Capítulo V: Marco Administrativo	139
Recursos	139
<i>Recursos Humanos</i>	139
<i>Recursos Tecnológicos</i>	140
<i>Recursos Materiales</i>	140
Presupuesto.....	141
Financiamiento	142
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.....	144
Conclusiones.....	144
Recomendaciones.....	149
Bibliografía	150
Anexos.....	156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Especificaciones técnicas ECU GLP</i>	51
Tabla 2	<i>Especificaciones de los inyectores de GLP</i>	53
Tabla 3	<i>Especificaciones técnicas del Reductor LI10</i>	54
Tabla 4	<i>Especificaciones técnicas del sensor MAP de GLP</i>	56
Tabla 5	<i>Especificaciones técnicas del sensor de refrigerante del motor en GLP</i>	57
Tabla 6	<i>Parámetros característicos de sensores y actuadores del vehículo de prueba</i>	61
Tabla 7	<i>Base numérica (K) del tiempo de inyección</i>	63
Tabla 8	<i>Valores de Potencia de consumo del sistema de 5ta Generación GLP</i>	87
Tabla 9	<i>Valor obtenido del amperaje del elemento de protección</i>	88
Tabla 10	<i>Distribución de los pines de la ECU de GLP</i>	92
Tabla 11	<i>Valores de tensiones de señal del sensor de detonación</i>	124
Tabla 12	<i>Valores de tensiones de señal en 3 condiciones del sensor ECT</i>	126
Tabla 13	<i>Datos de temperatura del sensor ECT en condición dual</i>	127
Tabla 14	<i>Valores de tensiones de señal en 3 condiciones del sensor MAP</i>	128
Tabla 15	<i>Valores de tensiones de señal del sensor Boost temperatura</i>	129
Tabla 16	<i>Valores de temperatura del sensor Boost</i>	130
Tabla 17	<i>Valores de tensiones de señal del sensor HO2S trasero</i>	131
Tabla 18	<i>Recursos Humanos</i>	139
Tabla 19	<i>Recursos Tecnológicos</i>	140
Tabla 20	<i>Recursos Materiales</i>	141
Tabla 21	<i>Presupuesto</i>	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Módulo de control electrónico</i>	33
Figura 2 <i>Sistema de inyección electrónica</i>	34
Figura 3 <i>Diagrama de sensores y actuadores de los vehículos</i>	35
Figura 4 <i>Sensor de temperatura de refrigerante</i>	35
Figura 5 <i>Sensor de temperatura de aire</i>	36
Figura 6 <i>Sensor de presión múltiple</i>	37
Figura 7 <i>Sensor de posición del estrangulador de la mariposa de aceleración.</i>	38
Figura 8 <i>Sensor de flujo másico de aire</i>	39
Figura 9 <i>Sensor CKP (Hall)</i>	40
Figura 10 <i>Sensor CMP (Hall)</i>	41
Figura 11 <i>Sensor de alta presión de combustible</i>	42
Figura 12 <i>Sensor de detonación (KS, Knock)</i>	43
Figura 13 <i>Sensor de oxígeno delantera (Banda Ancha)</i>	44
Figura 14 <i>Sensor de oxígeno trasero (Circonio)</i>	45
Figura 15 <i>Sensor ECT</i>	46
Figura 16 <i>Válvula reguladora de combustible</i>	47
Figura 17 <i>Bomba de combustible</i>	47
Figura 18 <i>Bobinas de encendido</i>	48
Figura 19 <i>Throttle Actuator Control</i>	48
Figura 20 <i>Inyectores GDI</i>	49
Figura 21 <i>Orden de encendido secuencial</i>	50
Figura 22 <i>Sistema GLP</i>	50
Figura 23 <i>Sistema de conversión de GLP</i>	52

Figura 24 <i>Inyectores de Gas LANDI</i>	52
Figura 25 <i>Reductor-evaporador GPL</i>	54
Figura 26 <i>Sensor de presión del GLP</i>	56
Figura 27 <i>Sensor de temperatura del motor en GPL</i>	57
Figura 28 <i>Puerto OBD II</i>	58
Figura 29 <i>Osciloscopio automotriz</i>	60
Figura 30 <i>Círculo de la Ley de Ohm que incluye a la potencia.</i>	60
Figura 31 <i>Estructura de la interfaz de osciloscopio.</i>	65
Figura 32 <i>Diagrama de flujo de la instalación del programa de interfaz de osciloscopio</i>	66
Figura 33 <i>Diagrama de flujo del proceso de instalación de LRIS</i>	67
Figura 34 <i>Ingreso al programa de la interfaz del osciloscopio.</i>	69
Figura 35 <i>Configuración de la interfaz del osciloscopio</i>	70
Figura 36 <i>Conexión de las puntas de osciloscopio al S/A (ejemplo)</i>	70
Figura 37 <i>Diagrama de flujo para la obtención de datos en tiempo real con osciloscopio</i>	72
Figura 38 <i>Partes del escáner automotriz</i>	73
Figura 39 <i>Datos en tiempo real con escáner</i>	75
Figura 40 <i>Datos en tiempo real obtenido mediante el escáner automotriz</i>	76
Figura 41 <i>Diagrama de flujo: obtención de datos con escáner</i>	77
Figura 42 <i>Programa para la configuración del sistema</i>	78
Figura 43 <i>Interfaz de la configuración del sistema de inyección de GLP</i>	78
Figura 44 <i>Configuración del cambio (condiciones de conmutación) entre los sistemas</i>	80
Figura 45 <i>Configuración del indicador de nivel de gas licuado de petróleo</i>	81
Figura 46 <i>Configuración del mapa de gas</i>	82
Figura 47 <i>Diagrama eléctrico del vehículo de prueba</i>	83
Figura 48 <i>Esquema eléctrico del sistema de 5ta generación de GLP</i>	85
Figura 49 <i>Diagrama eléctrico del control electrónico de inyección de combustible dual</i>	89

Figura 50	<i>Diagrama eléctrico del control electrónico de inyección de combustible dual</i>	90
Figura 51	<i>Diagrama eléctrico del control electrónico de inyección de combustible dual</i>	91
Figura 52	<i>Diagrama eléctrico del sensor Knock</i>	94
Figura 53	<i>Oscilogramas del sensor de detonación</i>	95
Figura 54	<i>Diagrama eléctrico del sensor integral MAP/ Boost Temperatura</i>	96
Figura 55	<i>Oscilograma del sensor integral de temperatura y presión absoluta del colector</i>	96
Figura 56	<i>Diagrama eléctrico del sensor integral MAF/IAT</i>	97
Figura 57	<i>Oscilograma del sensor integral MAF/IAT</i>	98
Figura 58	<i>Diagrama eléctrico del sensor CMP</i>	99
Figura 59	<i>Oscilograma del sensor CMP</i>	99
Figura 60.	<i>Diagrama eléctrico del sensor CKP</i>	100
Figura 61	<i>Oscilograma del sensor CKP</i>	101
Figura 62	<i>Representación del diagrama eléctrico del sensor ECT</i>	102
Figura 63	<i>Oscilograma del sensor ECT</i>	102
Figura 64	<i>Diagrama del sensor de oxígeno trasero</i>	103
Figura 65	<i>Oscilograma del sensor HO2S</i>	104
Figura 66	<i>Diagrama eléctrico del conjunto de monobobinas del vehículo</i>	105
Figura 67	<i>Oscilograma de las monobobinas del vehículo</i>	106
Figura 68	<i>Diagrama eléctrico de los inyectores GDI</i>	107
Figura 69	<i>Oscilograma del conjunto de inyectores GDI</i>	108
Figura 70	<i>Diagrama eléctrico del sensor ECT en GLP</i>	109
Figura 71	<i>Oscilograma del sensor de temperatura del refrigerante del motor en GLP</i>	109
Figura 72	<i>Sensor integrado presión y temperatura del GLP</i>	110
Figura 73	<i>Oscilograma del sensor integrado de presión y temperatura del GLP</i>	111
Figura 74	<i>Diagrama eléctrico de la electroválvula de conmutación</i>	112
Figura 75	<i>Oscilograma de la electroválvula de conmutación</i>	112

Figura 76 <i>Diagrama eléctrico de los inyectores GLP</i>	113
Figura 77 <i>Oscilograma de los inyectores de GLP</i>	114
Figura 78 <i>Oscilograma de comparativo de Bobinas de encendido vs Inyectores</i>	116
Figura 79 <i>Oscilograma de los inyectores GDI con inyectores GLP</i>	118
Figura 80 <i>Oscilograma de los inyectores GDI con inyectores GLP del cilindro dos – tres</i>	119
Figura 81 <i>Oscilograma de control de masa de inyectores GDI-GLP y bobina, CMP</i>	120
Figura 82 <i>Oscilograma de comparación sensores vs actuadores</i>	122
Figura 83. <i>PID que se pueden seleccionar en el vehículo de prueba</i>	133
Figura 84 <i>Primera configuración del mapa de gas para el vehículo de prueba</i>	136
Figura 85 <i>Segunda configuración del mapa de gas</i>	137
Figura 86 <i>Tercera configuración del mapa de gas</i>	138

Resumen

La investigación del análisis de la gestión electrónica de quinta generación del sistema de gas licuado en un motor GDI, se desarrolló a través de un protocolo de obtención de flujo de datos de tiempo real mediante la interpretación gráfica – analítica de señales y parámetros de operación de sensores y actuadores: Gasolina, GLP, Dual (Gasolina-GLP); es así que la gestión electrónica de 5ta generación en vehículos flexibles al uso de combustibles gaseosos es dependiente del control electrónico de combustible de inyección directa, es decir, la señal de los inyectores para gas se activa por control de masa de los inyectores gasolina. La obtención de datos en tiempo real se realizó en ralentí, aceleración y máxima potencia del vehículo, para las pruebas de flujo de datos, señales características y tensiones características del sistema de inyección electrónica de combustible con mezcla propano – butano, por otro lado los datos usando protocolos de comunicación se obtuvo con escáner automotriz a régimen de ralentí; la configuración del mapa de gas se desarrolló usando el factor k (multiplicador) del tiempo de apertura de los inyectores de gas GLP con respecto al tiempo de inyección directa gasolina, para la configuración personalizada del vehículo de prueba. El sensor Knock encargado de evaluar la eficiencia de la combustión del motor, por medio de las vibraciones producidas dentro de la cámara de combustión en la condición de dual, tuvo un incremento del 19.87% de la tensión de señal con respecto a la condición de gasolina en régimen ralentí, este incremento se encuentra presente en todas las condiciones analizadas, además del incrementó de 43.03% en la tensión de señal del sensor MAP en régimen acelerado. Al finalizar con el análisis de los datos, oscilogramas y variaciones de tensiones de señal en los sensores en condición dual, al igual que el mapa de gas, se concluyó que ambos sistemas interactúan entre sí en la condición dual y el sistema de 5ta generación depende de la gestión electrónica de inyección de combustible del motor GDI.

Palabras clave: Gestión electrónica, GDI, GLP 5ta generación, Knock, MAP.

Abstract

The investigation of the analysis of the fifth generation electronic management of the liquefied gas system in a GDI engine was developed through a protocol by means of graphic – analytic signals interpretation as well as activators and sensors operation parameters: Gasoline, LPG, Dual (Gasoline-GLP); Thus, the fifth generation electronic management in flexible vehicles that use gaseous combustibles is dependent on the electronic control of direct injection combustible, that is, the signal from the gas injectors is activated by mass control of the gasoline injectors. Obtaining data in real time was carried out in tick over, acceleration and vehicle maximum potency for the data stream tests, signal and tension characteristics of the electronic injection system of propane – butane mixture. Furthermore, the Data using communication protocols was obtained with an automotive scanner using a tick over regimen; the gas map configuration was developed by using the k factor (multiplier) of the LPG gas injectors opening time in regard to gasoline direct injection time, for the personalized configuration of the test vehicle. The Knock sensor in charge of evaluating the combustion efficiency of the engine, by means of the vibrations produced inside the combustion chamber in the dual condition, had an increase of 19.87% of the signal voltage with respect to the gasoline condition at idle speed, this increase is present in all the analyzed conditions, in addition to the 43.03% increase in the signal voltage of the MAP sensor in accelerated speed. Having finished the analysis of the data, oscillograms and sensors signal tension variations in dual condition, as well as the gas map, it was concluded that both systems interact with each other in dual condition and that the fifth-generation system depends on the electronic action of the GDI motor combustible injection.

Key words: Electronic management, GDI, LPG 5th generation, Knock Sensor, MAP.

Capítulo I

Generalidades

Antecedentes

La industria automotriz es una de las causantes y principales contribuyentes de la contaminación medioambiental, como consecuencia de la emisión de gases de escape productos de la combustión de los motores de combustión interna (Ridge, 2023). El mundo ha cambiado y con ella sus ideologías, en la actualidad del mundo Automotriz debe responder con proyectos e innovaciones que contribuyan a la aprobación del medio ambiente y la naturaleza, con el fin de lograr remediar o frenar el impacto ambiental. Es por ello, que las diferentes empresas que forman parte de la industria Automotriz han buscado diferentes soluciones para tener una respuesta ante esta nueva realidad, una donde los seres humanos buscan ser más amigables con el ambiente y reducir los gases de efecto invernadero producidos por las actividades humanas. (Paredes, 2022).

De acuerdo con (Revista Motors, 2023) La Industria Automotriz ecuatoriana marcó su cambio con el desarrollo de diferentes métodos y tecnologías más limpias con el fin de reducir la huella de carbono de la producción y el uso de vehículos de motores de combustión interna, con un objetivo claro; el intentar mantener los motores de combustión interna, con el fin de conseguir sus metas se han desarrollado diferentes combustibles o biocombustibles amigables con el ambiente que contribuyen con esta idea, es por ello que se comenzó a desarrollar los de diferentes kits de conversiones, que emplean otro tipo de combustible dentro de un motor de combustión interna clásico, en otras palabras un motor de combustión interna que usa diésel o gasolina, mediante los kits de conversión usan gas licuado de petróleo como combustible principal, que se puede entender en la siguiente oración: un motor de combustión interna de ciclo OTTO con gas licuado de petróleo (GLP).

Según (Valdeiglesias, 2007, pág. 21) el uso de los recursos energéticos es parte importante para el rodeo de la sociedad, el usar los requerimientos energéticos para el progreso de la población, producción, industria, se debe a que, en la actualidad, el uso de la energía es necesaria para la vida moderna y el uso de las tecnologías actuales, de modo que este tiene una razón de ser dentro de las de la sustentación de la sociedad.

Según el (Ministerio de Minas y Energía de La Republica Colombia, 2016, 7 marzo) en la Resolución MME40246, se denomina Gas licuado de petróleo (GLP), a la “mezcla de hidrocarburo constituidos por propano y butano”, siendo un recurso importante en las canastas energética de la población del mundo, logrando ser un recurso importante en las casas de los ecuatorianos, sin embargo desde hace algunos años en la ciudades costeras se ha comenzado a dar un nuevo enfoque a este tipo de hidrocarburo, con el fin de aprovechar su poder calorífico y sus características, convirtiéndose en un nuevo combustible para la generación de energía en los motores de combustión interna MEP, como sustituto de la gasolina, sin embargo no se ha realizado estudios de desempeño de este tipo de combustible en un motor de combustión interna de inyección directa (GDI) asistido por gestión electrónica, es verdad, que el uso de GLP como combustible no es algo nuevo, al contrario tiene varios avances conforme se integra la electrónica en los sistemas automotrices para obtener una mejor eficiencia y seguridad al emplearlo.

Además el gas licuado de petróleo, es un combustible alternativo que se está empleando más en los vehículos, por la serie de ventajas que posee sobre la gasolina, como son un menor costo, menos emisiones contaminantes y un rendimiento similar, (Cáceres & Mallón, 2011), pero para que las ventajas de GLP, se potencialicen es necesario el uso de la gestión electrónica en el proceso de inyección de combustible, de modo que este sistema debe constar con una serie de sensores, una unidad de control electrónico y actuadores, que logren combinar los beneficios con la precisión necesaria.

En la actualidad, existe una evolución constante para el empleo del GLP como combustible, de modo que se han desarrollado varias generaciones, en las cuales se combina la gestión electrónica, para tener mejores resultados, naciendo así la quinta generación de sistema de conversión de GLP con control electrónico programable de inyección para motores de combustión interna GDI, en los cuales existe una protección y emulación de los inyectores de gasolina, además este tipo de sistema se vuelve una alternativa para el parque automotor, con algunas ventajas significativas como ya se ha mencionado, por ello se puede pensar en emplearlo en transportes masivos o públicos, sin embargo es necesario más investigaciones acerca del uso de GLP como combustible alternativo en el Parque automotor ecuatoriano, ya que este mismo se ha visto limitado a la zonas costera como es la ciudad de Guayaquil y en motores de combustión interna de encendido provocado con sistema de inyección electrónica indirecta y con la condicionante de que estos vehículos sean "taxis". (Redacción Enfoque, 2023)

Los kits de conversión de quinta y sexta generación de la marcas de mayor venta a nivel mundial cumplen con estándares fundamentales en dos importantes certificaciones en el campo automotriz: el Sistema de Gestión de Calidad ISO / TS 16949 del Sector Automotriz y el Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001, así como, la ISO/TS 16949 es una especificación técnica, definida por "ISO" IATF International Automotive Task Force, cuya aplicación ha permitido optimizar tanto la cadena de suministro como los procesos, previniendo defectos y mejorar la calidad de los sistemas y componentes de GLP, a su vez estas marcas dan recomendaciones sobre los vehículos que se pueden convertir en GLP si poseen un motor de combustión interna MEP con sistema GDI: Audi, Volkswagen, Seat, Škoda, Citroën, Peugeot, Opel, Land Rover, Hyundai, Kia, Renault, Dacia, Nissan, Mazda, GM, Chevrolet, BMW y Volvo; para potencia de 60 CV a 200 CV, con desplazamientos volumétricos de 1000 c.c. a 2500 c.c. para tecnologías EURO 4, 5 y 6. (LOVATO GAS, 2022)

Planteamiento del problema

En 2007, a través de un Decreto Ejecutivo, se permitió el uso de GLP como alternativa de combustible, debido a que el uso de este tipo de sistemas no era controlada y era precario, poniendo en riesgo a los conductores y pasajeros, para ello se comenzó con un plan piloto en la Ciudad de Guayaquil, ubicada a 4 msnm (metros sobre el nivel del mar), obteniendo buenos resultados, esto desencadenó que en el 2008 las compañías de taxis estén autorizadas a emplear GLP como sistema de combustible, sin embargo el proyecto del uso de GLP como sistema alternativo de combustible se quedó estancada a la ciudad de Guayaquil y algunas ciudades costeras de Ecuador, se han realizado pocas investigaciones en ciudades con altura mayores, logrando limitar sus beneficios en Ecuador; La Federación de Taxistas de Ecuador, ha solicitado al Gobierno el impulso del uso de GLP a nivel nacional.

En Ecuador, las investigaciones de uso de sistema de GLP como combustible alternativo para motores de combustión interna MEP, se han realizado en vehículos de carburador e inyección indirecta monopunto y multipunto con una gestión electrónica que se encontraba en desarrollo, también se han realizado investigaciones del comportamiento del GLP en altura, de motores de las características antes mencionadas, sin embargo las mismas no se han realizado con las condiciones que se plantean a continuación: un motor de combustión interna de ciclo Otto con sistema de inyección directa de gasolina y turbo alimentados, la gestión electrónica de quinta generación y en una altura de 2860 msnm., dando como resultado grandes preguntas a resolver en el desarrollo de esta investigación. Por otro lado, este análisis se torna más relevante al tomar en cuenta la complejidad del proceso de inyección del gas líquido y su impacto en la operatividad, seguridad y sostenibilidad del sistema. Además, el desarrollo del sistema de inyección directa de Gasolina (GDI) trae grandes beneficios, debido a que este logra una combustión más completa y eficiente, esto se logra a través de un mejor control electrónico del sistema de inyección de combustible, por otro lado,

se reduce el consumo de combustible, generando así que se reduzca las emisiones de contaminantes, por lo cual al combinar estas ventajas con las que posee el GLP como combustible alternativo, se deberían lograr grandes beneficios y una gestión electrónica más eficiente que logre reducir la emisión de gases contaminantes y una mayor potencia y rendimiento de motor.

Los motores de inyección directa de gasolina se han convertido una alternativa popular debido a su eficiencia y su rendimiento, ya que poseen diferentes ventajas sobre un motor de combustión interna de inyección indirecta de combustible, sin embargo ese tipo de motores dentro de la realidad ecuatoriana no ha sido adaptado a un sistema de GLP, por lo cual se desconoce cómo funciona la tecnología de quinta generación de gas licuado de petróleo dentro de este tipo de motores, es decir que se necesita comprender detalladamente cómo es el control electrónico del sistema de inyección de gas líquido a través de los parámetros característicos de sensores como unidad de control electrónico y los actuadores dentro de un motor GDI entendiendo información importante acerca del desarrollo de nuevas tecnologías tanto dentro de la Industria Automotriz como el motor de combustión interna de inyección directa y las tecnologías actuales de los sistemas de conversión o kit de conversión de GLP, además de la intervención del control electrónico para un proceso de inyección de combustible.

¿Cómo se adapta la gestión electrónica de un motor GDI para funcionar con GLP?

¿Cómo se comporta la gestión electrónica en los motores de combustión interna MEP con inyección directa de combustible, al emplear GLP como combustible?

¿Cómo cambia la gestión electrónica del vehículo al tener una conversión de GLP?

¿Cómo se modifica las señales de los sensores y el control de masa de los actuadores al interactuar con GLP?

Justificación, importancia y alcance

La justificación de la realización de una investigación en el sistema de alimentación y la gestión electrónica de un kit de conversión de GLP de quinta generación en motores GDI, fue la necesidad de abordar los desafíos de la unión de la electrónica con otros sistemas para mejorar el control de la eficiencia energética, emisiones y sostenibilidad en el sector de transporte y la industria automotriz, además se obtuvo información importante y valiosa sobre el funcionamiento de la gestión electrónica de inyección directa de gasolina y GLP, oscilogramas y tensiones características de los sensores, actuadores y unidad de control, en una ciudad a 2860 msnm en Ecuador y el comportamiento de los mismos en un vehículo de motor de combustión interna MEP con inyección directa de combustible al emplear GLP.

La importancia de la investigación de gestión electrónica de los sistema de alimentación de combustible GLP de quinta generación en motores GDI es múltiple, de los cuales se destacó entre ellas los desafíos ambientales que exigen alternativas más limpias y eficientes en el consumo de combustible, además de buscar la interacción de los diferentes componentes, ya sean, sensores, actuadores y unidad de control, puede generar grandes beneficios, al igual que comprobar si existe la mejora en la protección y seguridad de los sistemas, ya que puede existir un control del sistema de forma precisa, se logra evitar situaciones peligrosas, esto incluye la necesidad de investigar el comportamiento de las nuevas tecnologías que ingresan al mercado ecuatoriano, que está en constante cambio y enfrenta desafíos adaptados a su realidad.

Dentro de Ecuador, las investigaciones acerca del control electrónico del sistema de GLP no han sido muy relevantes, ya que el uso de GLP como combustible alternativo se está acoplado a la realidad mundial, por muchos años los sistemas de GLP aplicadas en el Ecuador eran de tipo carburador; el uso de la inyección electrónica, basándose a la importancia de sus ventajas, permite una reducción de la huella de carbono, menos consumo, etc. Sin embargo, no se han realizado investigaciones exhaustivas en que profundice sobre la gestión electrónica de este tipo sistema de GLP. La importancia de esta investigación se resumió a en

un motor de combustión interna de gasolina, el uso de la gestión electrónica en el cual se incluyan más sensores que envíen información a la ECU acerca de los valores o parámetros de aire, combustible que ingresa al motor; mejoran el proceso de combustión, porque existe más información que analizar y una acción más eficiente o toma de decisión más adecuada de parte de la ECU para los actuadores, con esta primicia se debe analizar la gestión electrónica del sistema de inyección de GLP, con lo que se obtuvo una idea clara sobre los beneficios o acciones a tomar en cuenta, para convertirlo en un sistema que sea una verdadera alternativa al empleo de gasolina en Ecuador y no solo en la ciudad de Guayaquil, sino a nivel nacional.

El alcance de esta investigación abarcó varios aspectos cruciales, ya que se analizó el sistema de inyección electrónica de combustible GLP, comparado con el sistema de alimentación original del vehículo (Gasolina), comprendiendo así el funcionamiento, comportamiento y las tecnologías involucradas, además de que esta investigación se involucran 3 grandes grupos de elementos a investigar que entregaron información importante como son: los sensores que proporcionan la información sobre el funcionamiento del sistema, al igual que análisis de parámetros característicos de los sensores involucrados en la gestión electrónica; la unidad de control, encargada de recibir la información de los sensores y tomar las decisiones, mientras se identifica el algoritmo de control; en el aspecto de los actuadores se identificó los parámetros característicos de los actuadores relevantes que se emplea en la gestión electrónica del sistema de alimentación GLP.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Analizar la gestión electrónica de la tecnología de quinta generación del sistema de gas licuado y el proceso de inyección de gas líquido a través de los parámetros característicos de sensores, unidad de control electrónico y actuadores.

Objetivos específicos

Desarrollar un protocolo para la obtención del flujo de datos en tiempo real de sensores, unidad de control electrónico y actuadores del sistema de alimentación de combustible GLP de quinta generación en motores GDI por método de referencia EPA, ISO y SAE.

Investigar sobre los protocolos de obtención del flujo de datos en tiempo real de sensores, unidad de control electrónico y actuadores del sistema de alimentación de combustible GLP de quinta generación en motores GDI por método de referencia EPA, ISO y SAE

Evaluar la arquitectura y componentes del sistema de gas licuado de quinta generación, mediante la revisión de documentación técnica y análisis de diagramas, con el fin de entender la estructura y los elementos claves del sistema para facilitar su análisis.

Analizar la gestión electrónica de manera gráfica y analítica a través de las señales y parámetros de operación y funcionamiento del sistema GLP de quinta generación en motores GDI a fin de establecer la interacción con el sistema de gasolina por OBDII a través de los protocolos para diagnósticos avanzado del sistema.

Utilizar herramientas de visualización y análisis para representar gráficamente las señales y parámetros de operación del sistema GLP de quinta generación en motores GDI en relación con el sistema de gasolina.

Realizar pruebas en condiciones controladas y variables para demostrar la eficacia, la confiabilidad y la precisión del protocolo en la obtención de datos en tiempo real.

Hipótesis

El sistema de control electrónico de alimentación de combustible de un motor de combustión interna MEP con GDI de un vehículo influye en la gestión electrónica del sistema de GLP de quinta generación de conversión dual (GLP-Gasolina)

Variables de investigación

Variable independiente

Sistema de control electrónico de alimentación de combustible gasolina GDI

Variable dependiente

Gestión electrónica del sistema GLP.

Capítulo II

Fundamento Teórico

En el capítulo, se fundamentó de manera teórico- analítico el proyecto de titulación, donde se destacó los aspectos fundamentales que se consideraran en el análisis de la gestión electrónica de la tecnología de quinta generación del sistema de gas licuado y el proceso de inyección de gas líquido a través de los parámetros característicos de sensores, unidad de control electrónico y actuadores en un Motor GDI.

Control electrónico de gasolina

Según (Donaire, 2021), el control electrónico de gasolina se refiere a los sistemas electrónicos que son utilizados para gestionar y controlar la inyección de gasolina en motores de combustión interna en vehículos.

Los elementos que forman parte del conjunto de gestión electrónica son sensores (CKP, CMP, ECT, TPS, HEGO) que transforman la información análoga en digital mediante tensiones; la ECU (Unidad de control del motor) quien procesa la información y los actuadores (inyectores, bobinas) efectúan la acción.

Módulo de control electrónico

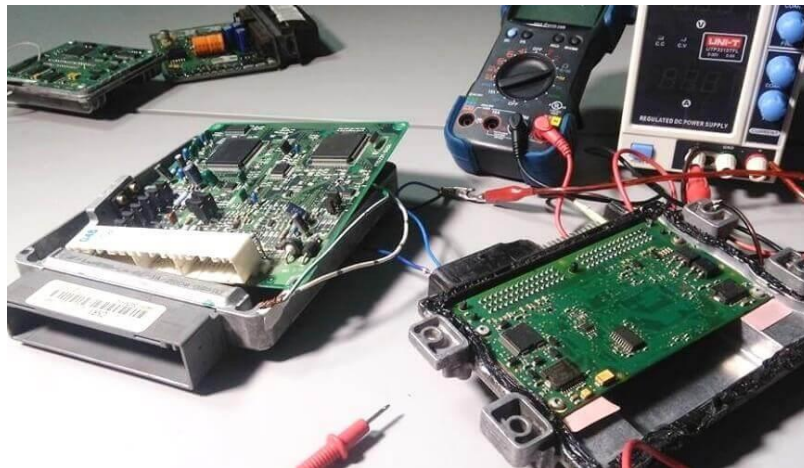
El ECM, o Módulo de Control Electrónico, en un automóvil es un sistema integrado que se encarga de gestionar diversas funciones de los sistemas eléctricos del vehículo. Ajustan y optimizan parámetros en tiempo real, mejorando el rendimiento en motores, sistemas HVAC, contribuyen a la eficiencia del combustible y reducción de emisiones al controlar la mezcla de combustible y aire.

Según (Mazda Motor Corporation , s.f.) el vehículo de prueba posee varios módulos de control.

- TCM: Módulo de Control de la Transmisión) Controla el funcionamiento de la transmisión automática
- TPMS (Modulo de control de la presión de los neumáticos): Monitorea la presión de los neumáticos.
- ESC (Módulo de control de Estabilidad): Mantiene el control del vehículo en situaciones de conducción difícil
- BCM (Módulo de control de carrocería): Controla los sistemas auxiliares del vehículo.
- ACM (Módulo de control de airbags): Controla el accionamiento de los airbags en caso de un accidente

Figura 1

Módulo de control electrónico



Nota. Vista interna de un módulo de control electrónico de un vehículo. Tomado (Auto Avance, 2018)

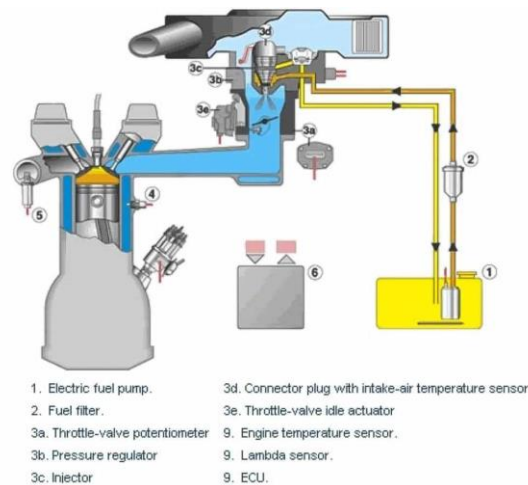
Sistema de inyección electrónica

El sistema de inyección electrónica suministra el combustible al motor, permitiendo que el control sea mucho más preciso que cuando entra a la cámara de combustión. En este

sistema se encuentran gran cantidad de elementos electrónicos: sensores y actuadores.
(Donaire, 2021)

Figura 2

Sistema de inyección electrónica



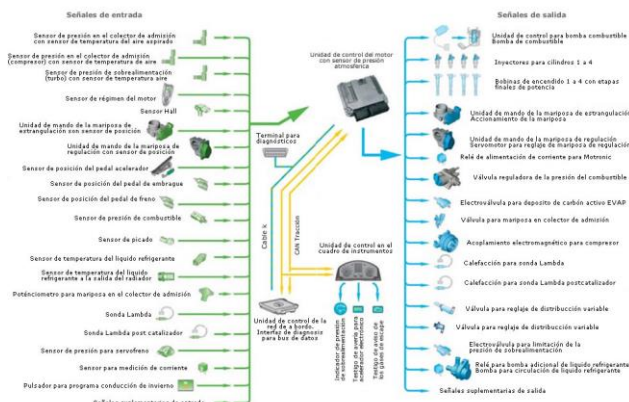
Nota. Partes del sistema de inyección electrónica de un vehículo. Tomado de (Donaire, 2021)

Sensores que influyen en el control electrónico de gasolina

Según (Pérez, 2018) un sensor es un dispositivo electrónico diseñado para captar magnitudes de tipo físicas o químicas, estas magnitudes son transformadas a señales eléctricas. En el control electrónico de un sistema de inyección de gasolina, varios sensores desempeñan un papel crucial al proporcionar información a la unidad de control del motor (ECU).

Figura 3

Diagrama de sensores y actuadores de los vehículos

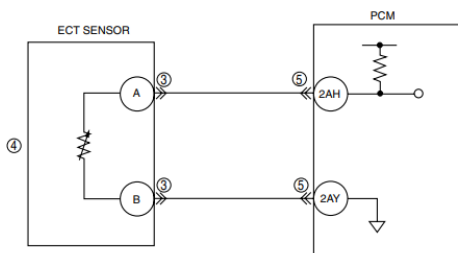


Nota. Sensores y actuadores presentes en los vehículos que son indispensables para su correcto funcionamiento. (INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ, 2020)

Sensor de temperatura de refrigerante (ECT). El sensor de temperatura de refrigerante en vehículos llamado también (ECT), es el encargado de medir la temperatura del refrigerante del motor con la finalidad de absorber su calor y que funcione de manera correcta. (Pérez, 2018)

Figura 4

Sensor de temperatura de refrigerante

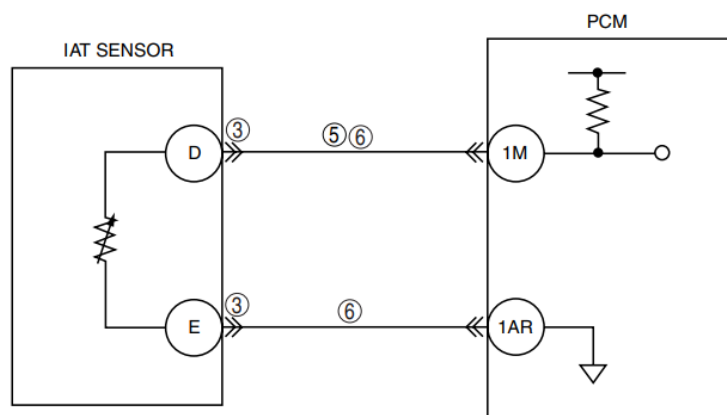


Nota. Diagrama eléctrico del sensor ECT del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Sensor de temperatura de aire (IAT). Este sensor tiene como función medir la temperatura del aire que ingresa al colector de admisión, por lo general se ubica cerca del filtro de aire y es indispensable para ajustar la mezcla de aire y combustible para optimizar la eficiencia del motor sometido a diferentes condiciones. (FlexFuel, 2024)

Figura 5

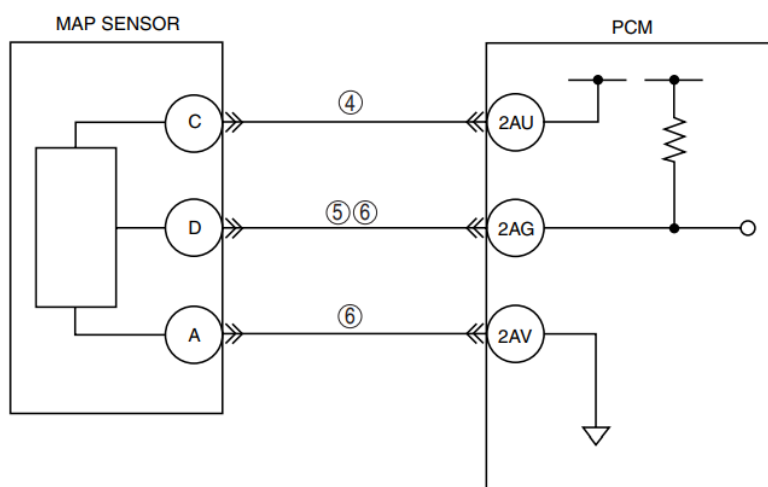
Sensor de temperatura de aire



Nota. Diagrama eléctrico del sensor IAT del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Sensor de presión múltiple admisión (MAP). El sensor de presión múltiple conocido como (MAP), es el encargado de controlar la proporción de aire que ingresa al motor, este tendrá como función medir el volumen del aire que se encuentra en el colector de admisión.

(FlexFuel, 2024)

Figura 6*Sensor de presión múltiple*

Nota. Diagrama eléctrico del sensor MAP del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Sensor de posición del estrangulador de la mariposa de acelerador (TPS). El sensor de posición del estrangulador de la mariposa de acelerador, también conocido como sensor de posición del acelerador (TPS), es un componente importante en el sistema de control del motor de un vehículo.

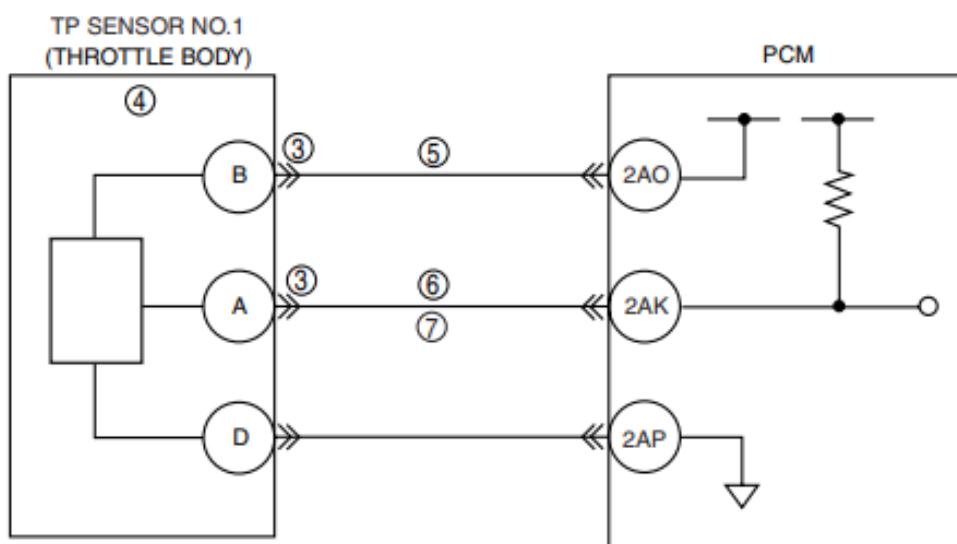
Su función principal es medir la posición de la mariposa de acelerador y enviar esta información a la unidad de control del motor (ECU) para que pueda ajustar apropiadamente la mezcla de aire y combustible, generalmente consiste en un potenciómetro que varía su resistencia eléctrica en función de la posición de la mariposa de acelerador.

A medida que el conductor pisa el pedal del acelerador, la mariposa se abre, y el TPS envía una señal variable a la ECU. Esta señal se utiliza para calcular la cantidad adecuada de combustible que debe inyectarse en los cilindros del motor.

En caso de que el sensor de posición del acelerador falle o envíe señales incorrectas, puede haber problemas en el rendimiento del motor, la eficiencia del combustible y la respuesta del acelerador. Los síntomas comunes de un TPS defectuoso incluyen dificultades para arrancar, ralentí inestable, pérdida de potencia y problemas de cambio de marcha.

Figura 7

Sensor de posición del estrangulador de la mariposa de aceleración



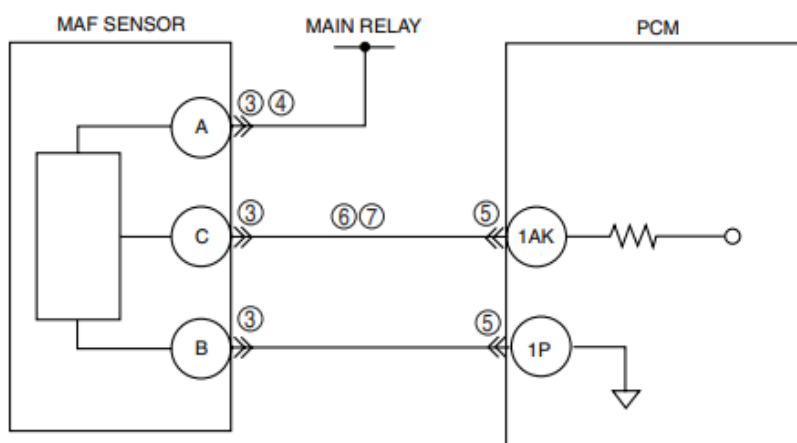
Nota. Diagrama eléctrico del sensor TPS del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Sensor de flujo másico de aire. El sensor de flujo másico de aire (MAF) es esencial en el sistema de control del motor, utilizado para medir la masa de aire y envía esta información a la unidad de control del motor (ECU). Si el MAF falla, puede causar pérdida de potencia, ralentí inestable y problemas de arranque.

Ubicado comúnmente en el conducto de admisión cerca del filtro de aire, su correcto funcionamiento es crucial para el rendimiento del motor y la eficiencia del combustible. (Ávila, 2021)

Figura 8

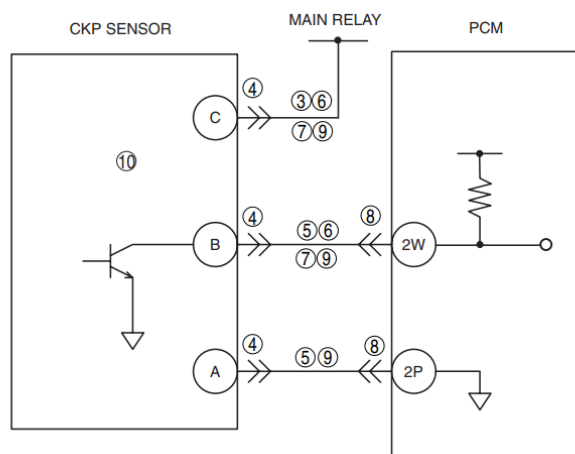
Sensor de flujo másico de aire



Nota. Diagrama eléctrico del sensor MAP del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Sensor CKP (Hall). El Sensor de Posición del Cigüeñal (CKP), es un dispositivo electromagnético que colabora con la sincronización del sistema de inyección de combustible, coordinando las operaciones de los inyectores de combustible y el sistema de encendido.

Este sensor transmite a la Unidad de Control del Motor información sobre la velocidad y posición del cigüeñal, la información se presenta como una secuencia de pulsos repetitivos de voltaje eléctrico, los cuales son generados por el sensor durante la rotación del cigüeñal. Con base en estos pulsos, la ECU regula el funcionamiento de los inyectores de combustible y el sistema de encendido. (Auto Avance , 2019)

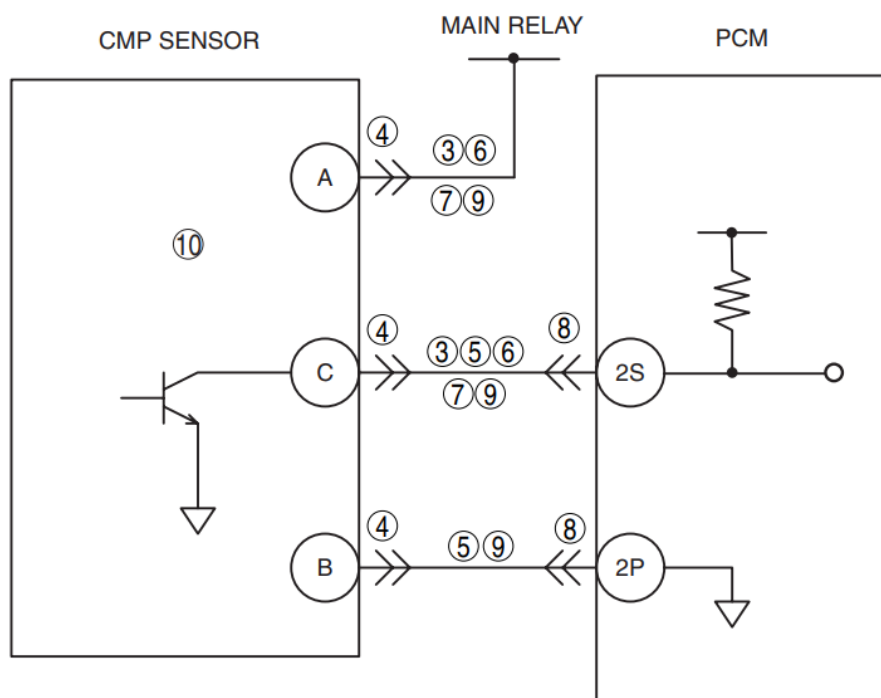
Figura 9*Sensor CKP (Hall)*

Nota. Diagrama eléctrico del sensor CKP del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Sensor CMP (Hall). Un sensor de posición del árbol de levas (CMP) tipo Hall es un componente esencial en los sistemas de control de motores de vehículos. Su función principal radica en la detección precisa de la posición angular del árbol de levas del motor, transmitiendo esta información al sistema de control correspondiente.

Esta información es vital para el sistema de control del motor, ya que posibilita la sincronización precisa de la inyección de combustible y el encendido. Esta sincronización mejorada contribuye significativamente a optimizar la eficiencia y el rendimiento del motor. (Thomson, 2022)

Figura 10
Sensor CMP (Hall)

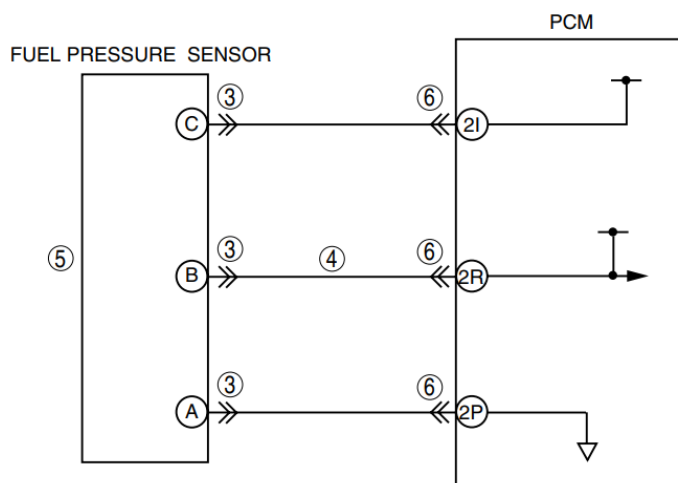


Nota. Diagrama eléctrico del sensor CMP del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Sensor de alta presión de combustible. El sensor de alta presión de combustible desempeña un papel esencial en el sistema de inyección de combustible de un vehículo. Su función principal consiste en monitorear y medir la presión del combustible en el sistema de alta presión de combustible.

Este componente tiene la tarea crucial de proporcionar datos precisos sobre la presión del combustible en el sistema de inyección de alta presión, lo que a su vez es esencial para garantizar un control preciso en el suministro de combustible al motor.

La información recopilada por este sensor resulta vital para mantener un rendimiento eficiente y óptimo del motor al ajustar la cantidad de combustible suministrado de manera precisa. (E-auto, 2023)

Figura 11*Sensor de alta presión de combustible*

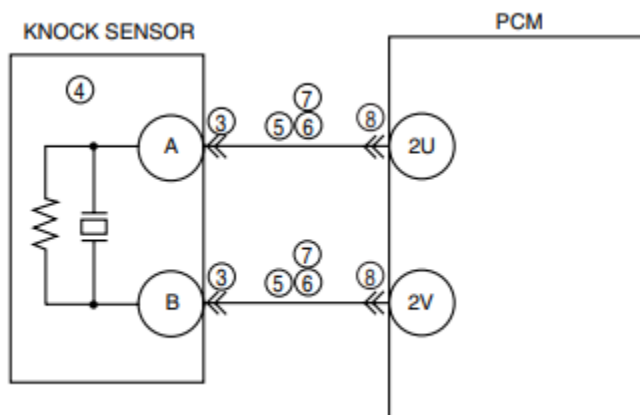
Nota. Diagrama eléctrico del sensor FRP del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Sensor de detonación (KS, Knock). El sensor de detonación, también llamado sensor de golpeteo (KS, Knock), es vital en el control del motor al detectar detonaciones no controladas que podrían dañar el motor. Monitoriza las vibraciones y ruidos, enviando esta información a la unidad de control del motor (ECU) para ajustar la sincronización de encendido y evitar daños.

Un mal funcionamiento podría causar pérdida de potencia y daños al motor. La ubicación puede variar, pero generalmente se encuentra en la culata del motor. Mantener el sensor en buen estado es esencial para un rendimiento eficiente y duradero del motor.

Figura 12

Sensor de detonación (KS, Knock)



Nota. Diagrama eléctrico del sensor Knock del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

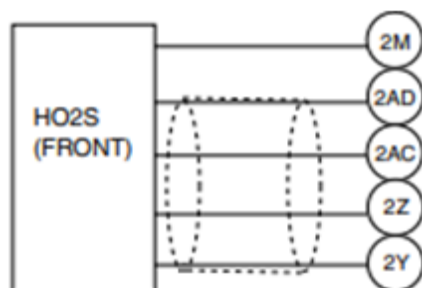
Sensor de oxígeno delantera (Banda ancha). El sensor de oxígeno de banda ancha, también conocido como sensor de oxígeno delantero, es esencial en el sistema de control de emisiones de un vehículo. Su función principal es medir con precisión el contenido de oxígeno en los gases de escape y enviar esta información a la unidad de control del motor (ECU).

Al ser de banda ancha, no solo indica si la mezcla aire-combustible es rica o pobre, sino que proporciona datos detallados sobre la cantidad exacta de oxígeno. La ECU utiliza esta información para ajustar la mezcla de combustible, mejorando la eficiencia del motor y reduciendo emisiones contaminantes.

Ubicado cerca del colector de escape, un buen funcionamiento es crucial para el rendimiento eficiente y respetuoso con el medio ambiente del vehículo. Problemas en el sensor pueden resultar en un aumento en el consumo de combustible y una disminución en la eficiencia del motor. (Herranz, Blog Mecánicos, 2017)

Figura 13

Sensor de oxígeno delantera (Banda Ancha)



Nota. Diagrama eléctrico del sensor H2OS del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Sensor de oxígeno trasero (Circonio). El sensor de oxígeno trasero, o de circonio, es esencial en el sistema de control de emisiones del vehículo. Su tarea principal es supervisar los niveles de oxígeno en los gases de escape después de pasar por el convertidor catalítico.

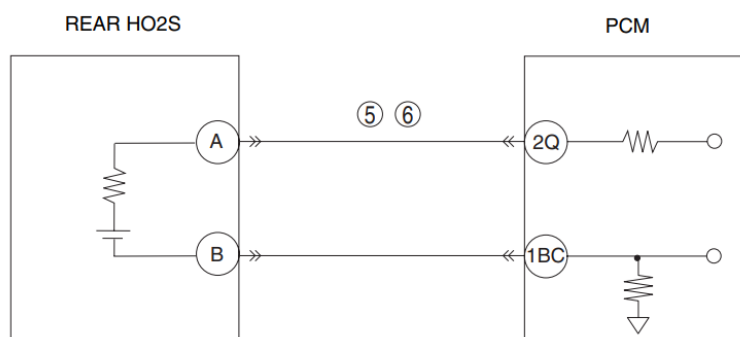
A diferencia del sensor delantero, se centra en evaluar la eficacia del convertidor catalítico para reducir emisiones. Ubicado después del convertidor, proporciona información a la unidad de control del motor sobre la eficiencia del sistema de escape.

Un buen funcionamiento del sensor es crucial para cumplir con los estándares ambientales y garantizar un rendimiento óptimo del vehículo. Problemas en este sensor pueden afectar la eficiencia del convertidor catalítico y aumentar las emisiones contaminantes.

(Templates, 2022)

Figura 14

Sensor de oxígeno trasero (Circonio)



Nota. Diagrama eléctrico del sensor H2OS trasero del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

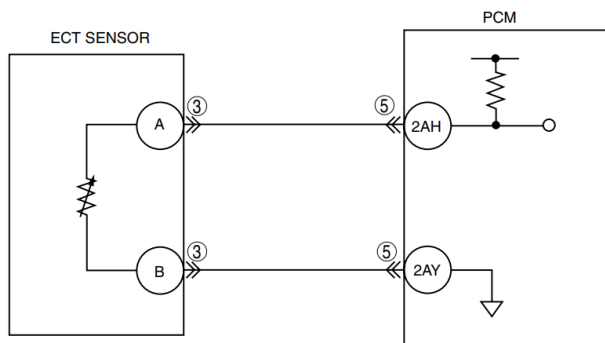
Sensor de temperatura del refrigerante. El sensor de temperatura del refrigerante es esencial en el control del motor, midiendo la temperatura del líquido refrigerante y enviando esta información a la unidad de control del motor (ECU). Utiliza una resistencia que varía con la temperatura para ajustar parámetros como la mezcla de aire y combustible.

La precisión del sensor es crucial para el rendimiento óptimo del motor, y problemas en su funcionamiento pueden provocar arranque difícil, ralenti inestable y un aumento en el consumo de combustible.

Normalmente ubicado cerca del termostato, mantener este sensor en buen estado es esencial para un funcionamiento eficiente y confiable del motor. (Ávila, 2021)

Figura 15

Sensor ECT



Nota. Diagrama eléctrico del sensor ECT del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Actuadores que influyen en el control electrónico de gasolina

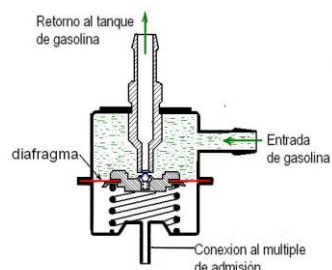
Los actuadores en el sistema de control electrónico de gasolina son dispositivos que reciben señales (control de masa) de la unidad de control (ECU) y realizan acciones físicas.

Válvula reguladora de combustible. La válvula reguladora de combustible es un componente clave en el sistema de inyección de combustible de un vehículo. Su función principal es controlar y regular la presión del combustible que se suministra a los inyectores del motor.

Ajusta la presión manteniéndola dentro de niveles específicos para asegurar una mezcla de aire y combustible adecuada. La válvula se encuentra generalmente en el riel de combustible o en la línea de combustible y responde a la presión para evitar que sea demasiado alta o baja (Full mecánica, 2014)

Figura 16

Válvula reguladora de combustible



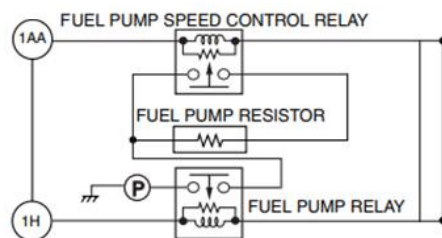
Nota. Válvula de regulación de presión del combustible con sus respectivas partes. Tomado de (Full mecánica, 2014)

Bomba de combustible. Es un componente esencial que transfiere combustible desde el tanque al sistema de inyección del motor. Funciona mediante un motor eléctrico y mantiene una presión adecuada para garantizar la mezcla precisa de aire y combustible en los cilindros del motor.

Puede ser eléctrica y sumergible en el tanque o mecánica en el motor, dependiendo del diseño del vehículo. (Autocasión, 2021)

Figura 17

Bomba de combustible



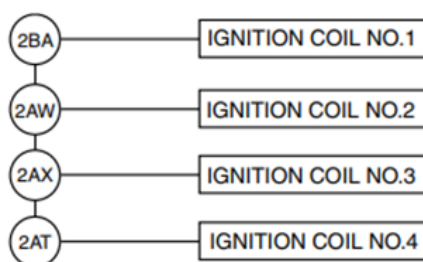
Nota. Diagrama eléctrico de la bomba de combustible del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Bobinas de encendido. La bobina de encendido es un componente integral del sistema de encendido de un motor de combustión interna y colabora estrechamente con la bujía.

Su función principal consiste en amplificar el voltaje aproximadamente 1000 veces, creando así un arco eléctrico o chispa en la bujía. Esta chispa desencadena el proceso de combustión, facilitando el arranque del vehículo. (Autocasión, 2021)

Figura 18

Bobinas de encendido

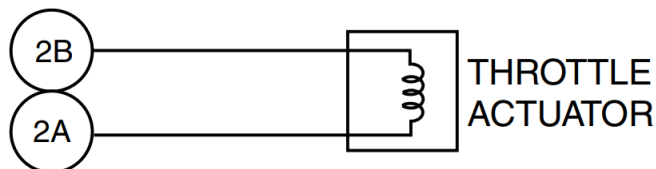


Nota. Diagrama eléctrico de las bobinas del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

TAC (Throttle Actuator Control). El TAC (Throttle Actuator Control) gestiona electrónicamente la apertura y cierre de la mariposa de acelerador en un vehículo; control más preciso y rápido del acelerador. Utiliza sensores electrónicos para detectar la posición del pedal y ajusta la apertura de la mariposa mediante un motor eléctrico.

Figura 19

Throttle Actuator Control



Nota. Diagrama eléctrico del TAC del vehículo de prueba. Tomado de (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Inyectores GDI. Los inyectores automotrices son componentes esenciales en el sistema de combustible de un vehículo, encargados de rociar con precisión la cantidad adecuada de combustible en los cilindros del motor. Responden a señales eléctricas de la unidad de control del motor (ECU), manteniendo una mezcla aire-combustible óptima. (Autoland, 2021)

Los inyectores en sistemas de Inyección Directa de Gasolina (GDI, por sus siglas en inglés) son diseñados para rociar directamente el combustible en la cámara de combustión del motor.

Figura 20

Inyectores GDI

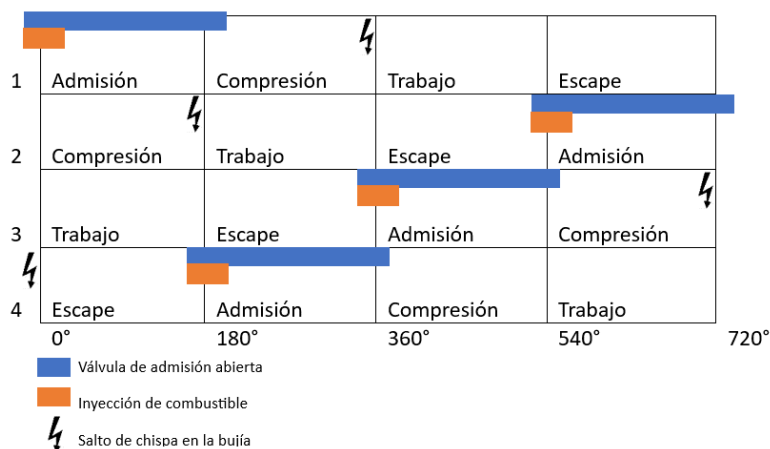


Nota. Inyectores GDI del vehículo de prueba. Transmisión. Tomado de (Autocasión, 2021)

Secuencia de inyección de combustible. Los sistemas de inyección electrónica multipunto pueden clasificarse atendiendo al número y forma de las inyecciones. Cuando éstas se producen sucesivamente en cada inyector, una tras otra, el sistema se denomina inyección secuencial. (Alonso, 2009)

Figura 21

Orden de encendido secuencial



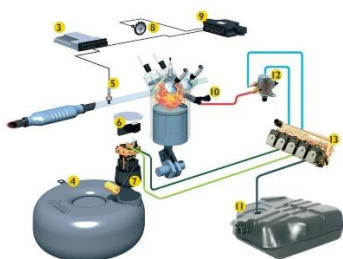
Nota. Diagrama de encendido de un motor secuencial de 4 cilindros de orden 1-3-4-2. (Alonso, 2009)

Sistema GLP

El sistema GLP, que corresponde a Gas Licuado de Petróleo, es un sistema de combustible alternativo utilizado en vehículos. Este sistema se caracteriza por utilizar gas licuado, compuesto principalmente por propano y butano, como fuente de energía en lugar de combustibles líquidos tradicionales como la gasolina o el diésel. (Lara, 2020)

Figura 22

Sistema GLP



Nota. Composición del sistema de gas licuado de petróleo. Tomado de (Lara, 2020)

ECU de GLP

Las computadoras de gas son las única ECU'S capaces de abrir cualquier inyector de gas con tiempos de inyección más corto, a través de pulsos más cortos, de modo que importa el tiempo de apertura de los inyectores. (GasContril ECUs for Gas Systems)

Tabla 1

Especificaciones técnicas ECU GLP

Especificaciones técnicas ECU GLP	
Tipo de gas y número de cilindros	LPG, CNG – 2,4 Cilindros
Carcasa	Metálico
Tensión de alimentación	10 -16V
Max corriente con actuadores apagados	≤ 0.5 A
Corriente máxima en espera	$\leq 50\mu$ A
Número de Driver de Inyectores	4 u
Válvula solenoide salida	2 u
Máxima corriente (para una sola salida)	4 A
Memoria Flash	256 kb
Velocidad del procesador (pll)	50 MHz
Peso	196 g
Dimensión	196mmx163mmx43 mm
Temperatura	-40°C – 120°C

Nota. Tomada de (Landi Renzo, s.f)

Actuadores GLP

Los actuadores GLP en un vehículo se refieren a componentes específicos del sistema de combustible basado en Gas Licuado de Petróleo. Estos actuadores desempeñan un papel

clave en el control y la gestión del suministro de gas al motor, asegurando una inyección precisa y eficiente de GLP en la cámara de combustión. (Mejia, 2015)

Figura 23

Sistema de conversión de GLP



Nota. Componentes del sistema GL; 1) ECU, 2) reductor-evaporador, 3) filtro de gas, 4) conmutador, 5) inyector. (Landi Renzo, s.f.)

Inyectores de Gas. Los inyectores de GLP (Gas Licuado de Petróleo) son componentes fundamentales en los sistemas de combustible diseñados para vehículos que utilizan GLP como combustible. Estos inyectores tienen la responsabilidad de liberar de manera controlada y precisa el gas licuado en la cámara de combustión del motor.

Figura 24

Inyectores de Gas LANDI



Nota. Riel de 4 inyectores el sistema de GLP de 5ta generación. Tomado de (Hybrid Supply, s.f.)

Tabla 2*Especificaciones de los inyectores de GLP*

Especificaciones técnicas riel de inyectores GLP	
Tipo de gas	LPG, CNG
Tipo de inyector	Normalmente cerrado
Entrada de gas	Alimentación lateral
Presión de trabajo	0,8 – 4,5 bar
Presión de prueba	10 bar
Resistencia de la bobina	1.084 Ω
Pico de corriente	7A
Corriente en la fase de retención	1,5 A
Tensión de trabajo	9/16 V
Tiempo de apertura	1.8 ms
Tiempo de cierre	1,5 ms
Temperatura de funcionamiento	40°C/120°C
Linealidad	+/- 8%
Repetibilidad	+/-9%

Nota. Tomada de (Landi Renzo, s.f)

Reductor-evaporador GLP. El Reductor convierte el GLP líquido del depósito en GLP vaporizado a una presión adecuada para el motor del vehículo ($1,0 \pm 0,1$ bar). Posee una electroválvula que interrumpe el flujo de GLP cuando el motor está apagado (funciona en gasolina) o cuando la temperatura del reductor no es suficiente para garantizar la vaporización. (Mejia, 2015)

Figura 25*Reductor-evaporador GPL*

Nota. En la imagen se observa un reductor-evaporador del sistema de inyección GPL. Tomado de (Herranz, 2017).

Tabla 3*Especificaciones técnicas del Reductor LI10.*

Especificaciones técnicas de Reductor Landi Renzo LI 10	
Tipo	Membrana de una fase
Dimensiones	183x168x90 mm
Peso	1,5 kg
Caudal nominal de funcionamiento	40 kg/h
Temperatura de funcionamiento	-20 ÷ 120 °C

Especificaciones técnicas de Reductor Landi Renzo LI 10

Presión de la válvula de seguridad relativa a la presión de calibración	4 bar
Presión relativa de funcionamiento	0,95 bar (LI10) / 1,2 bar (LI10M)
Propiedades de la bobina eléctrica EV	12 V – 11 W
Voltaje de alimentación	Valor nominal 12 V (8 ÷ 16 V) (La conexión puede ser diferente dependiendo del modelo de regulador de presión.)
Conexión de entrada de gas	6 mm – M10x1 mm / 8 mm – M12x1 mm
Diámetro Salida (gaseosa)	14 mm
Conexión de refrigeración	16 mm (La válvula puede ser diferente dependiendo del modelo de regulador de presión.)
Conexiones vacío / presión	5 mm

Nota. Tomado de (Landi Renzo, s.f.)

Sensores GLP

Sensor de Presión del GLP. Monitorean la presión del gas en el sistema GLP.

Transforma un parámetro análogo que en este caso es la presión en una tensión de voltaje que se envía a la ECU de GLP. (Mejia, 2015)

Este sensor es de tipo integrado, encargándose de medir la temperatura del GLP además de la presión del vacío del múltiple de admisión.

Figura 26

Sensor de presión del GLP



Nota. Sensor de presión del sistema GLP. Tomado de (LPG Shop, s.f.)

Tabla 4

Especificaciones técnicas del sensor MAP de GLP.

Especificaciones técnicas del sensor MAP AEB	
Número de conexiones	2 de presión de gas con un diámetro de 12 milímetros y dos conexiones de vacío con un diámetro de 5 milímetros.
Presión máxima de trabajo	6.75 bar
Vacío de trabajo	4.5 Bar
Sensor de temperatura del gas	4.7 kΩ

Nota. Especificaciones técnicas del sensor MAP AEB TIPO MP01 MP12T. Tomado de (Landi Renzo, s.f.)

Sensor de Temperatura del refrigerante del motor en GLP. Miden la temperatura del refrigerante del motor mediante una conexión, para la activación del reductor-vaporizador.

(Mejia, 2015)

Figura 27

Sensor de temperatura del motor en GPL



Nota. Sensor ECT usado en el sistema GPL. Tomado de (Digitronicgas, 2019)

Tabla 5

Especificaciones técnicas del sensor de refrigerante del motor en GPL

Especificaciones técnicas del sensor de refrigerante del motor en GPL	
Peso	71 g
Conexión de tubo	15 mm
Tipo de sensor	4.7 Ohm
Conector	IP 54
Tipo	SICMA 2

Nota. Tomado de (Landi Renzo, s.f.)

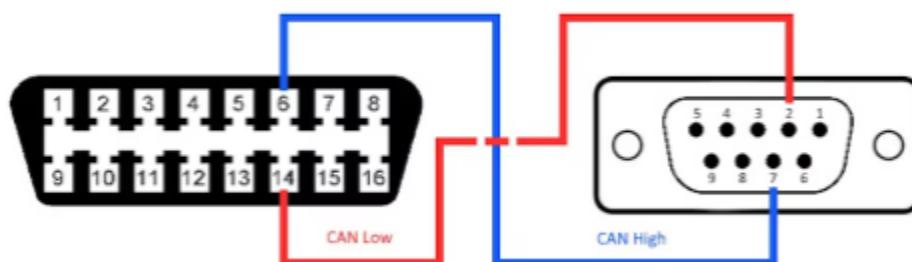
Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación son un conjunto de reglas y pautas de comunicación entre el bloque de datos de la ECU y los usuarios, reflejando estos datos en un dispositivo de visualización. (Rodríguez, 2019)

El sistema de diagnóstico a bordo, conocido como OBD (On Board Diagnostics), se utiliza en vehículos como automóviles, autobuses y camiones. En la actualidad, se aplican estándares específicos como OBD-2 en Estados Unidos, EOBD en Europa y JOBD en Japón. Estos estándares proporcionan un monitoreo exhaustivo y control del motor, así como de otros dispositivos del vehículo. (Geotab, 2020)

Figura 28

Puerto OBD II



Nota. Indica la conexión correcta de un puerto OBD II Tomado de (Maloy, 2024)

Protocolo ISO 9141

La norma ISO 9141-2 es un protocolo de comunicación utilizado en la industria automotriz para facilitar la interacción entre vehículos y sistemas electrónicos de diagnóstico. El protocolo ISO 9141-2 define dos modos de comunicación: modo de inicialización modo 1 y el modo de transferencia de datos modo 2.

En el modo de inicialización, el vehículo y el equipo de diagnóstico establecen la comunicación, mientras que, en el modo de transferencia de datos, se intercambian datos específicos de diagnóstico.

Protocolo ISO 14230

La norma ISO 14230, define varios modos de comunicación, incluidos modos de inicialización y modos de transferencia de datos. El modo de inicialización se utiliza para establecer la comunicación, mientras que el modo de transferencia permite la transmisión de datos específicos de diagnóstico, además, es compatible con las regulaciones OBD-II, lo que permite a los técnicos de servicio y propietarios de vehículos acceder a información de diagnóstico de manera eficiente.

Protocolo SAE J1850 VPW

El protocolo SAE J1850 VPW este protocolo facilita la comunicación a través del conector OBD-II, utilizando una interfaz eléctrica basada en la variación del ancho de pulso (VPW) en la señal de datos. Se aplica para acceder a datos de diagnóstico del motor y otros sistemas asociados, siendo compatible con las regulaciones OBD-II y permitiendo la comunicación bidireccional entre los sistemas del vehículo y las herramientas de diagnóstico.

Protocolo ISO CAN Bus 1725 (15765-4)

El protocolo ISO CAN Bus 1725, tiene cuatro parámetros importantes de transmisión de información, el pin 5 es el cable de tierra o masa, pin 6 -H es la transmisión de datos a alta velocidad, mientras que el 14-L es el de baja velocidad, para conocer las condiciones del vehículo con un flujo de datos en tiempo real. (Chavez, 2016)

Osciloscopio automotriz

Un osciloscopio automotriz es un instrumento que permite visualizar y estimar en tiempo real diferentes parámetros de señales eléctricas, como la frecuencia, el periodo, la amplitud, los valores máximos y mínimos. (Autosoporte, 2021)

Figura 29

Osciloscopio automotriz



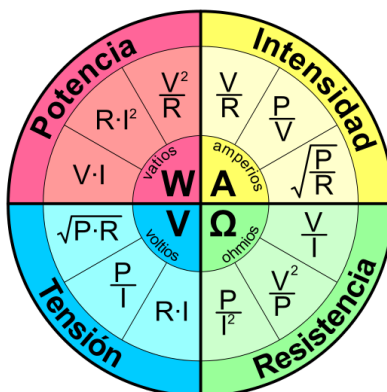
Nota. (Launch Paraguay, s.f.)

Ley de Ohm

La ley de Ohm establece la relación entre las magnitudes eléctricas que se encuentran en un circuito eléctrico, Según (Hernández, 2015) a la Ley de Ohm se puede integrar la potencia de modo que se obtiene un círculo de fórmulas de relación potencia, resistencia, tensión e intensidad de corriente.

Figura 30

Círculo de la Ley de Ohm que incluye a la potencia.



Nota. Representación gráfica de la ley de Ohm incluyendo la potencia. Tomado de (Hernández, 2015)

Parámetros característicos de sensores y actuadores

Tabla 6

Parámetros característicos de sensores y actuadores del vehículo de prueba.

S/A	Señal	Color cable	Tensión (Voltaje)
Knock	Tensión de señal	Br /Y	Aprox. 4.3 V.
	Tensión de masa	Wh/Bk	Menos de 1 V.
Sensor integrado de temperatura y presión absoluta del colector	Tensión señal de temperatura	Br/G	20°C. 2.4 – 2.6 V. 30°C. 1.7 – 1.9 V.
	Tensión señal de MAP	G /Wh	Interruptor de encendido ON. Aprox.1.9 V. Inactiva (Después del calentamiento). Debajo de 1 V.
Sensor integral MAF/IAT	Tensión de referencia	Y/G	Aprox. 5 V.
	Tensión de masa	Br /Wh	Menos de 1 V.
Sensor integral MAF/IAT	Tensión de masa IAT	Br /L	Menos de 1 V.
	Tensión de señal MAF	Wh/R	Interruptor de encendido ON. Aprox.0.7 V. Inactiva. Aprox. 1.3 V.
Sensor integral MAF/IAT	Tensión masa MAF	Bk	Menos de 1 V.
	Tensión de señal IAT	Wh/L	20°C. 2.4 – 2.6 V. 30°C. 1.7 – 1.9 V.
Sensor integral MAF/IAT	Tensión de referencia	G /L	Voltaje de batería.

S/A	Señal	Color cable	Tensión (Voltaje)
CMP	Tensión de referencia	Y/G	Voltaje de batería.
	Tensión de señal	Wh	Aprox. 0 – 5V.
	Tensión de masa	Br /Wh	Menos de 1 V.
CKP	Tensión de referencia	G /O	Voltaje de batería
	Tensión de señal	G /Bk	Aprox. 0 – 5 V.
	Tensión de masa	Bk	Menos de 1 V.
ECT	Tensión de señal	Wh/R	20°C. 3.04 – 3.14 V. 60°C. 1.29 – 1.39 V.
	Tensión de masa	Br /R	Menos de 1 V.
HO2S	Tensión de masa	Br	Menos de 1 V.
	Tensión de señal	Wh	Ideal 0 – 1 V.
	Tensión de referencia	G /Bk	Voltaje de batería
	Tensión control de calefactor	Bk/R	Voltaje de batería (no funciona por encima del 5000 rpm)
	Tensión de activación	L/O, Lg/Bk, Wh/L, Bk/Wh	5 V
Bobina de encendido	Tensión de masa	Bk/L	Menos de 1 V.
	Tensión de referencia	G	Voltaje de Batería
	Tensión de control de masa	G /R, G /Wh, G /L, G /Y	Aprox. 0 – 120 V
	Tensión de referencia	Bk/R, Bk/ Wh, Bk/L, Bk/ Y	Voltaje de batería

Nota. La presente tabla muestra parámetros referenciales para la comparativa de los datos obtenidos en tiempo real mediante osciloscopio. Basado en el manual de servicio de Mazda (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Base numérica (K) del tiempo de inyección

Es el valor que se coloca en el mapa de gas para calcular el tiempo de inyección, es el único valor que es el único elemento que se incorpora para el cálculo personalizado para cada vehículo (Unidad Operativa ECC- GNV, 2022)

Tabla 7

Base numérica (K) del tiempo de inyección

Base numérica (K)	Descripción
= 128	T iny.GLP= T iny. Gasolina
<128	T iny.GLP > T iny. Gas
> 128	T iny.GLP <T iny. Gas

Nota. Valor referencia para la configuración personalizada del mapa de gas de acuerdo con el tiempo de inyección. Tomado de (Unidad Operativa ECC- GNV, 2022)

Capítulo III

Propuesta de análisis de la gestión electrónica de la tecnología de quinta generación del sistema de gas licuado.

La gestión electrónica en el sistema de inyección de combustible es un factor importante para la eficiencia, rendimiento y reducción del impacto ambiental del proceso de combustión de los motores, esta ha generado una revolución sobre el suministro de la mezcla combustible-aire, debido a que en los procesos del sistema de inyección de combustible como son la dosificación y la entrega de combustible es gestionada mediante el conjunto de los sensores, unida de control de motor (ECU) y los actuadores, que son los encargados de trabajar en conjunto para garantizar una combustión eficiente y controlada, gestionando así las condiciones de operación del motor.

El funcionamiento de la gestión electrónica de la inyección de combustible se basa en la recopilación de información en tiempo real o datos vicos sobre las condiciones de operación del motor, esto incluye la demanda de potencia y el ajuste continuo que debe existir sobre la cantidad de combustible-aire que debe ingresar al motor, al igual que el momento de la inyección de combustible para optimizar el rendimiento.

Los sensores son los encargados de recopilar la información crucial acerca de las variables de operación del motor, de modo que esta información sea enviada a al ECU y esta procese la información empleando algoritmos de control, para calcular la cantidad y el momento preciso de la inyección, esta decisión tomada por la ECU se efectúa mediante los actuadores del sistema.

Al momento de emplear otro tipo de combustible este proceso debe ser similar, con los nuevos sensores, ECU y actuadores que forma el nuevo sistema de inyección de combustible,

es decir a pesar de convertirse en un sistema dual, cada uno de los sistemas de inyección electrónica de combustible se aíslan unos a otros.

Programas utilizados

Para el desarrollo de la investigación se instaló programas, para el proceso de la obtención de flujo de datos y configuración personalizada del mapa de gas.

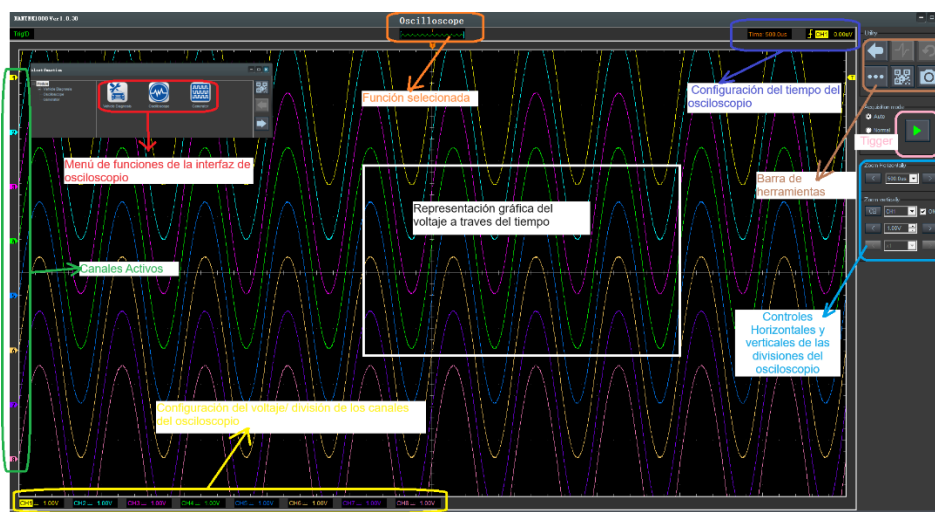
Interfaz de osciloscopio

La interfaz de osciloscopio es un dispositivo utilizado para medir y visualizar señales eléctricas en tiempo real en una computadora a través del puerto OBDII. El programa asociado a este osciloscopio suministra dos métodos de instalación:

- CD: en el disco compacto se encuentra el instalador del programa.
- Código QR: Al escanear se obtiene una dirección electrónica para descargar el programa del sitio oficial.

Figura 31

Estructura de la interfaz de osciloscopio.

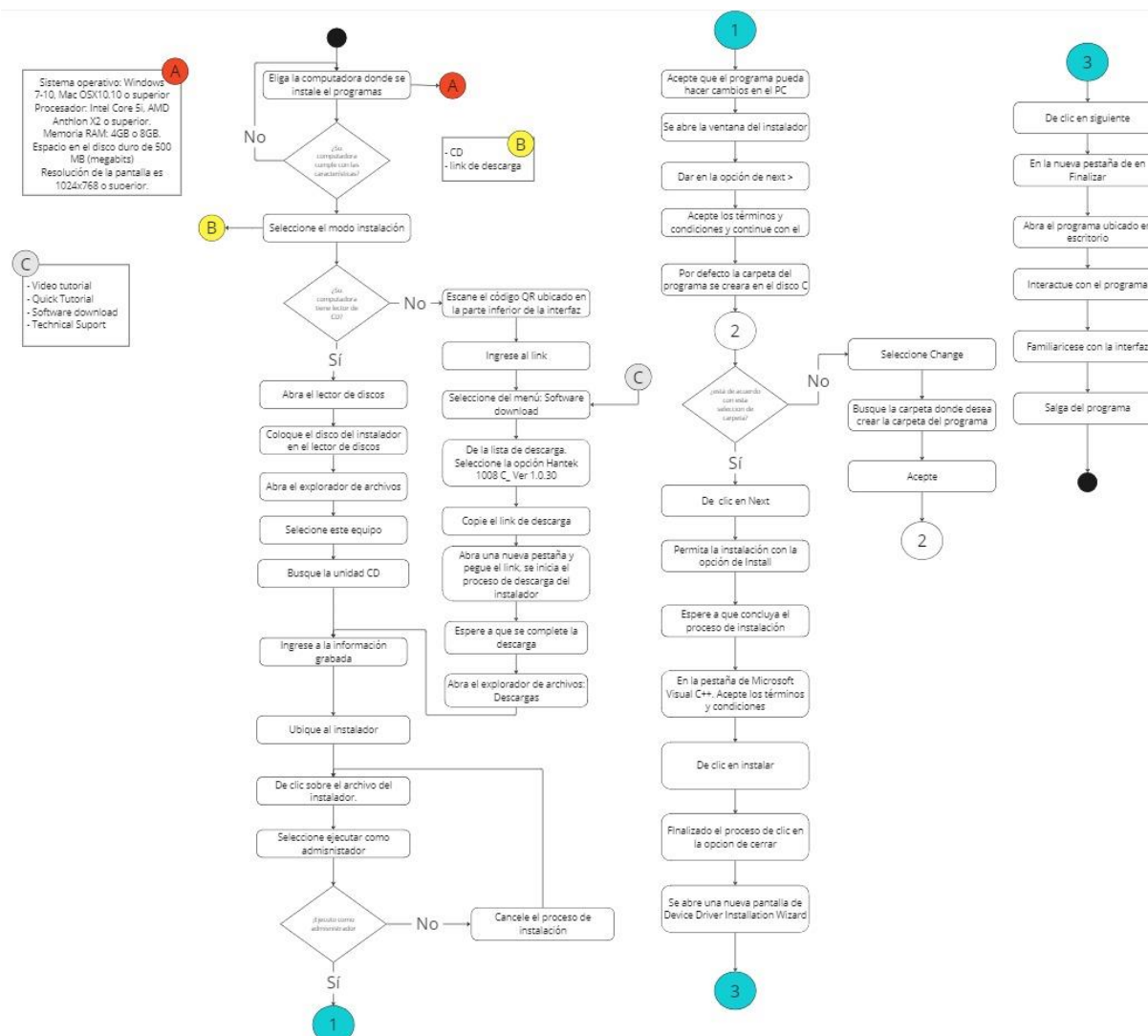


Nota. Interfaz de osciloscopio partes del entorno del programa.

El diagrama de flujo describe la instalación de la interfaz de osciloscopio.

Figura 32

Diagrama de flujo de la instalación del programa de interfaz de osciloscopio



Nota. Se detalla todo el proceso que debe llevarse a cabo a la hora de instalar el programa de la interfaz del osciloscopio que se empleara posteriormente.

Mapa de gas

Para realizar la configuración de la gestión electrónica de la ECU de GLP en el vehículo de prueba, es necesario emplear el un factor de multiplicación que relacione el tiempo de

Protocolo de obtención de datos en real

Osciloscopio

Para la toma de datos y obtención de información acerca de la gestión electrónica de la tecnología de quinta generación del sistema de gas licuado de petróleo, es necesario basarse en los protocolos existentes para motores de combustión interna de gasolina, de modo que se consideró lo establecido por la Organización de Internacional de normalización (ISO) , a través del sistema OBD II, para conocer la interacción entre el vehículo y los componentes externos, de modo que se pueda comprobar los datos obtenidos a través de osciloscopio, para obtener este intercambio de información que establece los protocolos usados.

El protocolo de obtención de datos basado en los protocolos de comunicación de la ISO, SAE Y EPA establecen tres elementos importantes

- Vehículo
- Medio de obtención de información (OBD II)
- Interfaz donde se muestra la información del flujo de datos

Cumpliendo con este requerimiento, en esta investigación se desarrolló un método que cumpla con estas características.

- Vehículo
- Puntas de osciloscopio e Interfaz de osciloscopio
- Computador con el software de la interfaz de osciloscopio

A través de esto se puede generar el siguiente método de obtención de datos:

1. Identificación del diagrama eléctrico de los sensores, actuadores que participan en la gestión electrónica del sistema de inyección de combustible.

2. Identificación de la ubicación de los componentes del sistema a evaluar (actuadores y sensores)
3. Conexión de las puntas del osciloscopio a la interfaz de osciloscopio, en el caso de sensores y actuadores que superen un rango de tensión de 0-100V, es necesario la utilización de un atenuador 20:1
4. Conexión del cable de comunicación de la interfaz al computador
5. Ingreso al software de la interfaz de osciloscopio, mediante el uso de una laptop o computadora (Windows 7/8/10, Core i5, 8GB, 5GB de espacio, puerto USB 2.0)

Figura 34

Ingreso al programa de la interfaz del osciloscopio.

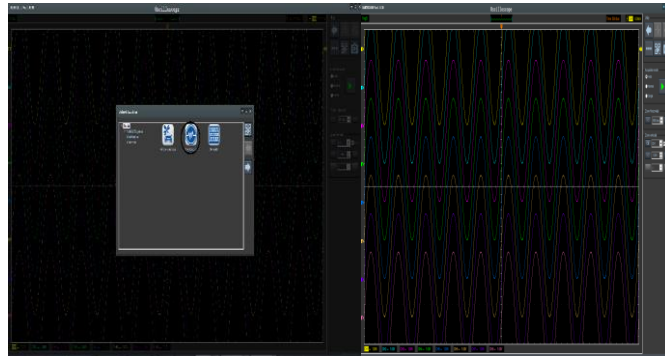


Nota. Software de la interfaz de osciloscopio.

6. En el programa del osciloscopio, de tiene 3 opciones:
 - Diagnóstico del vehículo: En esta opción tiene oscilogramas característicos de sensores, actuadores que son comparados con las obtenidas al conectar las puntas de osciloscopio a los sensores/ actuadores (Ss/As).
 - Osciloscopio: Es la elección más apta para obtener oscilogramas de los sensores y actuadores, ya que permite observar 8 canales a la vez.
 - Generador: Puede generarse señales de pulso para la activación de sensores/ actuadores.

Figura 35

Configuración de la interfaz del osciloscopio

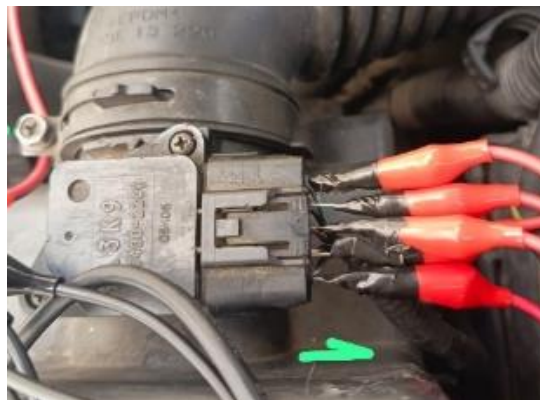


Nota. La parte izquierda de la imagen, inicio del software de la interfaz del osciloscopio, mientras que la derecha se encuentran los 8 canales que el osciloscopio permite observar al mismo tiempo.

7. Las conexiones de las puntas de osciloscopio al sensor/actuador (S/A) es a través cable de color R hacia el cable del sensor o actuador, mientras el cable Bk se coloca a una masa o tierra del vehículo.

Figura 36

Conexión de las puntas de osciloscopio al S/A (ejemplo)



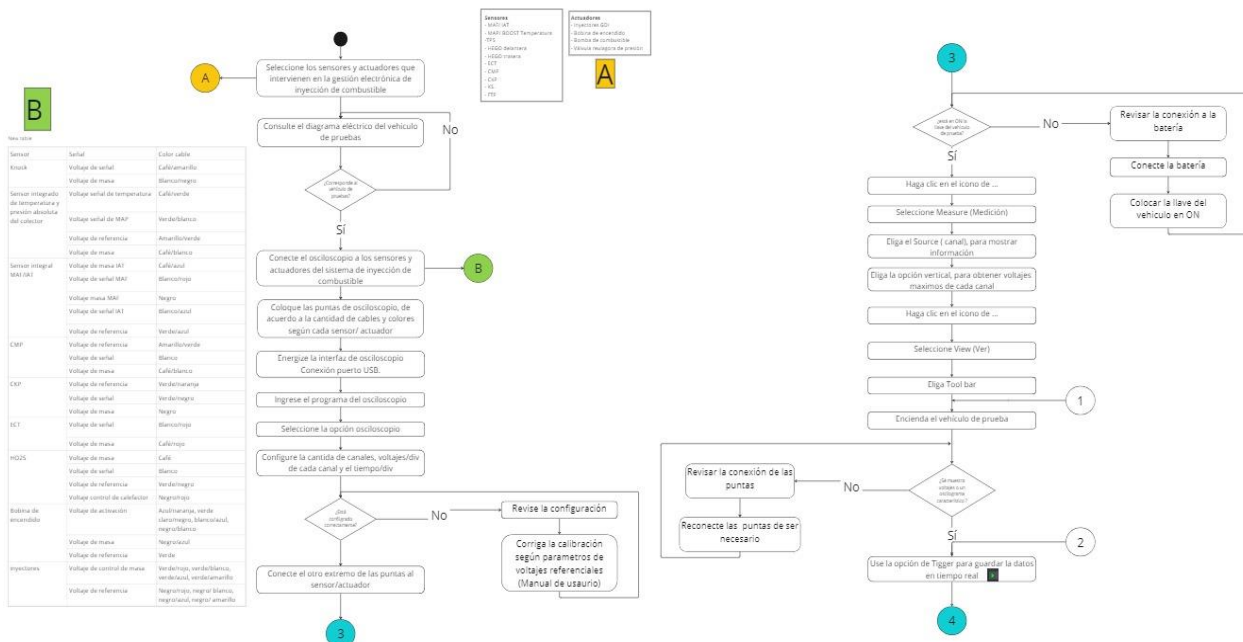
Nota. La imagen representa el método de conexión de las puntas de osciloscopio al sensor/actuador que se debe emplear en cada prueba que se emplee el osciloscopio.

8. El tiempo y tensión en el programa son modificables según la necesidad de cada S/A, es decir, el valor máximo de tensión o la duración del ciclo.
9. El oscilograma obtenido puede congelarse, mediante la opción de TIGGER, con el fin de guardar la información obtenida acerca del mismo.
10. Con la barra de herramientas del software, la información de cada canal es guardada en:
 - Archivo txt: Valores de tensiones obtenidos a través del tiempo de análisis, indica la cantidad de líneas que posee el archivo, al igual que posee un encabezado de descripción.
 - Archivo pdf: Reporte de los canales, oscilograma, fecha, tiempo del S/A analizado.
 - Archivo BMP: Imagen del oscilograma obtenido, en otras palabras, captura de la tensión en función del tiempo del S/A.
11. Por cada S/A que interviene en la gestión electrónica de inyección de combustible en un motor GDI, es el mismo procedimiento por seguir, pero es necesario la desconexión de las puntas después de acabar la obtención de datos en tiempo real.
12. Al finalizar el proceso, cierre el programa de la interfaz del osciloscopio; desconecte la punta de osciloscopio totalmente, retirar el cable de la comunicación entre el osciloscopio y la computadora, guardar el equipo.

El proceso de la obtención de los datos en tiempo real mediante el osciloscopio se resume en diagrama de flujo, en el mismo se explica de forma detallada el proceso que se realizó para la obtención de los datos del conjunto que conforma la gestión electrónica del sistema de inyección electrónica de combustible, de modo que se estandariza el proceso a emplear en cualquier tipo de combustible, en este caso GLP

Figura 37

Diagrama de flujo para la obtención de datos en tiempo real con osciloscopio



Nota. Diagrama de flujo del proceso de obtención de datos en tiempo real, mediante el osciloscopio en base de protocolo de ISO. Por lo extenso que es el diagrama de flujo, se coloca una parte del mismo.

Scanner Automotriz

El escáner automotriz emplea diferentes protocolos de comunicación para acceder a la información que se encuentra en la ECU, mediante el uso de conector OBD II, en el caso del vehículo de prueba se tiene el protocolo de comunicación CAN Bus, específicamente el protocolo ISO 15765-4 (1725) CAN Bus (Controller Area Network), logró así una transmisión de datos en tiempo real con una velocidad de funcionamiento de 500 Kbps a alta velocidad y 125 Kbps en una baja velocidad, consiguió transmitir datos críticos para el tiempo, como son datos de los sensores del motor y señales de control, incluyendo la transmisión de datos no críticos.

Para la obtención de la información de los datos en tiempo real empleando este protocolo de comunicación de OBDII el vehículo de prueba, se empleó un Escáner con conexión bluetooth. Mediante el método descrito a continuación:

Figura 38

Partes del escáner automotriz



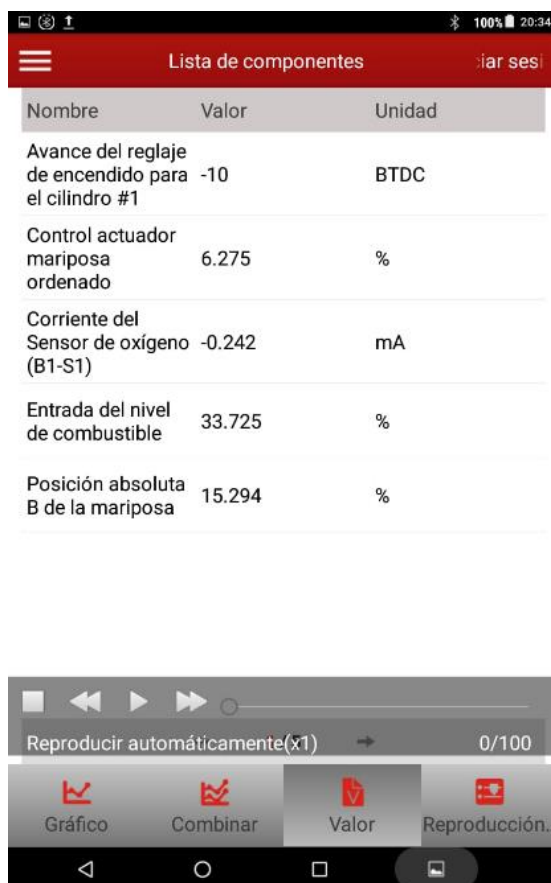
Nota. 1. Escáner 2. Módulo de conexión Bluetooth 3. Conector OBDII del escáner.

1. Ubique el conector OBD II en el vehículo de prueba
2. Conecte el conector del escáner hacia el OBD II, observar que el módulo de conexión Bluetooth se encienda, debido a la energización procedente del conector
3. Poner el vehículo de prueba en contacto
4. Ingresar a la aplicación del escáner para leer información acerca del vehículo.
5. Elegir el modo de ingreso a la obtención de la información. Un escáner automotriz posee dos métodos de ingreso a la información de la ECU:
 - 5.1. E-OBD: Usa los protocolos de comunicación desarrollados por la SAE, ISO; mediante correctos y fallas, en otras palabras, se comparan los protocolos del escáner y el del vehículo, en caso de desconocer información acerca del vehículo de prueba.

- 5.2. Por la procedencia: clasificada en europea, asiática, chinas, americanas, en el caso del vehículo de pruebas se usa la asiática y la marca, modelo, fecha, año.
6. Al obtener un correcto mediante el protocolo de comunicación, la información del vehículo se muestra en la pantalla, esta incluye DTC (Código de diagnóstico del problema), tipo de encendido, flujo de datos apoyados, tipo de protocolo. Coloque OK.
7. En la información que se despliega es necesario elegir entre las opciones del menú, estas son:
- Preparacion de I/M de lectura
 - Lectura de datos en tiempo real; congelación de fotogramas; código de problema: Permite leer valores de datos de diferentes S/A.
 - Purga codigo del problema: Sirve para borrar el DTC presentes en el sistema
 - Los resultados de prueba: La prueba de mañana de a bordo: Es una opción que se ocupa para probar algunos sistemas.
 - Informacion del vehiculo: El escáner muestra la información sobre el VIN, Modelo, Marca, Año.
 - Controla la operación de componentes/ sistema de a bordo: Permite la alimentación a un ciertos componentes como ventilador para comprobar su funcionamiento.
8. La lectura de datos en tiempo real es la opción más recomendable para obtener información del sistema sobre los valores de los PID (Identificación de Parámetros) a través del tiempo. Da a conocer todo los sensores y actuadores que posee el sistema, y permite la selección de cada uno de estos componentes según la necesidad de análisis que se desea en este caso sobre los Ss/As que influyen en la gestión electrónica de la inyección de combustible.

Figura 39

Datos en tiempo real con escáner



Nombre	Valor	Unidad
Avance del reglaje de encendido para el cilindro #1	-10	BTDC
Control actuador mariposa ordenado	6.275	%
Corriente del Sensor de oxígeno (B1-S1)	-0.242	mA
Entrada del nivel de combustible	33.725	%
Posición absoluta B de la mariposa	15.294	%

Reproducir automáticamente(x1) 0/100

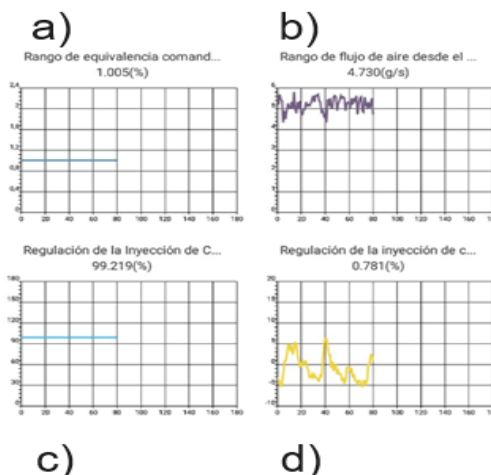
Gráfico Combinar Valor Reproducción...

Nota. La imagen representa la obtención de información dentro de la interfaz de un escáner automotriz.

9. La información mostrada es valores de PID o en gráficas. El escáner te da la opción de grabar este tipo de información, para después acceder a la misma mediante los informes existentes dentro del programa del escáner y posteriormente analizar.

Figura 40

Datos en tiempo real obtenido mediante el escáner automotriz



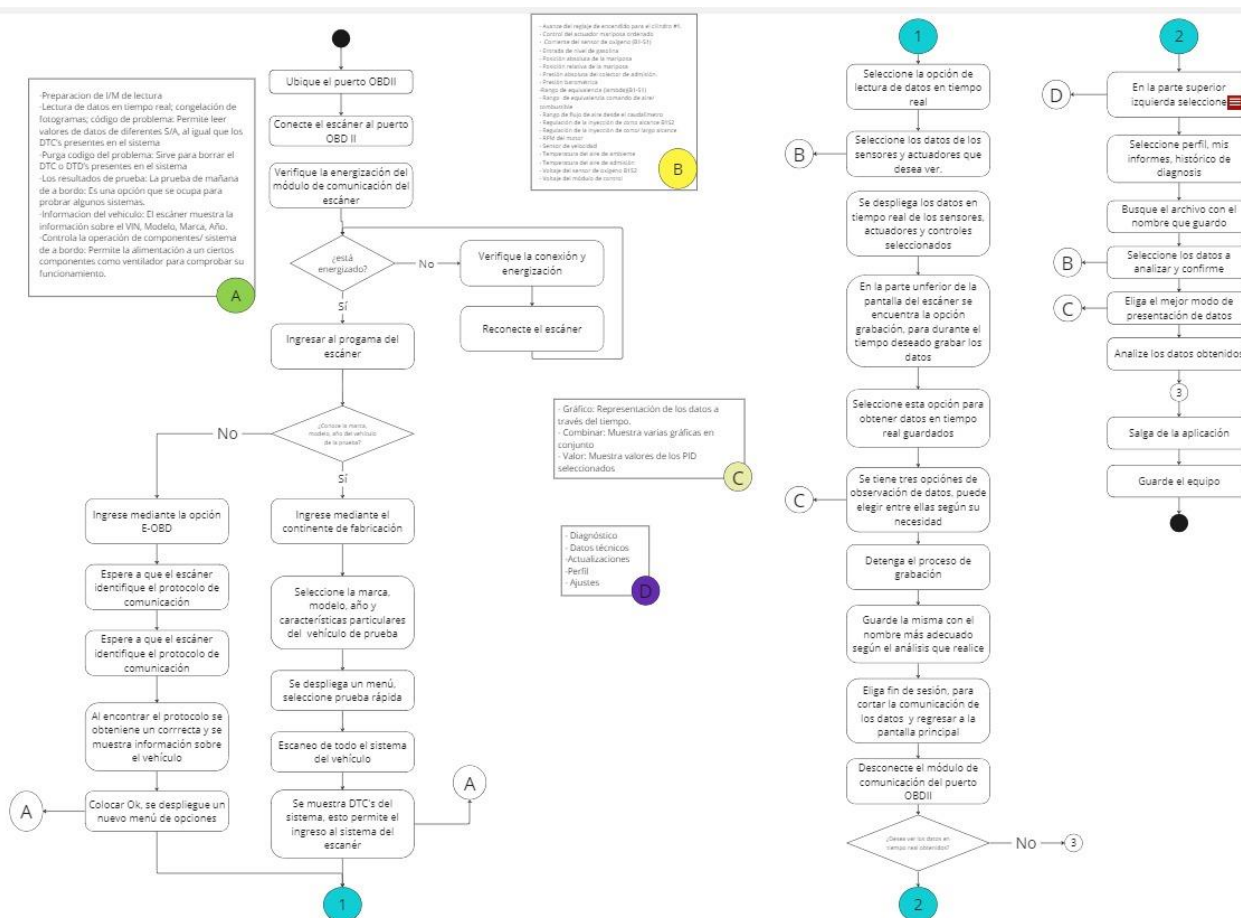
Nota. Grabación de datos en tiempo real, que se puede guardar en los informes del escáner, así obteniendo ya sea PID o graficas de este flujo de datos a través del tiempo para después analizar y comprar con parámetros característicos. a) Valor de lambda b) Valor del sensor MAF, c) Regulación de inyección a corto alcance B1S2, d) Regulación de la inyección de corto alcance banco 1.

10. Al finalizar el proceso de obtención de datos en tiempo real, es indispensable desconectar el escáner y apagar el vehículo de prueba.

El proceso de la obtención de los datos en tiempo real mediante el escáner automotriz, resumido en un diagrama de flujo, este diagrama se obtuvo a través del proceso de aprendizaje durante la obtención de datos en tiempo real en la gestión electrónica de inyección de gasolina, para así después usarlo en el proceso de investigación de la gestión electrónica del sistema de quinta generación de GLP y la inyección líquida de GLP.

Figura 41

Diagrama de flujo: obtención de datos con escáner



Nota. Diagrama de flujo del proceso de obtención de datos en tiempo real, mediante el escáner en base de los protocolos de la SAE, ISO.

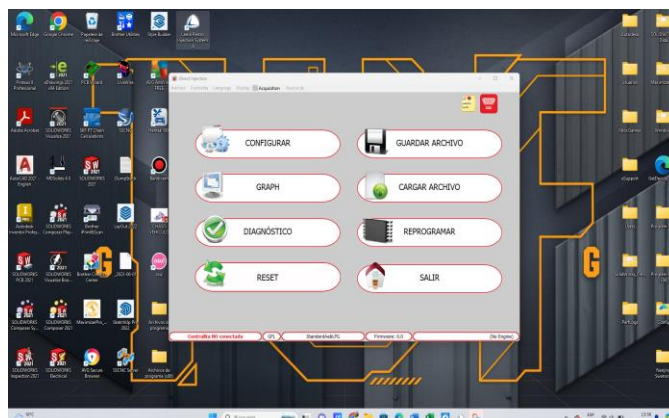
Configuración del mapa de gas y la gestión electrónica del sistema de GLP

Una vez conectada los elementos que conforman el sistema de conversión de GLP, es momento de empezar de la configuración de la ECU de GLP, para ello se debe conectar el conector de la computadora de gas, para emplear el programa LRIS, con el fin de generar así el mapa de gas, que es el encargado de determinar la apertura del inyector de GLP, para ello se debe realizar lo siguiente:

1. Conectar al puerto de comunicación de la computadora de GLP y a la laptop.
2. Ingresar al programa de LRIS; se mostró un menú de opciones.

Figura 42

Programa para la configuración del sistema

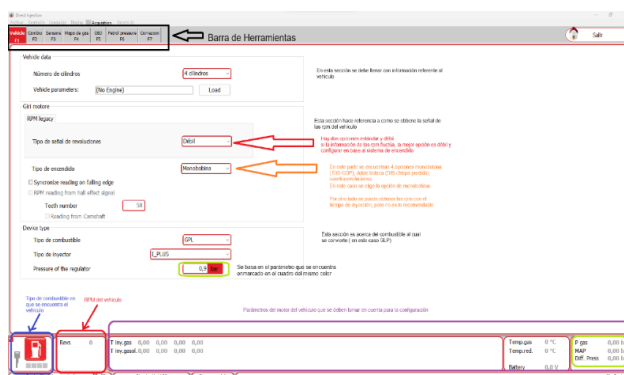


Nota. Menú de inicio del programa LRIS, para el inicio de la configuración del mapa de gas.

3. Seleccione la opción de configuración. Ingreso a la configuración del sistema, en la parte superior se encuentran las siguientes pestañas

Figura 43

Interfaz de la configuración del sistema de inyección de GLP



Nota. La figura muestra la interfaz de todos los parámetros en conjunto con explicación de la información que se muestra en el mismo.

3.1. Vehículo F1: Configuración de datos en base a la información del vehículo.

3.1.1. En la sección de vehicle data, es necesario elegir si el vehículo de prueba posee 3 o 4 cilindros, incluyen información característica del sistema si se posee.

3.1.2. Régimen de giro del motor, este apartado hace referencia a como obtiene la ECU de GLP, las revoluciones por minuto del motor (rpm del motor) a las que se encuentra el motor, en la configuración llevada a cabo se hace mediante la bobina de encendido del cuarto cilindro.

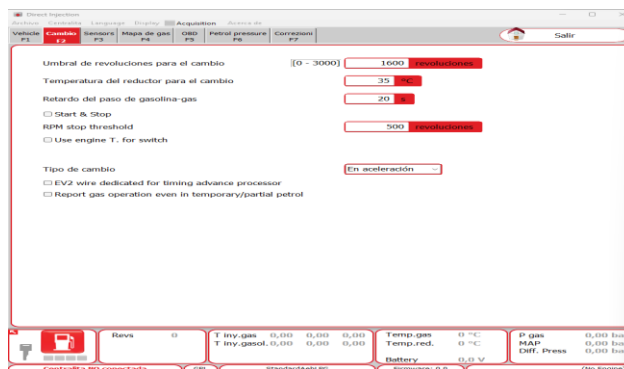
- Tipo de señal de revoluciones: débil o estándar, de acuerdo como varían las revoluciones se debe optar por la mejor opción, en este caso es la de débil.
- Tipo de encendido: Los tipos de encendido que posee el programa para la ECU, son: Monobobinas (sistema de encendido sin distribuidor por cada cilindro, DIS-COP), Doble bobina (Sistema de encendido sin distribuidor por chispa perdida, DIS-Chispa perdida), en el caso del vehículo de prueba es por monobobina.

3.1.3. Device type: el sistema es configurado mediante el tipo de combustible de GLP, con un tipo de inyector LANDI y una presión de regulador de 0,9 bar, la misma debe ser similar a la presión del gas que da el sensor MAP del vehículo, este parámetro se encuentra en la parte inferior derecha del programa.

3.2. Cambio F2: Sección de control del cambio mediante el conmutador, junto con sus respectivas configuraciones.

Figura 44

Configuración del cambio (condiciones de conmutación) entre los sistemas



Nota. Parámetros que se encuentran en la pestaña de cambio, con las condiciones que se deben conmutar el cambio entre la gestión electrónica de la inyección de combustible de gasolina y la gestión electrónica del sistema de 5ta generación de GLP.

- 3.2.1. Umbral de revoluciones para el cambio: es el valor en del rpm en que realiza el cambio mediante el conmutador, en 1600 rpm, en el vehículo de prueba.
- 3.2.2. Temperatura del reductor para el cambio: Es la temperatura mínima que el reductor debe alcanzar para permitir el paso de Gasolina a GLP, está configurado de 35°C.
- 3.2.3. Retardo del paso de gasolina-gas: Corresponde al tiempo en el que se realiza el cambio entre los dos sistemas, es decir, la duración necesaria para realizar la conmutación.
- 3.2.4. Tipo de cambio: En que condición se realizó la configuración para el cambio, de modo que puede ser mediante la aceleración para alcanzar los rpm antes establecidos o cuando el sistema se desacelera.
- 3.3. Sensores F3: Indicador del Nivel de gas de acuerdo con el tipo de sensor (Reserva: 19, ¼: 36, 2/4: 56, ¾: 69), incluido con los parámetros del sensor de presión del gas, esta se configura según la necesidad

Figura 45

Configuración del indicador de nivel de gas licuado de petróleo

The screenshot shows the 'Direct Injection' software interface. The 'Sensors' tab is selected, and the 'Mapa de gas F4' section is visible. The configuration includes a dropdown for 'Tipo de sensor del nivel GAS' set to 'AEB', input fields for 'Reserva' (216), '1/4' (162), '2/4' (115), '3/4' (56), and 'Nivel' (0). There is an unchecked checkbox for 'Enable strategy to recognize gas filling' and an input field for 'Level offset to recognize gas filling' set to 128. The 'Pressione' section shows a dropdown for 'Sensor de presión del gas' set to 'AEB025'.

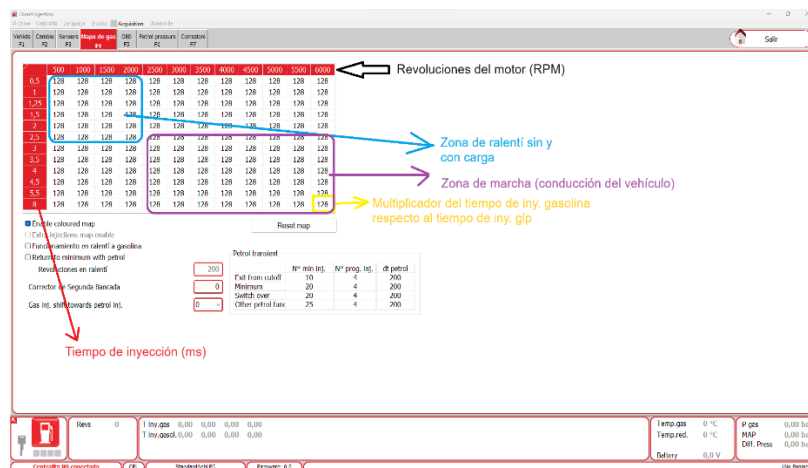
Nota. Parámetros de configuración del indicador de nivel de gas licuado de petróleo.

- 3.4. Mapa de gas F4: En este apartado, se encuentra el mapa de gas el cual es necesario configurar. Para ello es indispensable las siguientes condiciones:
- Tiempo de inyección de los inyectores gasolina
 - Condición de ralentí o carga o condición de marcha
 - ¿Qué tipo de transmisión posee el vehículo? En automático, se aplasta el freno y se coloca en posición de D

Esto indica la decisión de disminuir o incrementar el valor multiplicador dentro del mapa de gas en base al tiempo de inyección de gasolina, es por ello que mientras se realiza la configuración de gas se debe ir tomando en cuenta el valor del tiempo de inyección de gas y que este sea similar al modificar el multiplicador que se encuentra dentro del mapa, cambiando a solo gasolina y después a GLP

Figura 46

Configuración del mapa de gas



Nota. Parámetros que se debe configurar a la hora de realizar el mapa de gas al igual que las condiciones que se debe seguir.

4. La generación del mapa de gas debe ser comprobada mediante la conexión a OBD, con el fin de obtener información sobre el corrector de segunda y el corrector del sistema OBD, si los valores están similares, es decir, que está bien configurado.
5. Guardar la información y cerrar el programa de configuración, dando por finalizado el proceso.

Gestión electrónica del vehículo de prueba

Gasolina

El control electrónico de la inyección de combustible está conformado por tres partes importantes, los sensores, la ECU y los actuadores, este conjunto es el encargado de inyectar la cantidad correcta de combustible y aire.

de diagramas es importante a la hora de hablar de la gestión eléctrica del vehículo además de identificar los parámetros que ingresan a la ECU.

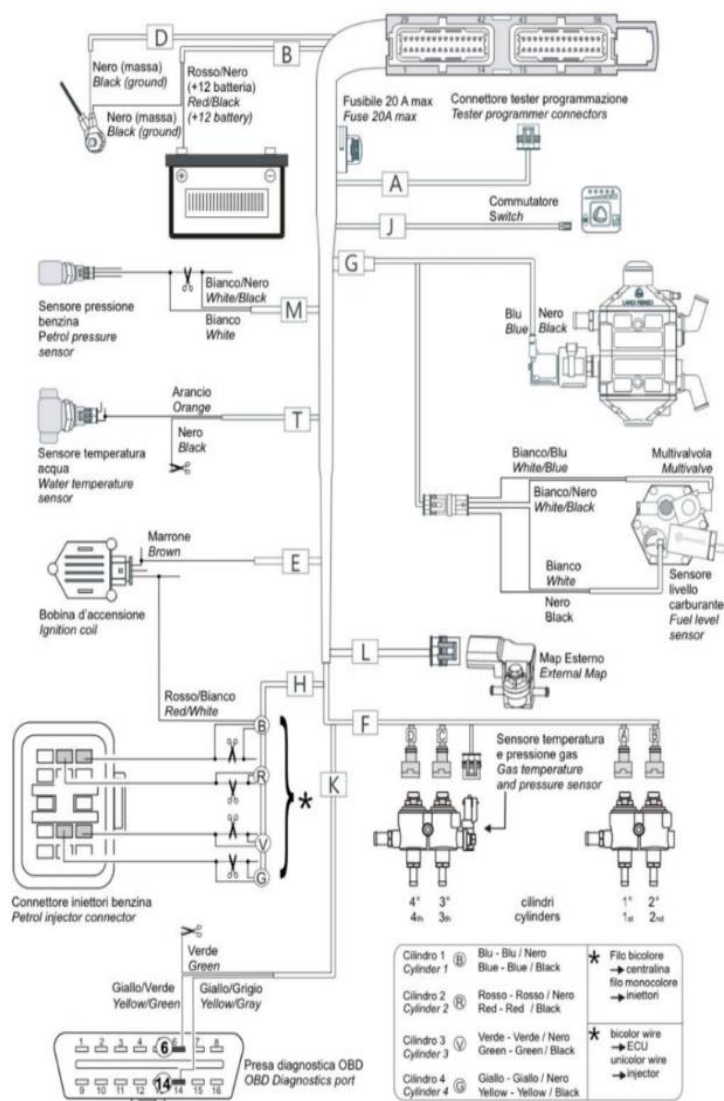
La gestión electrónica del vehículo de prueba se puede describir de la siguiente manera, los sensores que influyen en el sistema de inyección de combustible son:

- El sensor MAF es de tipo integrado, este también envía información del sensor IAT, es un componente de tipo de resistencia variable, dando una tensión de señal en ambos sensores, la ECU recibe voltajes después del proceso de conversión de datos análogos a digitales.
- El sensor MAP es el encargado de informar la presión del aire de colector de la admisión, junto con la temperatura del turbo (Sensor Boost), mediante tensiones de señales a causa de la resistencia variable interna que posee.
- El sensor TPS es el encargado de convertir la posición del estrangulador en un voltaje y enviar esta señal de información a la computadora.
- Los dos sensores de oxígeno: El sensor de HEGO antes del catalizador es uno de banda ancha que envía información acerca de valor de lambda, que es la relación de la mezcla estequiométrica que existe entre el aire y combustible, esta información es enviada a la ECU mediante tensiones eléctricas.
- En condiciones de funcionamiento con una temperatura de 80°C, por otro lado, cuando el sistema se encuentra debajo de la temperatura de funcionamiento óptimos, la computadora usa la información de la variación de voltaje del sensor ECT en la condición de arranque frío
- Con toda esa información la ECU a través de sus mapas (algoritmos) predeterminados, son los encargados de determinar en tiempo de apertura del inyector y el momento más adecuado para el avance al encendido.

Sistema de 5ta generación de GLP

Figura 48

Esquema eléctrico del sistema de 5ta generación de GLP



Nota: Esquema eléctrico del sistema de 5ta generación de GLP: sensores, actuadores, además de los pines de conexión de una ECU, al mismo tiempo indica las conexiones de los cables, junto con los colores de cada sensor/ actuador. El sensor de presión de GLP se encuentra integrado junto con el sensor MAP

El diagrama eléctrico del sistema de 5ta generación de GLP, esta conformados por elementos mecánicos como eléctricos para la conversión para un motor GDI en uno de GLP, de modo que esto conforma el conjunto de control electrónico de inyección de combustible de gas licuado de petróleo.

La gestión electrónica del sistema de 5ta generación de GLP está conformada por dos sensores principales, los cuales son mandan la información que deber ser procesada por la ECU a través del mapa de gas programado en la misma, de modo que se puede explicar de la siguiente manera la gestión electrónica del sistema de GLP.

- El sistema posee un sensor MAP y de temperatura que es el encargado de enviar convertir la información análoga sobre la presión del colector de la admisión y la temperatura del agua que se emplea para la evaporización del GLP, en un valor de tensión que este será conocido como tensión de señal, ambos sensores son del tipo resistencia variable por lo que realizan el mismo proceso de conversión de información análoga en voltaje
- Hay información de sensores y del sistema que se toma mediante una conexión realizada al puerto de diagnóstico OBDII del vehículo de prueba.
- Los sensores envían la información hacia la ECU para ser procesada mediante la configuración del mapa de gas, se determina el tiempo de apertura del inyector, pero este proceso se realiza después que el conmutador que se instala este en la posición de GLP, esto permite la alimentación hacia el sistema de GLP.
- La electroválvula que se encuentra en el mezclador y evaporizado es activada generando así la activación los inyectores reciben el control de masa para realizar la inyección de GLP y después el salto de chispa que en los motores de combustión interna de tipo OTTO es el encargado de generar el trabajo a través de la combustión de la mezcla.

- Un fusible de 20 A es el encargado de permitir la energización de los componentes eléctricos y electrónicos que conforman el sistema de 5ta generación de GLP, que tiene conexión con el positivo de la batería.

Elección de elemento de protección (amperaje del fusible). Para la elección del amperaje del fusible que forma parte del sistema de 5ta generación, se realizó el cálculo de la potencia de consumo total del sistema, además de tomar en cuenta que la alimentación del circuito está dada por la tensión de la batería de 14.5 V, siendo esta la tensión que se mantiene en el vehículo de pruebas durante el arranque y cuando el sistema este operativo.

Potencia de consumo total de los elementos del sistema. Para la obtención del consumo total del sistema de 5ta generación se necesita conocer las potencias individuales de los componentes eléctricos que conforman el mismo.

Tabla 8

Valores de Potencia de consumo del sistema de 5ta Generación GLP

Potencia de consumo por cada elemento					Potencia total consumo
Potencia	Potencia	Potencia	Potencia	Potencia	
ECU	Inyectores	sensor de	reductor-	Sensor	
	GIRS 12 11	ECT en GLP	evap	MAP	215.278 W
58 W	101.5 W	44.734 W	11W	0.0447W	

Nota. Valores de potencia de consumo individual y total de los elementos que conforman el sistema de 5ta generación. Ver Anexo 2

Intensidad de corriente total que posee el sistema. La obtención del valor de la intensidad de corriente que posee el sistema se realizó empleando la fórmula de la figura 30 de la ley de Ohm.

Tabla 9

Valor obtenido del amperaje del elemento de protección.

Potencia total de consumo	Intensidad de corriente del sistema
215.278 W	14.848A

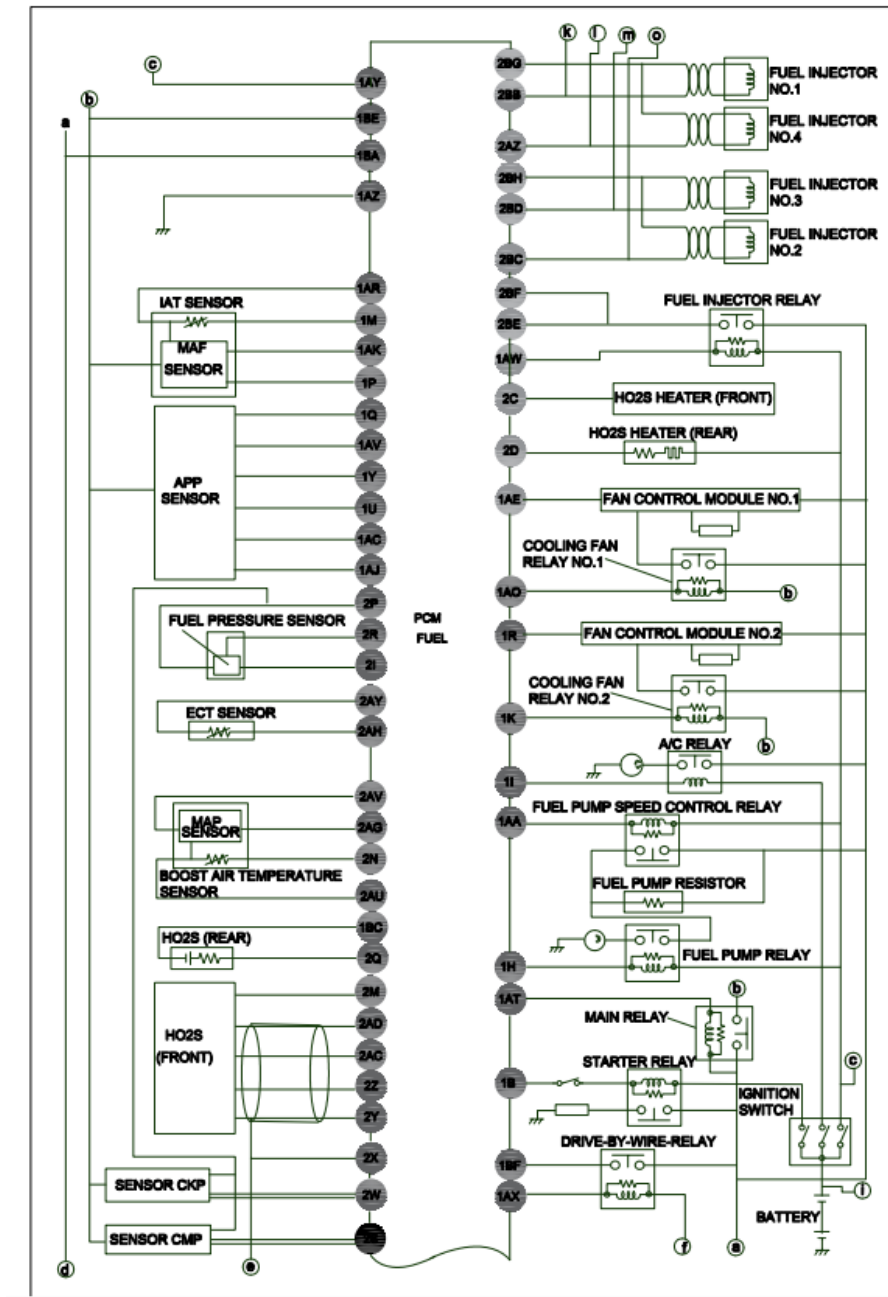
Nota. Valor obtenido de la intensidad de corriente del sistema de 5ta generación. Ver Anexo 2

La intensidad de corriente del elemento de protección (fusible) debe ser superior a la del sistema de 5ta generación, en otras palabras, según los cálculos la intensidad de corriente del sistema es de 14.848 A, la elección de elemento de protección se reduce a fusibles superior a 10 A, ya que al emplear este fusible se dañó por que la intensidad de corriente del sistema es mayor a la que soporta el fusible, de modo que, se tuvo dos fusibles a elegir entre 15 A y 20 A, tomando en cuenta que el valor de intensidad de corriente es un aproximado, como consecuencia de despreciar algunos elementos de consumo como los cables de conexión, el conmutador, el fusible de 15 A no fue el más óptimo, además de la variación del tensión, lo que incrementa la potencia de consumo y a su vez la intensidad, el fusible de 20 A fue la elección más recomendada, para proteger al sistema ante sobrecargas.

Gestión electrónica del sistema de 5ta GLP – Gasolina

Figura 49

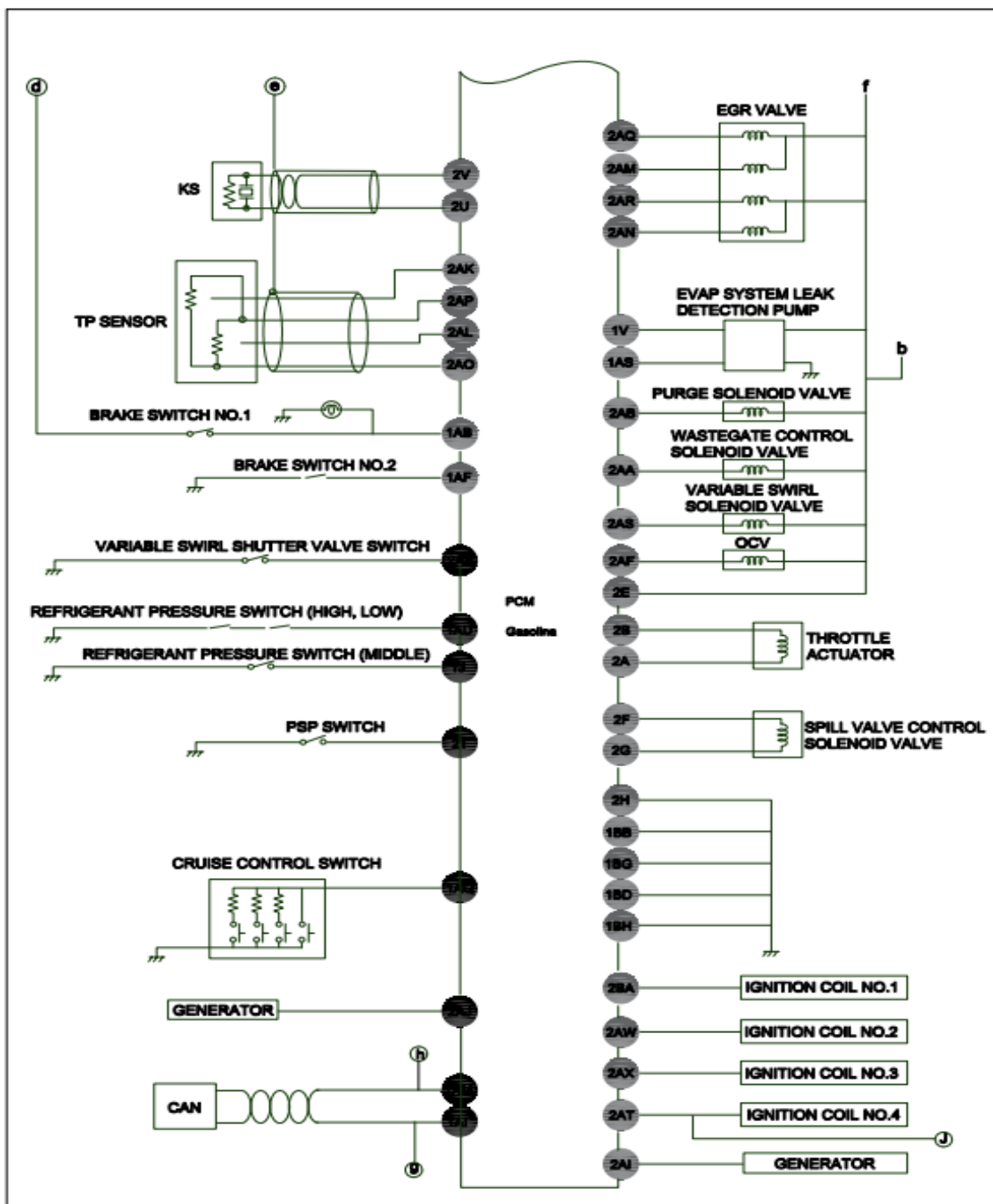
Diagrama eléctrico del control electrónico de inyección de combustible dual



Nota. El diagrama eléctrico del sistema en su condición dual se representa en tres páginas donde se observa las conexiones y la dependencia del sistema. Basado en (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Figura 50

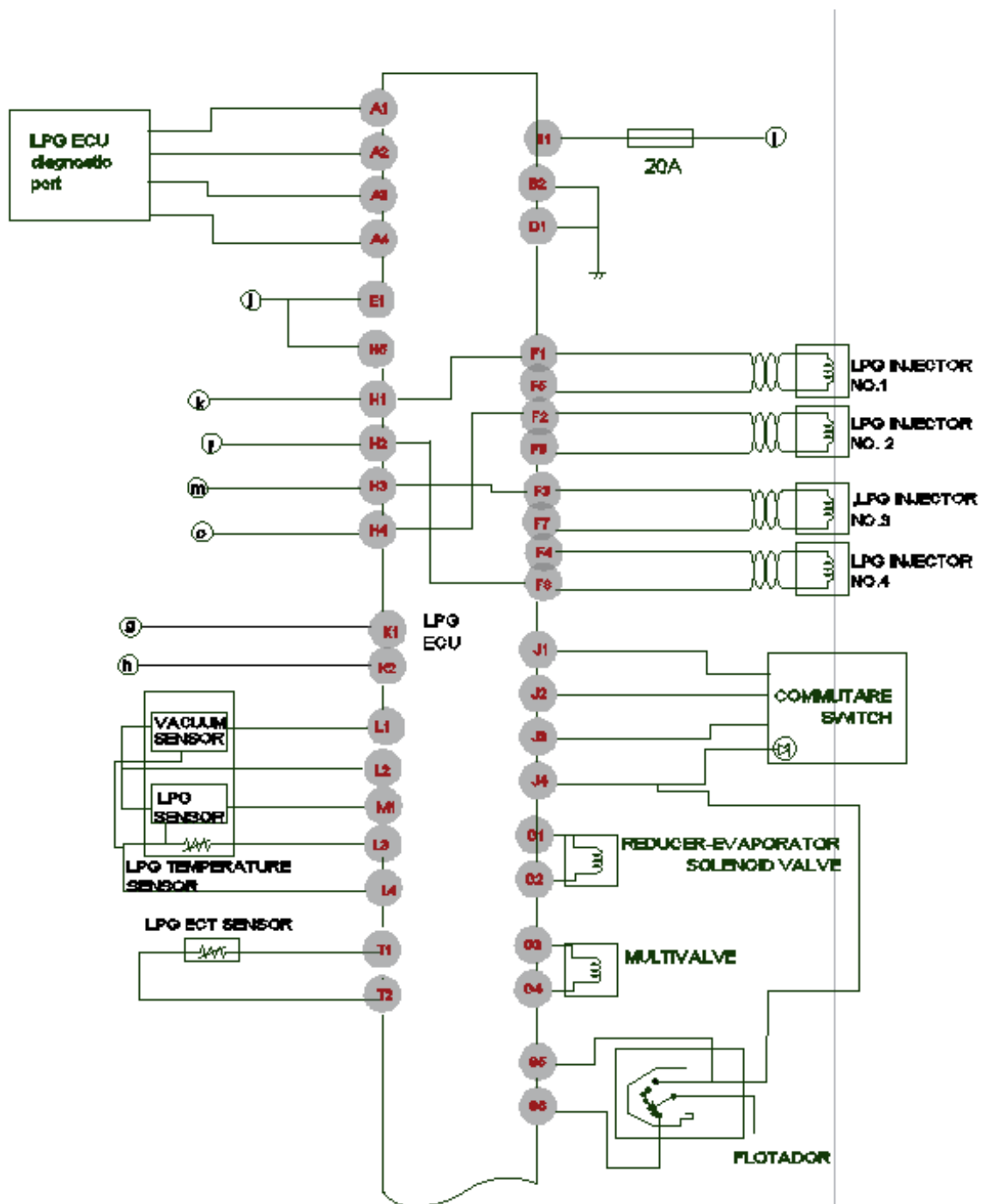
Diagrama eléctrico del control electrónico de inyección de combustible dual



Nota. El diagrama eléctrico del sistema en su condición dual, página 2. Basado en (Mazda Motor Corporation , s.f.)

Figura 51

Diagrama eléctrico del control electrónico de inyección de combustible dual



Nota. El diagrama eléctrico del sistema en su condición dual, página 3

Para analizar la gestión electrónica de la inyección de gasolina y gas GLP, se desarrolló una leyenda de la distribución de los pines de la ECU de GLP, para comprender las señales que se toman desde la ECU de gasolina y las que se generan.

Tabla 10

Distribución de los pines de la ECU de GLP

Pin	Descripción	Pin	Descripción
A1	Puerto de comunicación computadora de GLP	G3	Control de masa de la Multiválvulas
A2	Puerto de comunicación computadora de GLP	G4	Masa de la multiválvulas
A3	Puerto de comunicación computadora de GLP	G5	Señal del nivel de GLP
A4	Puerto de comunicación computadora de GLP Alimentación de la ECU/	G6	Alimentación del sensor de nivel de GLP
B1	Batería	H1	Control de masa del inyector GDI 1
B2	Tierra de la ECU GLP	H2	Control de masa del inyector GDI 4
D1	Tierra de la ECU GLP	H3	Control de masa del inyector GDI 3
E1	Señal de rpm del motor	H4	Control de masa del inyector GDI 2
F1	Control de masa inyector GLP 1	H5	Alimentación de señal de rpm
F2	Control de masa inyector GLP 2	K1	CAN BUS L (ECU gasolina)
F3	Control de masa inyector GLP 3	K2	Can BUS H (ECU gasolina)
F4	Control de masa inyector GLP 4	L1	Señal del sensor de vacío
F5	Masa del inyector de GLP 1	L2	Tensión de alimentación sensor de vacío y sensor de presión GLP
F6	Masa del inyector de GLP 2	L3	Señal del sensor de temperatura
F7	Masa del inyector de GLP 3	L4	Masa del sensor de vacío, de presión GLP, temperatura GLP
F8	Masa del inyector de GLP 4	M1	Señal del sensor de presión GLP
G1	Control de masa del solenoide del reductor vaporizado	T1	Sensor de ECT en GLP
G2	Masa del solenoide del reductor vaporizador	T2	Masa sensor de ECT en GLP

Nota. Descripción detallada de los pines de la computadora, empleando la información del

esquema gráfico.

La gestión electrónica del sistema en condición dual es una combinación de los controles electrónicos del sistema en condición gasolina y en la mezcla propano – butano, es decir, que existe una dependencia entre los sistemas, esto se debe a que la ECU de GLP toma valores por medio del protocolo ISO CAN bus 1725, de los pines 6 y 14 del OBDII para mejorar el control electrónica del GLP, mediante la duplicación de información importante del sistema para el funcionamiento del mapa de gas. Los valores de PID que la ECU de GLP toma de la gestión electrónica de inyección de gasolina son:

- La tensión de señal de la velocidad del motor, con el fin de conocer la velocidad del motor, mediante la bobina del cuarto cilindro.
- Sensores HEGO para conocer la condición de la mezcla, mediante el valor de lambda. En el sensor de oxígeno delantero se conoce la zona de la mezcla por medio de la intensidad de corriente que transmite el sensor en el flujo de datos en tiempo real en el escáner.
- Por otro lado, la ECU de GLP toma la señal del control de masa de los inyectore GDI, con el fin de mantener la secuencia de inyección de gasolina en GLP.

Mientras la gestión electrónica de inyección directa de gasolina trabaja independientemente, sin necesidad de obtener tensiones de señales, oscilogramas característicos del conjunto sensores, PCM y actuadores del sistema de 5ta generación; la ECU de GLP, depende de esta información transmitida por la PCM de gasolina, en todos sus aspectos, es decir, para la configuración del mapa de gas, se realiza en base a estos parámetros y su funcionamiento en sí.

Recolección de información mediante el osciloscopio

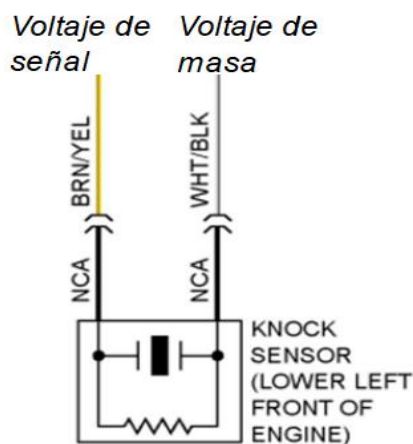
La obtención de información se realiza en condiciones estáticas, basadas en ralentí, ralentí acelerado (2500 rpm) y los rpm de acuerdo con la máxima potencia del vehículo de prueba que es 5500 rpm.

Actuadores y sensores de Gasolina

Sensor de detonación. El sensor de detonación del vehículo de prueba tiene dos cables, el cable Br/Y (café/amarillo) entrega la tensión de señal del sensor, el cable de color Wh/Bk (blanco/negro) es el que corresponde al voltaje de masa.

Figura 52

Diagrama eléctrico del sensor Knock



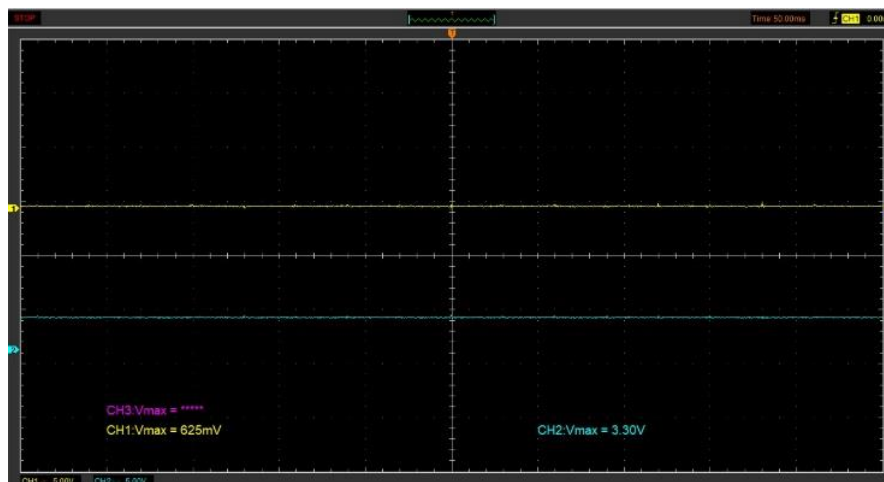
Nota. Diagrama eléctrico del sensor de detonación e identificación de los voltajes de cada cable.

Basado en (RG, 2023).

La configuración de la pantalla del osciloscopio debe estar en 5V/div (Y) y 500 ms/div (X).

Figura 53

Oscilogramas del sensor de detonación.

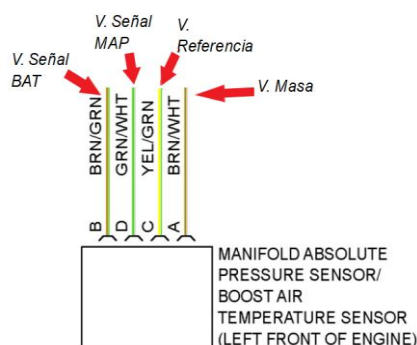


Nota. Oscilograma del sensor de detonación a ralentí, el canal 1 (CN1) color Y hace referencia al voltaje de la masa del sensor, mientras que, el canal 2 (CN2) color G corresponde al voltaje de señal del sensor.

Sensor integrado de temperatura y presión absoluta del colector. Es un sensor de cuatro cables. El cable de color Br/G entrega la señal de la temperatura del aire, el de color G/Wh propina la señal del MAP, el Y/G proporciona la señal de referencia del sensor, por último, el cable (Br/Wh) es la tensión de masa.

Figura 54

Diagrama eléctrico del sensor integral MAP/ Boost Temperatura



Nota. Diagrama eléctrico del sensor integra MAP/ Boost temperatura con la identificación del voltaje de cada cable. Basado en (RG, 2023)

La configuración de la pantalla del osciloscopio debe estar en 5V/div (Y) en todos los canales y 500 μ s/div (X).

Figura 55

Oscilograma del sensor integral de temperatura y presión absoluta del colector.



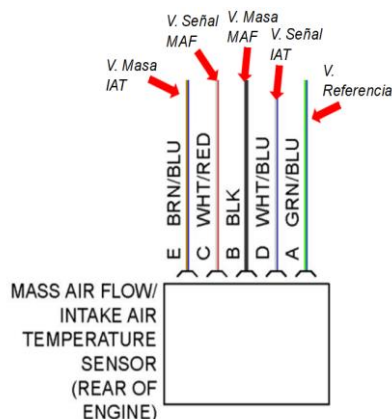
Nota. Oscilograma de los voltajes del sensor integral de temperatura y presión absoluta del colector en régimen de ralentí. CN1 (Color Y) Vseñal del sensor MAP; CN2 (Color Sb) Vreferencia; CN3(Color F) Vseñal del sensor Boost temperatura; CN4 (Color G) Vmasa.

En el oscilograma el CN1 corresponde a la masa del sensor, el CN2 pertenece a la tensión de señal de la temperatura del aire después del turbocompresor, el CN3 compete con la señal del MAP y por último el CN4 corresponde a la tensión de referencia del sensor.

Sensor integral MAF/IAT. Este sensor cuenta con 5 cables, el cable de color Br/L es la masa del sensor IAT, el cable de color Wh/R entrega el voltaje de señal del sensor MAF, por otro lado, el cable de color Bk es la masa del sensor MAF, el cable Wh/L suministra la tensión de señal del sensor IAT, y el cable de color G/L se encuentra enlazado a un fusible de 15 A (tensión de referencia).

Figura 56

Diagrama eléctrico del sensor integral MAF/IAT



Nota. Representación gráfica del sensor integral MAF/IAT con los voltajes de cada cable respectivamente. Basado en (RG, 2023)

La configuración de la pantalla del osciloscopio debe estar en 5V/div (Y) en todos los canales y 500 μ s/div (X).

Figura 57

Oscilograma del sensor integral MAF/IAT

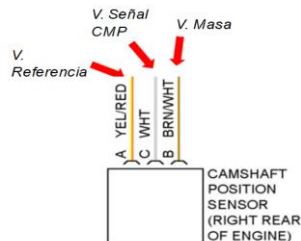


Nota. El CN1 (color Y) del oscilograma hace referencia al voltaje de masa, el CN2 (color Sb) muestra el voltaje de señal del sensor IAT, el CN3 (color F) indica el voltaje de señal del sensor MAF, el CN4 (color G) y el CN5 (color L) son la tensión de masa y referencia respectivamente.

Sensor CMP. Consta de tres cables, de los cuales uno de ellos es el encargado de dar la señal de masa del sensor (cable color Br /Wh), el cable Y/R proporciona la tensión de referencia, y el cable Wh es el encargado del voltaje de señal.

Figura 58

Diagrama eléctrico del sensor CMP

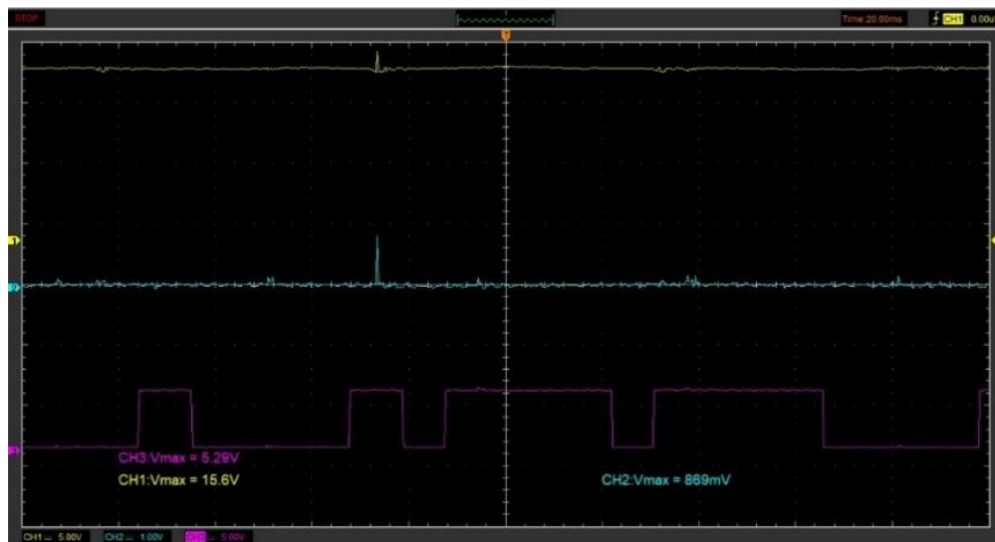


Nota. Representación eléctrica del sensor CMP, con la identificación de las tensiones de cada cable. Basado en (RG, 2023).

Para la obtención de los oscilogramas se configura la pantalla del osciloscopio en 5V/div (Y) en todos los canales y 20 ms/div (X).

Figura 59

Oscilograma del sensor CMP

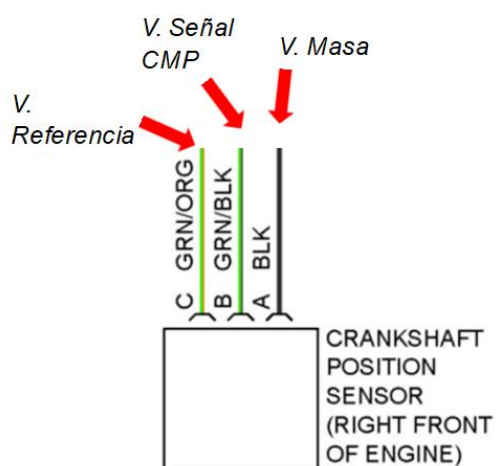


Nota. La imagen muestra el oscilograma de los cables del sensor CMP en régimen de ralentí. CN1 (color Y) Voltaje de alimentación, CN2 (color Sb) Vmasa, CN3 (color F) Vseñal.

Sensor CKP. El sensor está compuesto por tres cables distintos. Uno de ellos el de color G/O se encarga de suministrar la tensión de referencia hacia el sensor. El segundo cable, G/Bk es el responsable de transmitir la tensión de señal. Finalmente, el cable Bk es la masa del sensor

Figura 60.

Diagrama eléctrico del sensor CKP

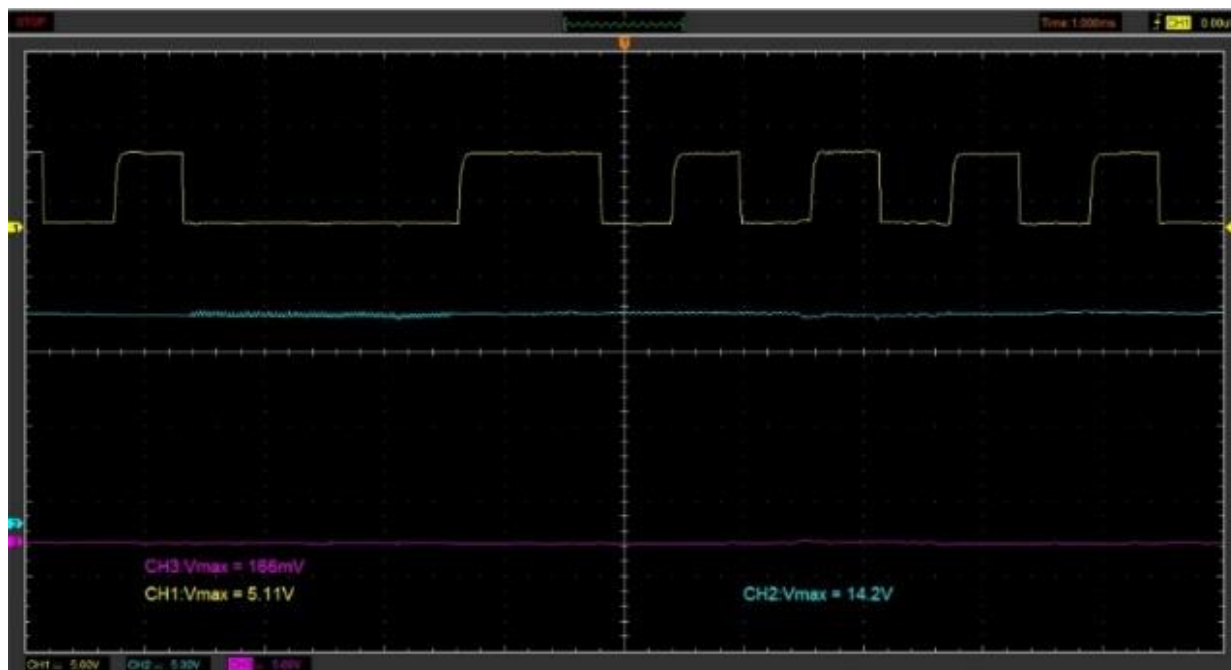


Nota. Representación del diagrama eléctrico del sensor CKP, con los respectivos voltajes de acuerdo con el color y función del cable. Basado en (RG, 2023).

La configuración de la pantalla del osciloscopio para la obtención del oscilograma del sensor CKP es de 5V/div (Y) en todos los canales y 1 ms/div (X).

Figura 61

Oscilograma del sensor CKP.



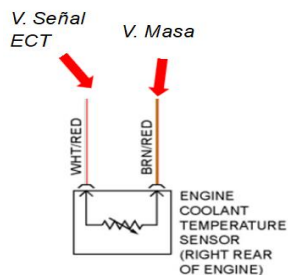
Nota. Oscilograma de representación de los cables del sensor CKP en régimen de ralentí.

En el oscilograma, el CN1 (color Y) representa la tensión de señal del sensor CMP, el CN2 (color S) corresponde al voltaje de referencia el cual es aproximado de 14.2 V y el CN3 (color F) es la masa del sensor. Esto permite visualizar claramente las diferentes señales eléctricas relacionadas con el sensor CKP.

Sensor ECT. Al ser un termistor consta de dos cables. Por medio del cable Wh/R se transmite el voltaje de señal del sensor, en cambio, el cable Br/R es la masa del sensor.

Figura 62

Representación del diagrama eléctrico del sensor ECT



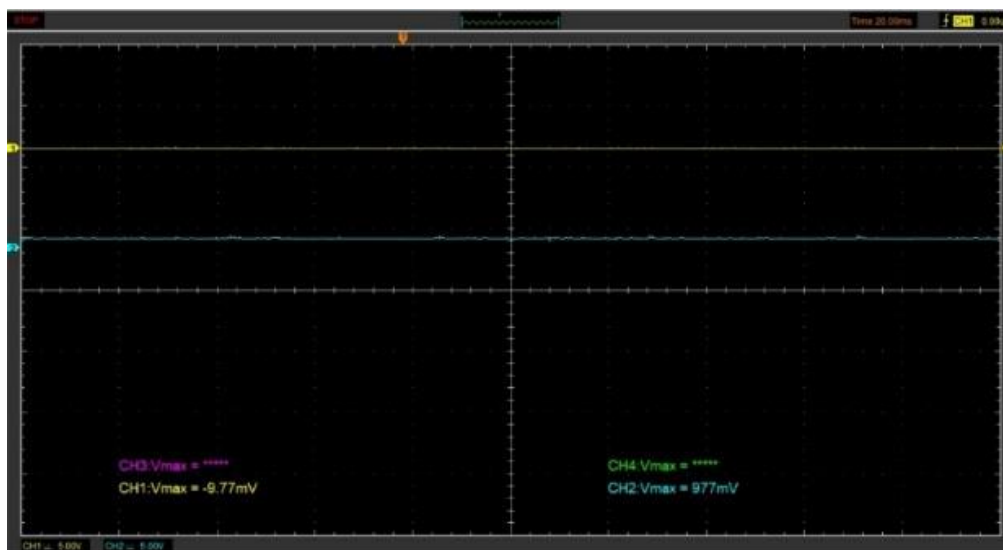
Nota. Esquema del diagrama eléctrico del sensor ECT, de acuerdo con la función de cada cable.

Basado en (RG, 2023).

Para la obtención del oscilograma del sensor ECT, se debe configura la pantalla del osciloscopio de la siguiente forma: 5V/div (Y) en todos los canales y 20 ms/div (X).

Figura 63

Oscilograma del sensor ECT



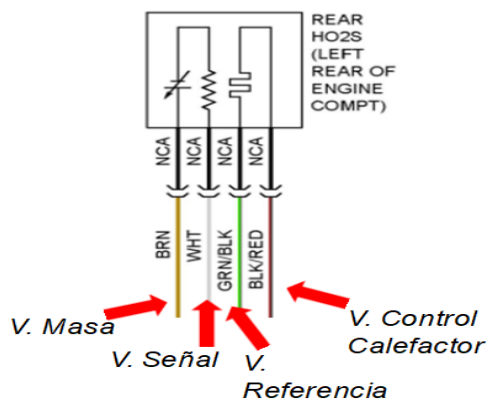
Nota. Oscilograma a dos canales correspondientes a cada cable del sensor ECT.

La pantalla del osciloscopio muestra dos canales, el CN1 (color Y) pertenece al cable de masa, mientras que, el CN2 (color Sb) refleja la tensión de señal del sensor.

Sensor HO2S trasero. El sensor de oxígeno trasero incluye un calefactor, por lo tanto, está constituido con 5 cables. El cable Br es la masa del sensor, el cable de color Wh proporciona el voltaje de señal del sensor, el G/Wh suministra la tensión de alimentación al sensor, finalmente, el color Bk/R es el encargado del controlar la diferencia de potencial del calefactor.

Figura 64

Diagrama del sensor de oxígeno trasero



Nota. Representación del diagrama eléctrico del sensor de oxígeno trasero, con la identificación de las tensiones de cada cable. Basado en (RG, 2023).

La configuración del osciloscopio para este sensor es: 5 V/div (y) en todos los canales y un tiempo de 500 μ s/div (x).

Figura 65

Oscilograma del sensor HO2S.



Nota. Voltajes en función del tiempo de cada cable del sensor de oxígeno trasero en régimen de ralentí.

En el oscilograma se puede observar cuatro canales correspondientes a cada cable del sensor. El CN1 (color Y) hacer referencia a la masa del sensor, el CN2 (Sb) indica la señal del sensor de oxígeno, el CN3 (F) es el encargado de suministrar la tensión eléctrica al sensor (voltaje de referencia), por último, el CN4 (G) es la tensión de control del calefactor.

Bobina de encendido. El sistema de encendido del vehículo es de tipo DIS-COP, cada bobina tiene tres cables diferentes, uno de color G que comparten las 4 bobinas son los encargados de suministrar el voltaje al actuador, los Bk/L funcionan como masa de cada bobina. La tensión de alimentación del transistor es representada por L/O, Lg/Bk, Wh/L, Bk/Wh son los responsables de entregar el pulso de encendido para los cilindros 1,3,2,4 respectivamente, provocando así que cada bobina genere la chispa necesaria en cada cilindro.

Figura 67

Oscilograma de las monobobinas del vehículo

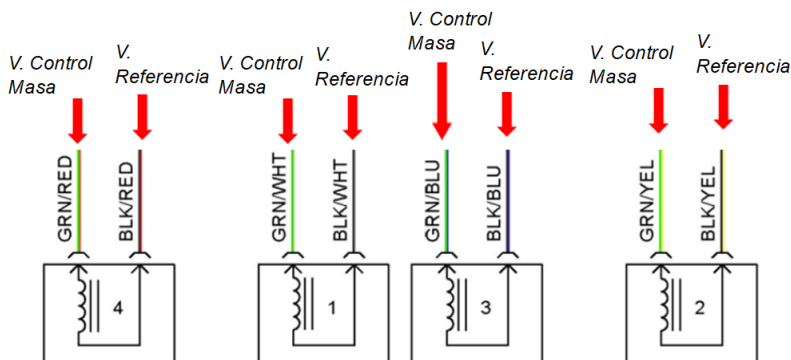


Nota. Voltaje de activación de los transistores de cada bobina que se encuentra en cada cilindro, debido a que este tipo de sistema de encendido DIS-COP no posee control de masa.

Inyectores GDI. Los inyectores del vehículo cuentan con dos cables cada uno. Un cable se utiliza como voltaje de referencia. En el caso de los inyectores de los cilindros 4 y 1, comparten el mismo pin de alimentación de la batería que proviene de la ECU. Por otro lado, los inyectores de los cilindros 2 y 3 también comparten la misma alimentación de la batería proveniente de la ECU. Los cables de control de masa de cada inyector son independientes, lo que indica que se trata de un sistema de inyección secuencial. Los de color G /R, G /Wh, G /L y G /Y controlan la masa de los inyectores 4, 1, 3 y 2 respectivamente. La señal de control de masa de los inyectores determina el tiempo de inyección que cada inyector realizará.

Figura 68

Diagrama eléctrico de los inyectores GDI.



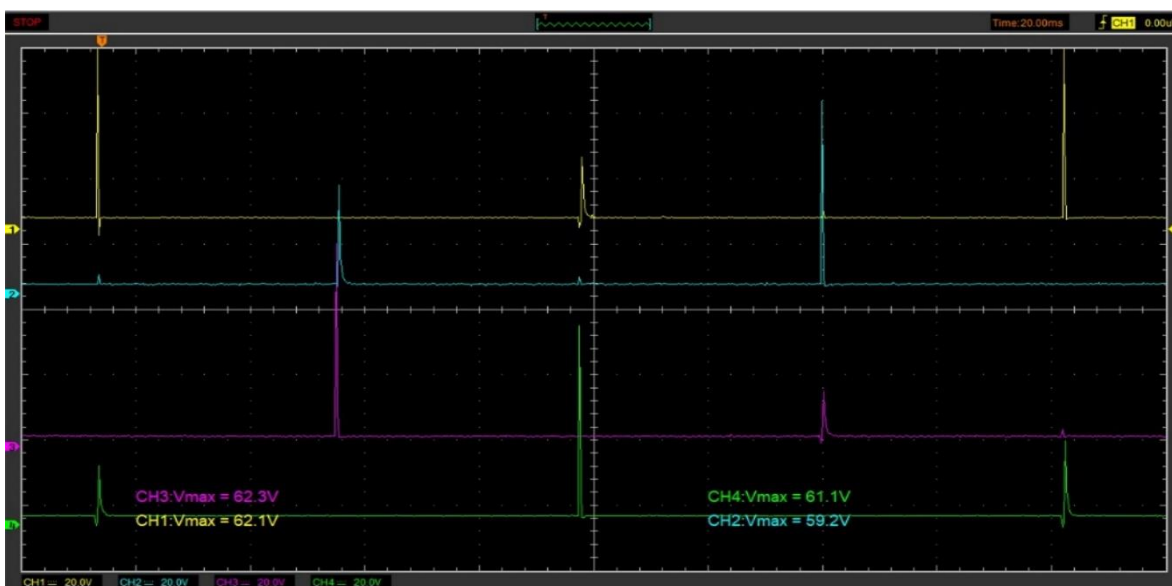
Nota. Esquema eléctrico de los inyectores con la identificación de voltajes referencia y voltaje control de masa al respectivo color de cable,

Para visualizar correctamente el orden de inyección el osciloscopio se configura con los siguientes parámetros: a una escala de 20 V/div (y) y un tiempo de 20 ms/div (x). Se debe considerar que debido a los picos de voltaje generados por el inyector se utiliza un atenuador de 20:1.

La imagen muestra el patrón de inyección del vehículo. El CN1 (Y) representa el inyector del cilindro 1, mientras que el CN2 (Sb) muestra la señal de control de masa del inyector 2. De manera similar, los canales 3 (F) y 4 (G) muestran la señal de control de masa de los inyectores de los cilindros 3 y 4 respectivamente. En el oscilograma se pueden distinguir dos tipos de señales de inyección para cada inyector. Una corresponde a la inyección estratificada, que tiene un pico de tensión más alto y ocurre al finalizar la carrera de compresión, desde el punto muerto inferior hasta el punto muerto superior. La otra señal es la inyección inicial, que ocurre durante el tiempo de admisión del motor, esta inyección es pequeña en la relación de la inyección estratificada.

Figura 69

Oscilograma del conjunto de inyectores GDI



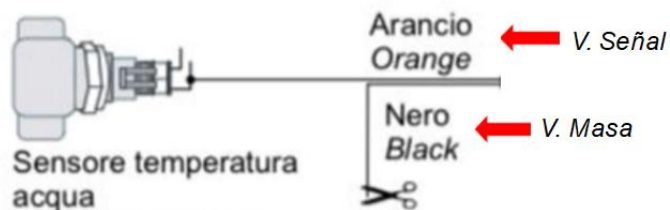
Nota. Representación gráfica del voltaje a través del tiempo del ciclo de trabajo de los inyectores GDI y sus dos fases de trabajo: inyección dosificada menor pico de tensión; inyección estratificada, pico más alto de tensión (aprox.61 V)

Actuadores y sensores del sistema GLP

Sensor de temperatura del refrigerante. Este tipo de sensor es un termistor de tipo NTC, consta de dos cables uno de color O que entrega la tensión de señal del sensor y otro Bk que tiene la función de ser la masa del sensor.

Figura 70

Diagrama eléctrico del sensor ECT en GLP

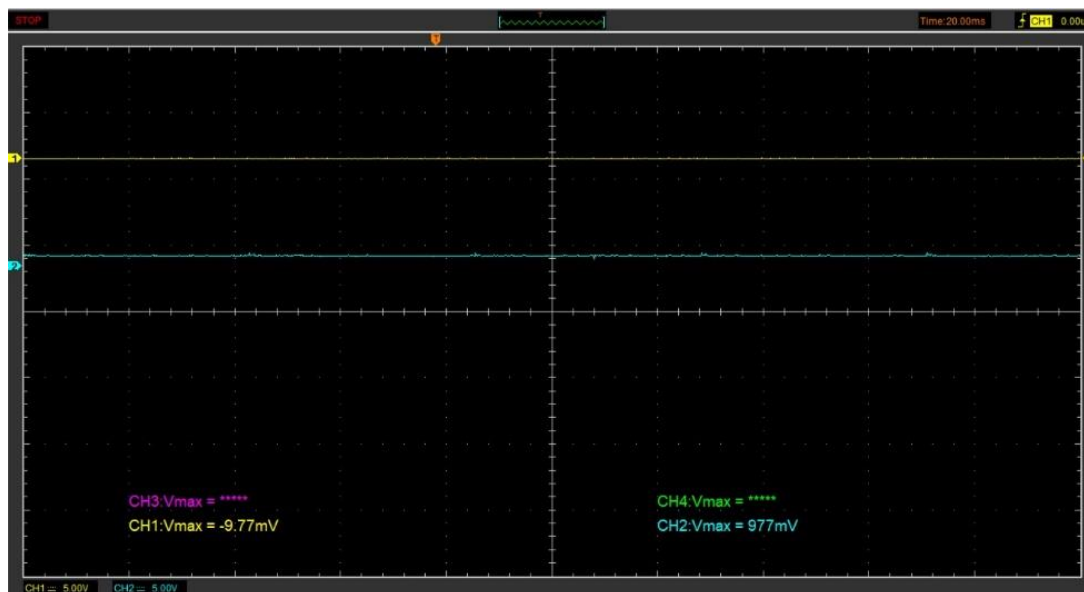


Nota: Esquema de la identificación de los cables

La configuración del osciloscopio para la obtención de datos es de 5V/div (Y) en los dos canales y 20 ms/div (X).

Figura 71

Oscilograma del sensor de temperatura del refrigerante del motor en GLP.



Nota. Visualización de las señales típicas generadas por el sensor de temperatura del refrigerante en un sistema GLP durante el ralentí.

Mediante la figura que contiene las señales del sensor de temperatura del refrigerante del sistema GLP, el CN1 (color Y) representa la de masa del sensor, el CN2 (color Sb) alude a la tensión de señal del sensor.

Sensor integrado de vacío, presión y temperatura del GLP. Sensor constituido de 5 cables diferentes, el Bk/R es el referente a la masa, mientras que el Bk/O proporciona la señal del sensor de temperatura del gas, el Bk/L suministra la tensión de señal de vacío del motor, por otro lado, el cable de color R/Y entrega la tensión de señal de la presión del gas, finalmente el de color Bk es el encargado de suministrar la tensión de referencia al sensor.

Figura 72

Sensor integrado presión y temperatura del GLP.

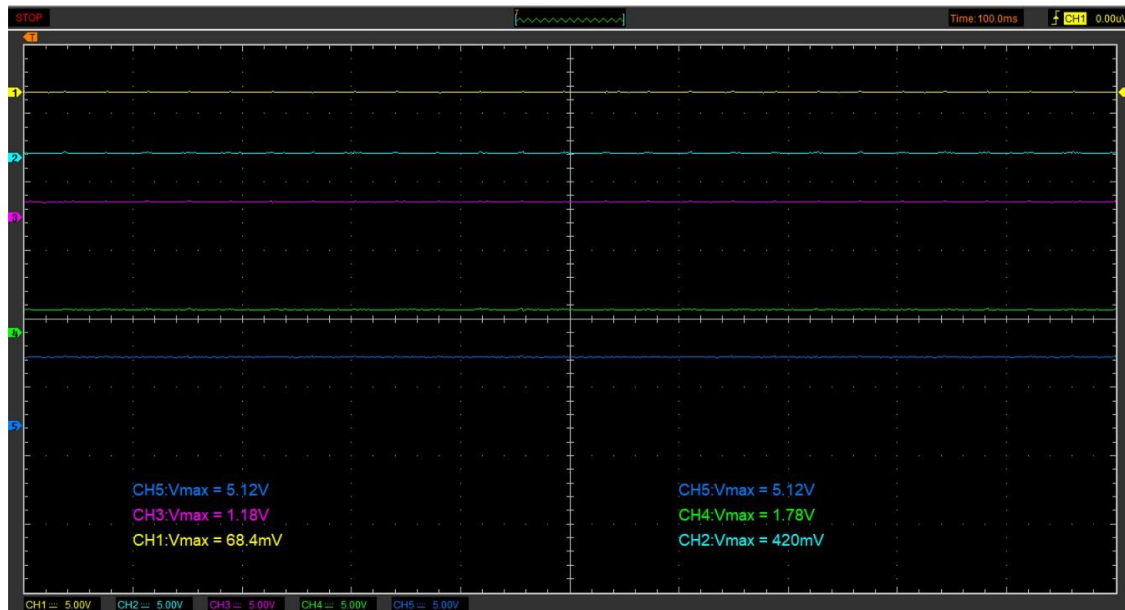


Nota. Cables del sensor integrado de vacío, temperatura y presión del GLP.

El interfaz del osciloscopio se configura a un voltaje de 5V/div (y) en los cinco canales, con un tiempo de 100 ms/div (x).

Figura 73

Oscilograma del sensor integrado de presión y temperatura del GLP



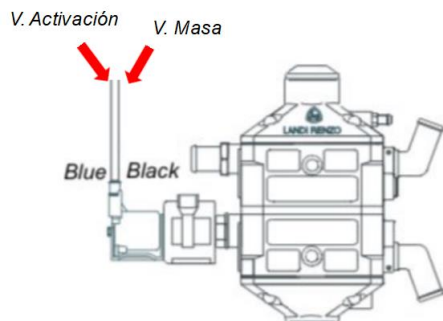
Nota. Señales entregadas por parte del sensor a un régimen de ralentí.

Las tensiones de señal, referencia y masa, del sensor integrado de vacío, presión y temperatura de GLP, se encuentran representados por: el CN uno de color Y muestra la masa del sensor, el CN2 (color Sb) es el oscilograma de la señal de temperatura del GLP, el CN3 (color F) se refiere a la tensión de señal del sensor de vacío del motor, el CN4 (color G) muestra la señal del sensor de presión del GLP, para finalizar, el CN5 (color L) es la tensión de referencia.

Electroválvula de conmutación. Es un solenoide de activación del paso de GLP, está compuesta por dos cables, uno de color L que se energiza con un voltaje de batería cuando se presiona el conmutador del GLP, y otro cable de coloro Bk que funciona como la masa del sensor.

Figura 74

Diagrama eléctrico de la electroválvula de conmutación.

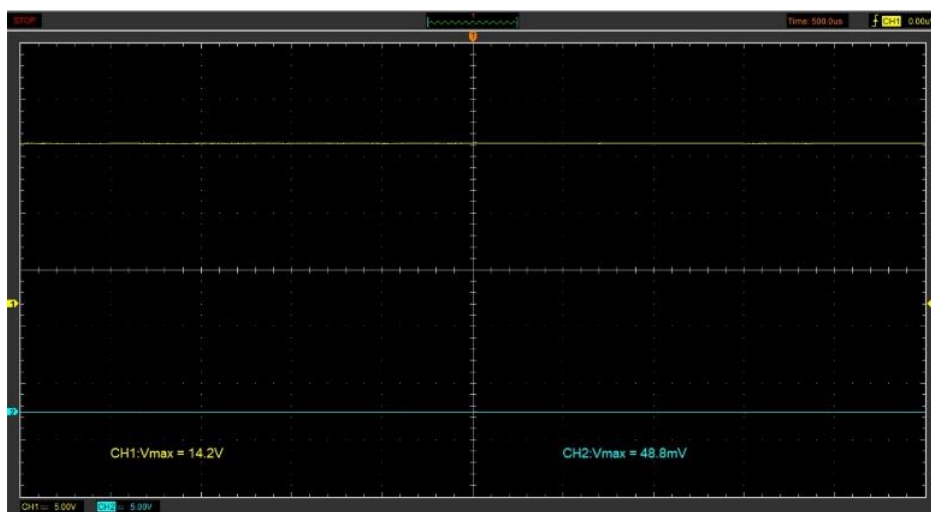


Nota. Esquema de los cables correspondientes a la electroválvula de conmutación del sistema GLP, con sus respectivas etiquetas de funcionamiento.

La configuración de la pantalla del osciloscopio para la obtención del oscilograma es a 5V/div (Y) en los dos canales y 500 μ s/div (X).

Figura 75

Oscilograma de la electroválvula de conmutación.



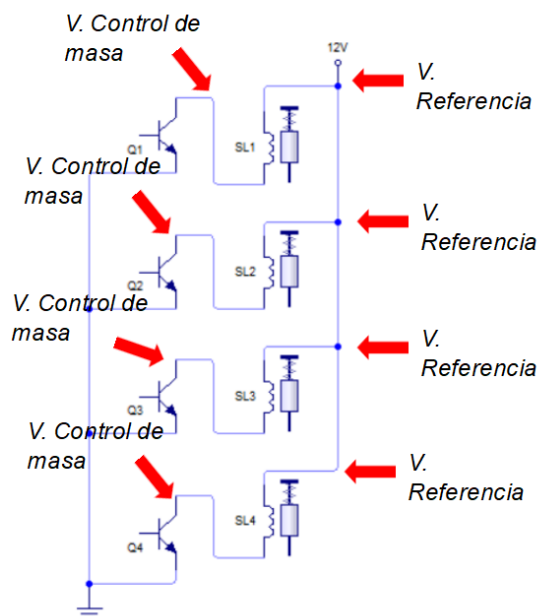
Nota. La figura representa las tensiones de la electroválvula de conmutación.

El CN uno (color Y) hace referencia a la tensión de activación de la electroválvula permitiendo el paso de flujo de GLP, el CN2 (color Sb) hace alusión a la masa del actuador.

Inyectores. Con respecto a los inyectores de GLP, contienen dos cables por cada inyector, los cables de color G /R energizan los inyectores, mientras que los cables de color O, R, Y y Br asumen la función de control de masa de los cilindros uno, tres, dos y cuatro, en el orden dado, permitiendo la inyección del GLP en el múltiple de admisión.

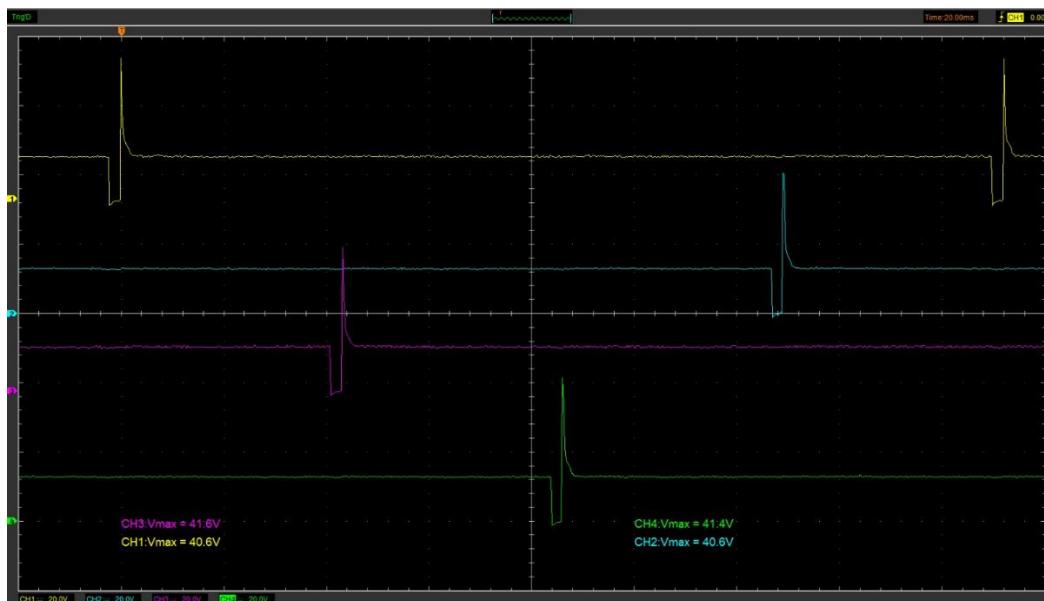
Figura 76

Diagrama eléctrico de los inyectores GLP.



Nota. Representación del diagrama eléctrico de los inyectores del sistema GLP, con la identificación de la competencia de cada cable.

La pantalla del osciloscopio se configura a una escala de 20 V/div (y) en todos los canales y 20 ms/div(y), considerando la configuración para el atenuador de 20:1.

Figura 77*Oscilograma de los inyectores de GLP*

Nota. Ilustración de las señales de control de masa de los inyectores del sistema GLP.

A través de la figura, se observa el orden de inyección de GLP mediante las señales de control de masa. El CN1 (color Y) muestra el oscilograma de la señal características del pulso de inyección del cilindro 1; el CN2 (color Sb), CN3 (color Pp), CN4 (color G), de la misma forma, indican el tiempo de inyección del cilindro 2, 3 y 4 respectivamente.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

Comparativas de la gestión electrónica de un sistema dual

Para comprender la gestión electrónica y las fases del ciclo Otto de los motores de combustión interna de inyección directa de combustible, con el fin de tener una base para analizar la gestión electrónica de tipo dual (gasolina-GLP), es necesario comparar diferentes oscilogramas obtenidos de sensores y actuadores, al comprender que por medio del pin 6 (Transmisión de datos a alta velocidad) y 14 (Transmisión de datos a baja velocidad) del puerto OBDII la ECU de GLP obtiene ciertos PID de la gestión de electrónica de inyección de gasolina del vehículo de prueba y emplea esta información en el control electrónico de inyección de gas líquido, generando así una dependencia de ambas gestiones electrónicas, además estas gráficas permitió comprender el comportamiento del conjunto; sensores, ECU, actuadores del sistema de 5ta generación de GLP y de gasolina en un motor GDI.

Bobinas de encendido vs Inyectores GDI

El orden de encendido, el orden de inyección y la fase del ciclo Otto, se determinó a través de los oscilogramas de los actuadores, el salto de chispa se produce en la fase final de compresión, para así generar el frente de llama y el comienzo del trabajo, el momento que debe producirse el salto de chispa en este tipo de sistema es determinado mediante el sensor CMP tipo Hall, mientras que la inyección basa su momento en el sensor CKP (sensor tipo Hall), este es la base del control electrónico del sistema de inyección de combustible.

Figura 78

Oscilograma de comparativo de Bobinas de encendido vs Inyectores



Nota. Comparativa de la bobina de encendido y los inyectores GDI. este se encuentra configurado de la siguiente forma: CN1 (color Y) y CN4 (G) con 20V/div, mientras que el CN5 (L) y CN8 (Pk) está configurado a 5V/div, debido a que es la tensión de activación del transistor de la bobina, por otro lado, el tiempo está configurada en 20 ms.

A través del oscilograma se determina; que el orden de encendido es inverso al orden de inyección, según el diagrama del orden de encendido del vehículo de prueba, cuando el cilindro uno se encuentra en la fase de admisión el cilindro 4 se encuentra en la fase de trabajo,

Figura 21

El ciclo de trabajo del inyector se produce en dos momentos, una primera inyección se da en la fase admisión y lleva el nombre de inyección dosificada, y una segunda inyección se realiza antes de finalizar el tiempo de compresión, para dar inicio al proceso de combustión.

En el CN de color Y (CN1) que representa al control de masa del inyector del cilindro uno, muestra la inyección dosificada con el pico más bajo de activación (15 V), el CN Pk (CN 8) representa la señal de activación del transistor (5V) de la bobina del cuarto cilindro. Lo que indica que el cilindro uno en este momento se encuentra en admisión, mientras que, el cilindro cuatro se encuentra en trabajo.

La inyección estratificada posee un pico más alto de tensión (63 V) y se realiza al finalizar la fase de compresión del sistema, en el oscilograma se observa que cuando en el CN1 se tiene la inyección estratificada existe un salto de chispa con un adelanto a la compresión en el CN2, correspondientes a la señal de activación del cilindro e inyector del cilindro uno respectivamente. En consecuencia, en el CN3 que contiene el oscilograma del inyector del cilindro cuatro, se puede observar la inyección dosificada en la fase de admisión.

Control de masa de inyectores GDI con inyectores GLP

El oscilograma de control de masa de inyectores GDI e inyectores GLP posee cuatro canales diferentes referentes al cilindro uno representado por el CN1 (color Y) del inyector GDI, mientras que, el CN2 (Sb) muestra la señal del inyector del sistema GLP del cilindro uno. El CN3 (F) y el CN4 (G) emplea la misma configuración, pero con respecto al cuarto cilindro.

Figura 79

Oscilograma de los inyectores GDI con inyectores GLP

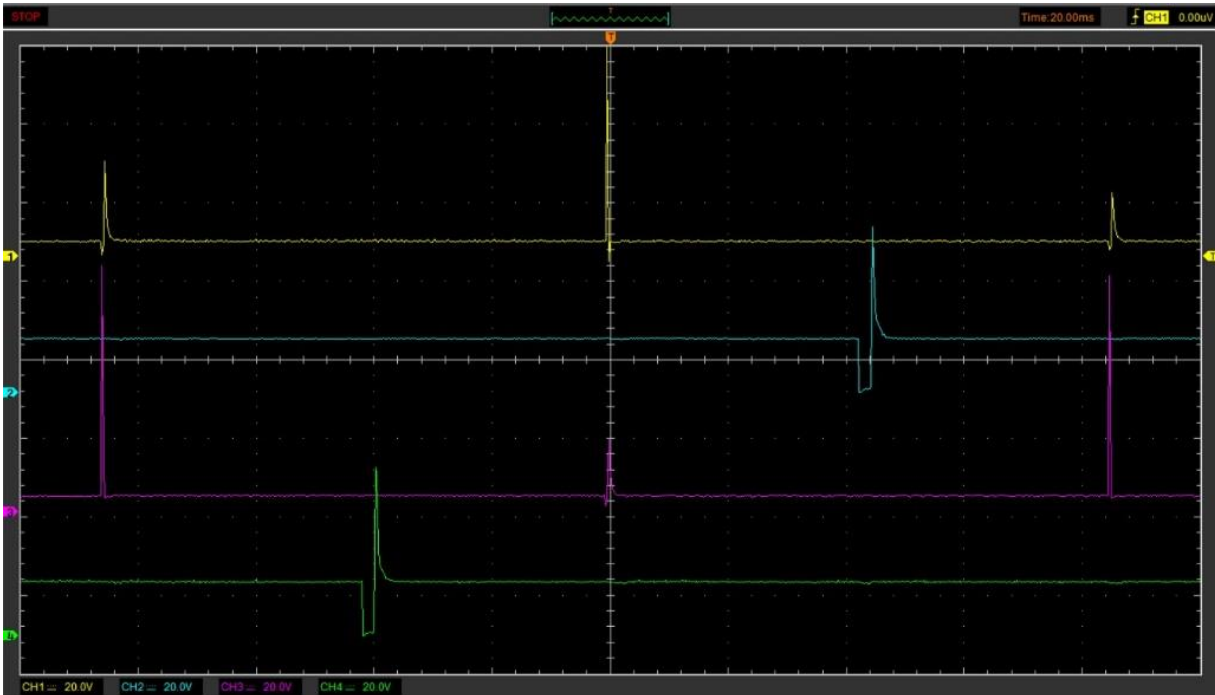


Nota. Oscilograma de los inyectores de GDI y GLP del cilindro uno y cilindro cuatro, en régimen de ralentí.

Los inyectores del sistema GDI y GLP de los cilindros dos y tres, tienden a comportarse del mismo modo que los inyectores del cilindro uno y cuatro, como se aprecia en el oscilograma de control de masa de los inyectores del cilindro dos y tres. El CN1 (Y) y CN2 (Sb), indican la señal de control de masa del cilindro uno para los inyectores de GDI y GLP. Por otro lado, el CN3 (color F) y finalmente el CN4 (G), exhiben las señales de activación del inyector GDI y GLP respectivamente, del tercer cilindro.

Figura 80

Oscilograma de los inyectores GDI con inyectores GLP del cilindro dos – tres.



Nota. Oscilograma de los inyectores de GDI y GLP del cilindro 2 y cilindro 3, en régimen de ralentí.

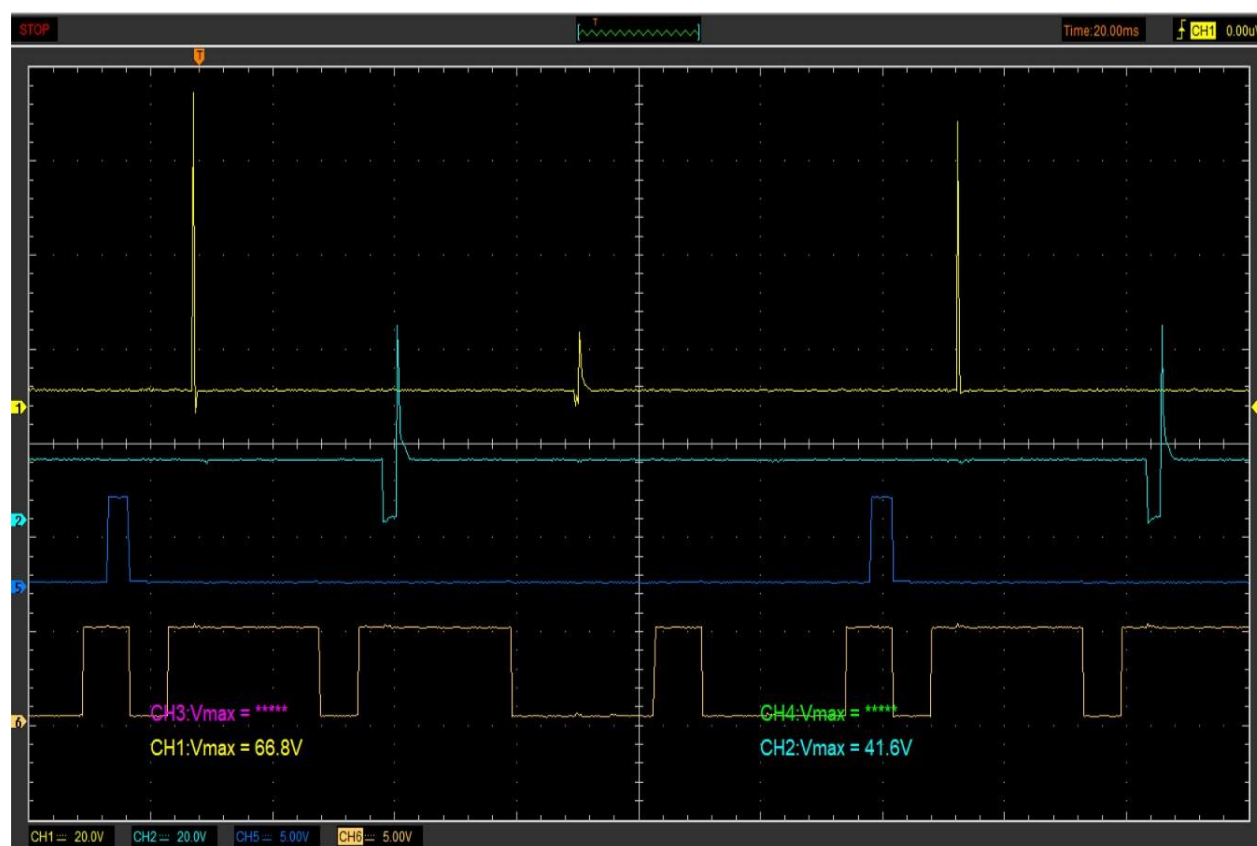
El oscilograma característico de los inyectores GDI con respecto al de los inyectores GLP es diferente, la gestión electrónica de inyección de gasolina se comporta como un sistema de inyección directa de gasolina, mientras que en condición de GLP el oscilograma del control de masa es el característico de sistema de inyección multipunto, con valores de 12 V para la condición de desactivado y 0 V para la inyección del GLP. La secuencia de inyección es la misma que utiliza el sistema de inyección GDI, en este caso el orden de inyección secuencial 1-3-4-2.

Oscilograma inyectores GDI – GLP, bobina de encendido y sensor CMP

Las señales de control de masa de los inyectores del cilindro uno es representadas por; el CN1 (Y) corresponde al inyector del sistema GDI, el CN2 (Sb) hace referencia al inyector del sistema GLP. El CN5 (color L) indica la señal de activación de la bobina de encendido del cilindro uno; y el CN6 (O) expresa el oscilograma del voltaje de señal del sensor CMP.

Figura 81

Oscilograma de control de masa de inyectores GDI-GLP y bobina, CMP



Nota. Comparación del inyector GLP y GDI del cilindro 1, con respecto a la señal de activación de la bobina de encendido y sensor CMP, en ralenti.

El sensor CMP es el encargado del control del pulso de activación de la bobina de encendido, tomando en cuenta el avance de encendido que existe en el sistema GDI, lo que permite conocer el comportamiento del ciclo Otto a través del tiempo.

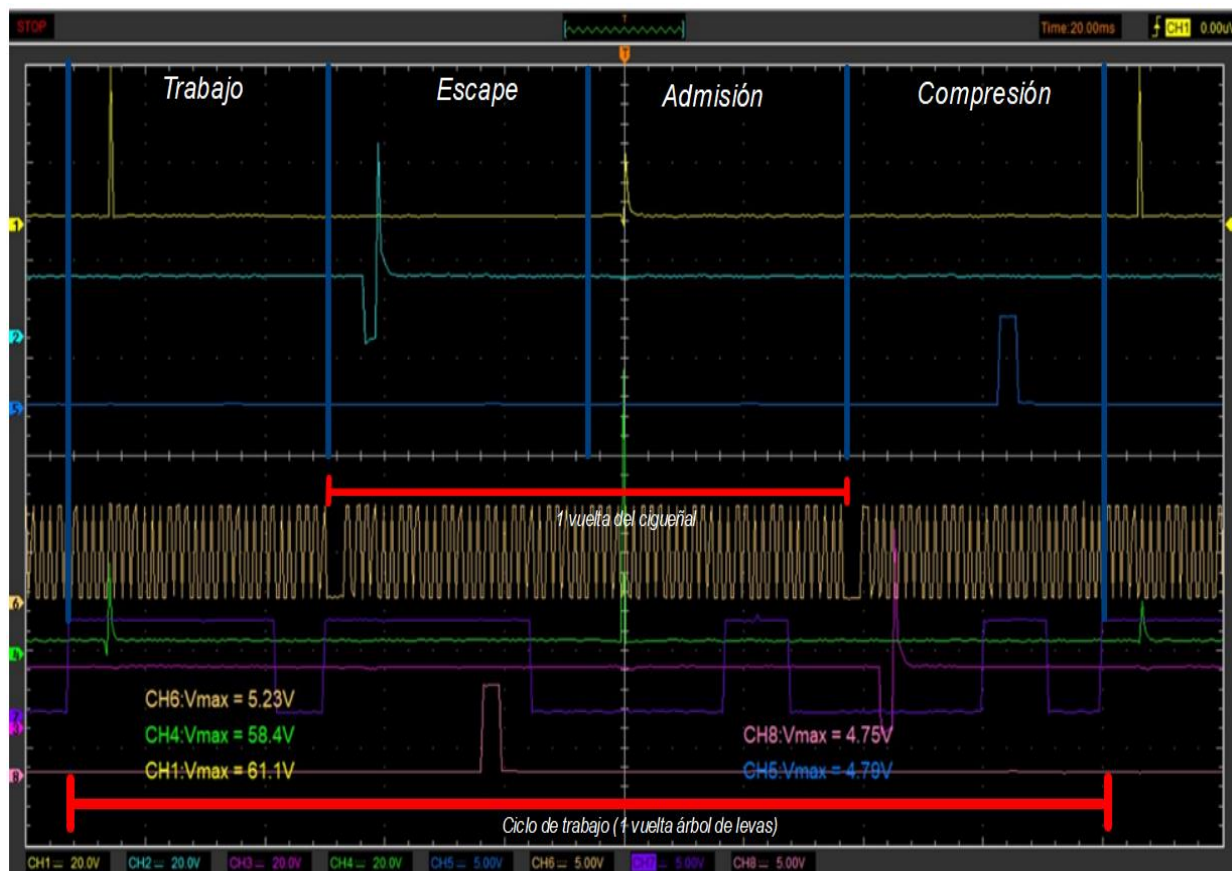
Se conoce que el salto de chispa se da al final de la compresión y la inyección estratificada se da al final de la compresión para comenzar con el proceso de combustión, debido a la existencia de un desfase en la inyección de GLP, esta se encuentra en la fase de escape, sin embargo es necesario recordar que el proceso de inyección del motor GDI con respecto al sistema dual se comporta de otra manera, es decir, que mientras la inyección de gasolina se da directamente en la cámara de combustión, el proceso de inyección de GLP se da en la múltiple de admisión.

Oscilograma de actuadores vs sensores

El CN1 (color Y) y el CN4 (G) indica la señal de control de masa del inyector GDI del cilindro uno y cuatro respectivamente, el CN2 (Sb) y CN3 (F) es la señal del control de masa del inyector GLP del primer y cuarto cilindro. Por medio del CN5 (L) y CN8 (Pk) se obtiene la señal de control del transistor de la bobina de encendido perteneciente al cilindro uno y cuatro. Finalmente, el CN6 (O) exhibe el oscilograma del sensor CKP, en tanto, el CN7 (Pp) expone los voltajes de señal del sensor CMP.

Figura 82

Oscilograma de comparación sensores vs actuadores



Nota. Correlación de la señal de funcionamiento de los inyectores GDI – GLP y bobinas de encendido del primer y cuarto cilindro, con respecto, a las señales de los sensores CKP y CMP.

El ciclo de trabajo de un motor de 4 tiempos se realiza en dos vueltas del cigüeñal o una vuelta del árbol de levas, dentro de este ciclo se ejecutan cuatro fases: admisión, compresión, trabajo y escape. El CN6 y el CN7 exponen un ciclo de trabajo del vehículo de prueba, mediante el cual se demostró gráficamente las diferentes fases del ciclo Otto.

El CN1 muestra los dos momentos de inyección de gasolina, en la fase de admisión se realiza la inyección dosificada y en la fase de trabajo se da la inyección estratificada, en

cambio, el CN de color L describe la señal del transistor para el funcionamiento de la bobina de encendido, esta posee un desfase con respecto a la fase de trabajo debido al adelanto del encendido.

A través del CN de color Sb, se demuestra la fase en la que se da la inyección de GLP del primer cilindro, evidenciando que se genera el tiempo de apertura del inyector en la fase de escape, es importante comprender que el vehículo de prueba en modalidad dual se comporta de dos formas, a la vez que los inyectores GDI suministran el combustible directamente en la cámara de combustión. La inyección de la mezcla propano-butano es suministrada en el múltiple de admisión en la fase de escape, con el fin de homogeneizar la mezcla de aire-GLP antes del ingreso a la cámara de combustión.

Comparativa de las tensiones de señal de los sensores (Gasolina vs GLP)

Sensor de detonación

El sensor de detonación es el encargado de evaluar la eficiencia del proceso de combustión. El valor de las tensiones de señal de acuerdo con la **tabla 6**, es de aproximadamente de 4.3 V. En base a los valores obtenidos del sensor KS antes y después de la conmutación a GLP, existe un incremento porcentual de voltaje del 19.82% en condición de ralentí, 19.87% a 2500 rpm y 19.69% a 5500 rpm.

El aumento del voltaje de señal indica que las vibraciones del motor son más fuertes a causa del proceso de combustión con dos combustibles: gasolina-GLP, en comparación a los valores de tensión cuando se utiliza solo gasolina como combustible.

Tabla 11*Valores de tensiones de señal del sensor de detonación*

Sensor Knock						
Tensión de señal						
N °	Sistema solo a gasolina (V)			Sistema gasolina – GLP (V)		
	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm
1	2.5193	2.5193	2.4998	3.0348	2.9960	2.6949
2	2.5193	2.5096	2.5096	3.0446	2.9960	2.7921
3	2.5290	2.5485	2.4998	3.0057	3.0057	3.3359
4	2.5290	2.5290	2.5193	3.0154	2.9960	3.3456
5	2.5387	2.5582	2.5193	3.0057	2.9863	3.3747
6	2.5387	2.5387	2.5193	3.0348	3.0543	3.0251
7	2.5193	2.5193	2.5193	3.0348	2.9960	2.6949
2000	2.5290	2.4998	2.4707	3.0154	2.9960	3.0057
Promedio	2.5245	2.5249	2.5240	3.0249	3.0266	3.0211
Mínimo	2.2568	2.2568	2.2568	2.9280	2.3842	1.3839
Máximo	2.9763	2.9763	2.9763	3.2873	4.1905	4.7829
Desviación estándar	0.0552	0.0556	0.0553	0.0268	0.0789	0.2641

Nota. Debido a la extensión de los datos obtenidos se presenta una parte de la recopilación. La tabla muestra los 7 primeros datos y el último, en conjunto con un promedio de todos los valores de voltaje señal, además que esta información muestra las tres condiciones de obtención de datos en tiempo real.

La desviación estándar es un parámetro que permite medir la dispersión en la que los datos individuales varían de la media. En el caso de los datos de tensión registrados del sensor

Knock, indica el golpeteo del motor, con una mayor desviación el motor vibra más debido a las detonaciones provocadas por la combustión del combustible dentro del motor, en cambio, cuando la medida de desviación es menor, el motor tiende a vibrar menos.

Las vibraciones del motor en condiciones de solo gasolina en regímenes de ralentí, 2500 rpm y 5500 rpm no difieren en gran cantidad de acuerdo a los datos de desviación estándar: 0.0552 V, 0.0556 V y 0.0553 V; lo que indica que el motor en esta condición no sufre de una mayor vibración. Sin embargo, en condiciones de gasolina-GLP, la medida de desviación estándar tienden a diferir entre los tres regímenes, mostrando la mayor medida de variación a 5500 rpm (0.2641), lo que indica que en estas revoluciones el motor tiende a vibrar más por la detonación del dual (gasolina - GLP) dentro de la cámara de combustión.

Sensor ECT

El sensor de temperatura del refrigerante es importante para la unidad de control, con los datos proporcionados por el sensor la ECU regula el tiempo de inyección y el ángulo de encendido. Existe una variación porcentual del voltaje de la temperatura del refrigerante del motor cuando el sistema del vehículo se encuentra solo a gasolina o gasolina – GLP.

Con una disminución del 19.92% en régimen de ralentí, para regímenes de 2500 rpm y 5500 rpm existe una disminución porcentual del 4.51% y un incremento del 4.23%, respectivamente. Al ser un sensor del tipo NTC la temperatura registrada por el sensor aumenta en medida que el voltaje disminuye. El aumento del valor de la temperatura es debido a la capacidad calorífica del GLP y el aporte de este mismo al proceso de combustión dentro del cilindro, causando que la temperatura del motor tienda a aumentarse.

Tabla 12*Valores de tensiones de señal en 3 condiciones del sensor ECT*

Sensor ECT						
Tensión de señal						
N °	Sistema solo a gasolina (V)			Sistema gasolina – GLP (V)		
	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm
1	0.9344	0.7594	0.7497	0.7138	0.7138	0.7332
2	0.9441	0.7691	0.7594	0.8109	0.7041	0.7526
3	0.9344	0.7691	0.7399	0.7624	0.7235	0.7624
4	0.9538	0.7594	0.7399	0.8400	0.7235	0.7526
5	0.9247	0.7594	0.7399	0.7332	0.7721	0.6944
6	0.9441	0.7594	0.7302	0.8206	0.7138	0.7721
7	0.9344	0.7594	0.7399	0.7818	0.7041	0.7721
4000	0.9150	0.8177	0.7399	0.7526	0.7041	0.7818
Promedio	0.9325	0.7830	0.7552	0.7467	0.7477	0.7872
Mínimo	0.8372	0.7010	0.3607	0.4710	0.6652	0.6361
Máximo	1.0025	1.0803	1.7025	0.9760	1.1411	1.3450

Nota. La tabla muestra una parte de los datos tomados debido a la gran cantidad de cifras obtenidas.

La tabla 6, contiene los valores característicos del sensor ECT, para 20°C el voltaje de señal se encuentra entre el rango 3.04V - 3.14V, a 60°C la diferencia de potencial está entre 1.29V - 1.39V. Utilizando el método de interpolación lineal se obtiene los datos de temperatura para las dos condiciones en tres regímenes de giro del motor diferentes.

Tabla 13*Datos de temperatura del sensor ECT en condición dual*

Sensor ECT						
Temperatura						
	Sistema solo a gasolina (°C)			Sistema gasolina – GLP (°C)		
	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm
Promedio	69.31	72.73	73.37	73.56	75.54	72.64
Máximo	71.49	74.61	82.38	79.86	75.42	76.09
Mínimo	67.71	65.94	51.71	68.32	64.54	59.89

Nota. Temperatura del refrigerante del motor en diferentes regímenes de giro del motor, en condiciones alimentación solo a gasolina y sistema gasolina-GLP.

El aumento de la temperatura del motor en condiciones de ralentí es el que más variación de temperatura presenta, con una tasa de crecimiento porcentual del 11.70% de la temperatura más alta obtenida en las dos condiciones del sistema (gasolina-GLP). En 2500 rpm y 5500 rpm la variación de temperatura es mínima.

Sensor integrado de temperatura y presión absoluta del colector

Los datos registrados por medio del sensor MAP tienden a aumentar porcentualmente en 1.18% en condiciones de ralentí, en 43.03% a un régimen de 2500 rpm, finalmente en 37.33% a un régimen de 5500 rpm. De acuerdo con la tabla 6, el voltaje de señal debe ser inferior a 1V después de que el motor se encuentre en temperaturas normales de funcionamiento. El incremento de voltaje de la señal del sensor MAP indica que existe un mayor vacío generado por el motor al realizar la conmutación del sistema a gasolina – GLP.

La tensión de señal en el régimen ralentí en los dos modos de funcionamiento del sistema de inyección tienden a tener voltajes aproximados en su mínimo y máximo valor

obtenido. Sin embargo, a 2500 rpm y 5500 rpm, el valor máximo de los datos obtenidos en estas revoluciones experimenta de un crecimiento del 92.03% y 15.86% de la tensión máxima registrada a 2500 rpm y 5500 rpm en relación del sistema solo a gasolina con el sistema gasolina – GLP.

Tabla 14

Valores de tensiones de señal en 3 condiciones del sensor MAP

Sensor de presión absoluta del colector						
Tensión de señal						
N °	Sistema solo a gasolina (V)			Sistema gasolina – GLP (V)		
	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm
1	0.5487	0.3642	0.7332	0.6264	0.5099	0.7624
2	0.5973	0.3642	0.7235	0.5875	0.4904	0.7526
3	0.5778	0.3836	0.7041	0.6264	0.5196	0.8109
4	0.5875	0.3642	0.7429	0.5973	0.5099	0.8983
5	0.5875	0.3448	0.7235	0.6167	0.5196	0.7332
6	0.5778	0.3253	0.7332	0.5973	0.5099	0.8498
7	0.5778	0.3156	0.7526	0.6167	0.4904	0.7429
1000	0.5487	0.3836	0.7332	0.6070	0.5390	0.7915
Promedio	0.5646	0.3651	0.6086	0.5713	0.5222	0.8358
Mínimo	0.4419	0.2671	0.0049	0.4419	0.3545	0.6847
Máximo	0.6847	0.5487	1.1023	0.6749	1.0537	1.2771

Nota. El cuadro contiene una porción de los datos tomados antes y después de la conmutación a un sistema de gasolina – GLP, debido al sinnúmero de cifras obtenidas.

La temperatura del aire de refuerzo forzada por el turbo tiende a disminuir en estado de conmutación al sistema gasolina – GLP, existe un aumento porcentual del 14.67 % del voltaje de señal a un régimen de ralentí, 14.10% a 2500 rpm y 15.57% a 5500 rpm.

Tabla 15

Valores de tensiones de señal del sensor Boost temperatura

Sensor de temperatura del aire de refuerzo						
Tensión de señal						
N °	Sistema solo a gasolina (V)			Sistema gasolina – GLP (V)		
	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm
1	1.8598	1.7432	1.8209	2.1511	1.9763	2.0346
2	1.8792	1.7432	1.7723	2.1705	1.9666	2.0151
3	1.8598	1.7335	1.8112	2.1608	1.9763	2.3065
4	1.8792	1.7432	1.8112	2.1608	1.9860	1.9666
5	1.8695	1.6947	1.8112	2.1705	1.9763	2.1511
6	1.8792	1.7044	1.8209	2.1802	1.9569	2.0540
7	1.8598	1.7335	2.0151	2.1705	1.9569	2.0734
1000	1.8403	1.7432	1.7723	2.1997	2.1511	2.0346
Promedio	1.8599	1.7354	1.8154	2.1328	1.9801	2.0981
Mínimo	1.7335	1.6461	1.6947	2.0054	1.8500	1.9374
Máximo	1.9763	1.9277	2.1511	2.2579	2.3453	2.6561

Nota. Los datos representados en esta tabla es una muestra de todos los datos obtenidos, no se muestra toda la base de datos obtenida debido a la gran magnitud de cifras, en tres condiciones de regímenes

La tabla 6 muestra los valores característicos del sensor de temperatura del aire de refuerzo, en 20°C el voltaje de señal oscila entre 2.4 – 2.6 V, en 30°C el voltaje de señal se encuentra en el rango de 1.7 – 1.9 V. Al ser un termistor del tipo NTC, la temperatura aumenta cuando el voltaje disminuye.

Tabla 16

Valores de temperatura del sensor Boost

Sensor de temperatura del aire de refuerzo						
Temperatura						
	Sistema solo a gasolina (°C)			Sistema gasolina – GLP (°C)		
	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm
Promedio	29.14	30.95	29.78	25.25	27.13	25.74
Máximo	30.95	32.20	31.50	27.07	29.29	28.04
Mínimo	27.48	28.18	24.98	23.46	22.21	17.70

Nota. Temperatura del aire de refuerzo en diferentes regímenes de giro del motor, en condiciones alimentación solo a gasolina y sistema gasolina-GLP.

La temperatura del aire forzado por el turbo propende a disminuir en los tres diferentes regímenes de giro del motor con respecto a la condición de suministro de gasolina. El decrecimiento porcentual del valor máximo de temperatura entre las dos condiciones es de 12.53%, 9.04% y 10.99% a regímenes de giro de ralentí, 2500 rpm y 5500 rpm. Lo que indica que al suministrar GLP en estado líquido la temperatura del múltiple de admisión tiende a disminuir.

Sensor HO2S trasero

El sensor de oxígeno trasero es aquel que determina si la mezcla es rica o pobre. En base a la tabla 1, cuando el voltaje de señal es superior a los 0.45 V la mezcla es rica, sin embargo, cuando el voltaje de señal es inferior a los 0.45 V la mezcla es pobre.

El valor del voltaje de señal del sensor HO2S trasero en régimen de ralentí, 2500 rpm y 5500 rpm, tiende a aumentar en relación del sistema solo a gasolina con el sistema gasolina – GLP. Con un crecimiento porcentual del 25.08% en condiciones de ralentí, 20.98% y 61.06% en regímenes de 2500 rpm y 5500 rpm respectivamente. El incremento porcentual refleja que la mezcla de aire – combustible en el sistema gasolina – GLP se encuentra en zona rica, debido al aporte del GLP en el proceso de combustión.

Tabla 17

Valores de tensiones de señal del sensor HO2S trasero.

Sensor HO2S trasero						
Tensión de señal						
N °	Sistema solo a gasolina (V)			Sistema gasolina – GLP (V)		
	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm
1	0.6264	0.6749	0.3642	0.7818	0.8206	0.4710
2	0.6264	0.6749	0.3253	0.7915	0.8303	0.5487
3	0.6264	0.6749	0.3545	0.7915	0.8109	0.4904
4	0.6264	0.6749	0.3836	0.8012	0.8206	0.5293
5	0.6070	0.6749	0.3836	0.8012	0.8303	0.5001
6	0.6361	0.6749	0.3836	0.8012	0.8303	0.5099
7	0.6264	0.6652	0.3448	0.8012	0.8303	0.5099
1000	0.6361	0.6361	0.3836	0.8012	0.8303	0.4807
Promedio	0.6514	0.6798	0.3141	0.8148	0.8224	0.5059

Sensor HO2S trasero						
Tensión de señal						
	Sistema solo a gasolina (V)			Sistema gasolina – GLP (V)		
	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm	Ralentí	2500 rpm	5500 rpm
Mínimo	0.5778	0.6167	0.1894	0.7332	0.7041	0.3836
Máximo	0.7818	0.8400	0.5487	0.9566	0.9274	0.7041

Nota. Los valores mostrados en la tabla son una muestra de la gran cantidad de datos obtenidos, en tres condiciones de regímenes

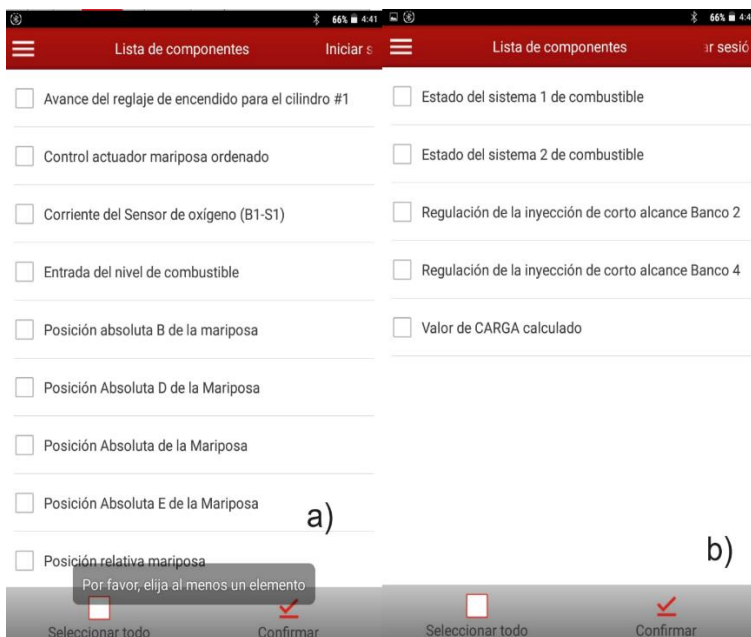
A 5500 rpm del motor, se encuentra la tensión mínima de señal del sensor de oxígeno trasero con 0.1894 V, demostrando que a estas revoluciones el vehículo se encuentra trabajando con mayor aporte de oxígeno en relación con gasolina (sistema solo gasolina). Sin embargo, cuando se trabaja con el sistema dual, la mezcla tiende a ubicarse en zona rica, teniendo la mayor tensión en ralentí (0.9566 V), evidenciando el aporte de otro carburante a la mezcla aire-combustible.

Comparativa de los datos que se pueden obtener mediante escáner automotriz

El protocolo de comunicación ISO 15765-4 (1725) CAN BUS, permite la comunicación de datos de PID a alta y baja velocidad de modo que esta facilite el diagnóstico y mantenimiento, con el monitoreo de flujo de datos en tiempo real los sistemas de los vehículos

Figura 83

PID que se pueden seleccionar en el vehículo de prueba.



Nota. a) PID característicos que se pueden seleccionar para obtener datos en tiempo real del vehículo de prueba condición de gasolina, esta selección se puede hacer en 40 PID. b) PID característico que se pueden seleccionar para obtener datos en tiempo real del vehículo de pruebas en condición GLP, la selección se limita a 5 PID.

Al conectar el escáner en la condición de gasolina y leer los datos en tiempo real de sensores y actuadores que se envían a la computadora se encontró que es posible seleccionar entre 40 PID que pertenecen al módulo de control de potencia (PCM), de los cuales se seleccionó 25, que son importantes dentro del sistema de inyección directa de combustible, entre los datos a tiempo real se pueden destacar el avance del reglaje de encendido para el cilindro #1 que se mantuvo en un valor de -10 BTDC (Before time dead center), mientras que la entrada de combustible se encontró entre un rango de 32.157-33.725%.

El valor de lambda se halló cercano a 1, lo que indica el control preciso que posee el conjunto de sensores, ECU y actuadores del sistema de inyección directa de gasolina en el vehículo de prueba, esta información es transmitida por el sensor de oxígeno o HEGO delantero y determina si en qué zona se encuentra mediante el amperaje, variando entre -0.148 mA a 0.312 mA, el primer valor según los valores referenciales de los PID del sensor de oxígeno delantero; se encuentra en zona pobre, en cambio el otro valor en zona rica.

El sensor de oxígeno trasero dio a conocer en qué zona se encuentra la mezcla, por medio de dos valores característicos 0,2V zona pobre y 0,8 V en zona rica, en el caso del vehículo de prueba se obtiene una variación de 0.05 V -0.805 V, es decir, que la ECU para mantener un valor de lambda cercano a uno varía entre zona rica y zona pobre. Esto se resume a que mientras más sensores posee un vehículo con respecto al sistema de inyección de combustible es más preciso el cálculo que realiza la ECU mediante sus algoritmos, con el fin de determinar el tiempo de apertura de los inyectores.

Por otro lado, la información que permite obtener el conector OBD II, cuando el vehículo de prueba se encuentra en condición de ralentí y con el sistema de 5ta generación de GLP activo, se limita a 5 datos, de los cuales dos no transmiten información precisa de la entrada de combustible del sistema, es comprensible que se incremente una nueva entrada de combustible, esto se debe a que el sistema está trabajando con dos combustibles en proporciones diferentes, sin embargo la entrada de combustible 1, transmite la información de CL como PID y la entrada de combustible 2 no transmite valores de PID.

En cuanto, a la regulación de la inyección de corto alcance del nuevo combustible -25 % a -97,656%, este valor es un ajuste dinámico realizado por la PCM para regular el tiempo de apertura, la cantidad de combustible inyectado, la presión de pulverización del inyector y el ángulo del mismo, considerando lo dicho antes, se tiene la regulación de la inyección de largo alcance que tiene valores de entre -100% a 6%, y este desempeña un ajuste global y a largo

plazo que optimizan el rendimiento del sistema de inyección electrónica del combustible GLP y su conjunto.

Si se lleva a cabo una comparación entre los dos PID que se puede obtener en cada sistema, se demuestra la dependencia del sistema de 5ta generación de conversión de GLP a la gestión electrónica del vehículo en su condición gasolina, ante lo examinado, es posible decir que el sistema de GLP posee menos sensores y actuadores que intervienen en el proceso del control electrónico, debido a la conexión existente de 2 pines de la ECU de GLP, representado en la figura 48 por la conexión K, a los dos pines de transmisión de datos del protocolo ISO CAN Bus, estos datos que se reflejan en esta condición dual, son PID que no intervienen en la transmisión de datos del sistema de GDI, es más son datos que se emplean al momento de configurar el mapa de gas.

La información que la PCM transmite al puerto OBD II en condición de gasolina hacia el exterior mediante el escáner, para ser observada por los expertos en el área de mantenimiento automotriz, en proceso de inyección de gas líquido son transmitidos a la ECU de GLP con el fin de ayudar a mejorar su control electrónico sin la necesidad de colocar nuevos componentes que ya están presentes en el conjunto de gestión electrónica de inyección de gasolina, a pesar de que esto es una forma interesante de manejar el control electrónico porque se puede decir que posee la misma cantidad de sensores que transmiten información a la ECU, limita el actuar de la gestión electrónica de la tecnología de 5ta generación de GLP, al volver el sistema dependiente de valores de PID de otro sistema, esto quiere decir, que en un caso donde la transmisión de datos del sistema de GDI falle y arroje valores incorrectos de parámetros, la ECU de GLP no tiene como comprobar estos datos en tiempo real y corregirlos, teniendo como único método de protección; incrementar el tiempo de apertura del inyector GDI, sin generar fallas para su posterior corrección .

Análisis de los diferentes mapas de gas

El mapa de gas es el encargado de controlar el tiempo de apertura de los inyectores GLP, este posee un multiplicador que es un valor numérico en base al tiempo de inyección de los inyectores de GDI, es el que rige toda la gestión electrónica del sistema GLP de quinta generación, si este no se encuentra configurado de acuerdo con las características particulares del vehículo de prueba, genera diferentes problemáticas como es que no se conmute el sistema o se conmute y no se mantenga el ralentí. Además, se puede generar la conmutación y un funcionamiento adecuado.

En el vehículo de prueba se realizó tres configuraciones de mapas de pruebas en las cuales se obtuvo los siguientes comportamientos:

- Primer configuración mapa de gas: El tiempo de inyección de gasolina era el mismo que el tiempo de inyección de GLP, siendo establecido en 128 en ralentí, mientras que en la zona de conducción según la tabla 7, el tiempo de inyección de GLP es mayor al de combustible con un valor k de 133, en esta configuración realizada el vehículo tuvo varios inconvenientes como es que no se pudo realizar la conmutación del sistema mediante el programa, esto genera que el sistema no funcione en una condición dual.

Figura 84

Primera configuración del mapa de gas para el vehículo de prueba.

	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
0,5	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
1	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
1,25	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
1,5	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
2	128	128	123	123	123	128	128	128	128	128	128	128
2,5	128	128	123	123	123	128	128	128	128	128	128	128
3	128	128	123	123	123	128	128	128	128	128	128	128
3,5	128	128	128	128	128	133	133	133	133	133	133	133
4	128	128	128	128	128	133	133	133	133	133	133	133
4,5	128	128	128	128	128	133	133	133	133	133	133	133
5,5	128	128	128	128	128	133	133	133	133	133	133	133
8	128	128	128	128	128	133	133	133	133	133	133	133

Enable coloured map
 Extra injections map enable

Reset map

Nota. El mapa de gas de la primera configuración no fue óptimo para el vehículo de prueba

- Segunda configuración del mapa de gas: El tiempo de inyección de GLP se ve modificado el factor k en la zona de CUT-OFF a 133, aceleración con un valor de rango de variación de 125-138 esto genera que el tiempo de apertura de los inyectores sea mayor con el fin de mover el vehículo y después pasa a un período de estabilidad, esta configuración se realiza en una prueba de ruta, al igual que la zona de carga y zona de viaje con el fin de generar una dinámica similar a la gestión electrónica del inyección de gasolina con el GLP. Este mapa de gas presentó un comportamiento en el vehículo de prueba, se realiza la conmutación, sin embargo, esta no duro más de 10s, ya que el ralentí no se mantuvo en el vehículo como consecuencia se apague el motor.

Figura 85

Segunda configuración del mapa de gas.

	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
0,5	128	128	133	133	133	133	133	133	133	128	128	128
1	130	130	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
1,25	130	130	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
1,5	130	130	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128
2	133	133	123	123	123	123	123	123	128	128	128	128
2,5	133	133	123	123	123	123	123	123	128	128	128	128
3	133	133	123	123	123	123	123	123	128	128	128	128
3,5	133	133	128	128	128	138	138	138	143	143	143	143
4	133	133	138	138	138	138	138	138	143	143	143	143
4,5	128	128	138	138	138	143	143	143	143	143	143	143
5,5	128	128	125	125	125	143	143	143	143	143	143	143
8	128	128	125	125	125	143	143	143	143	143	143	143

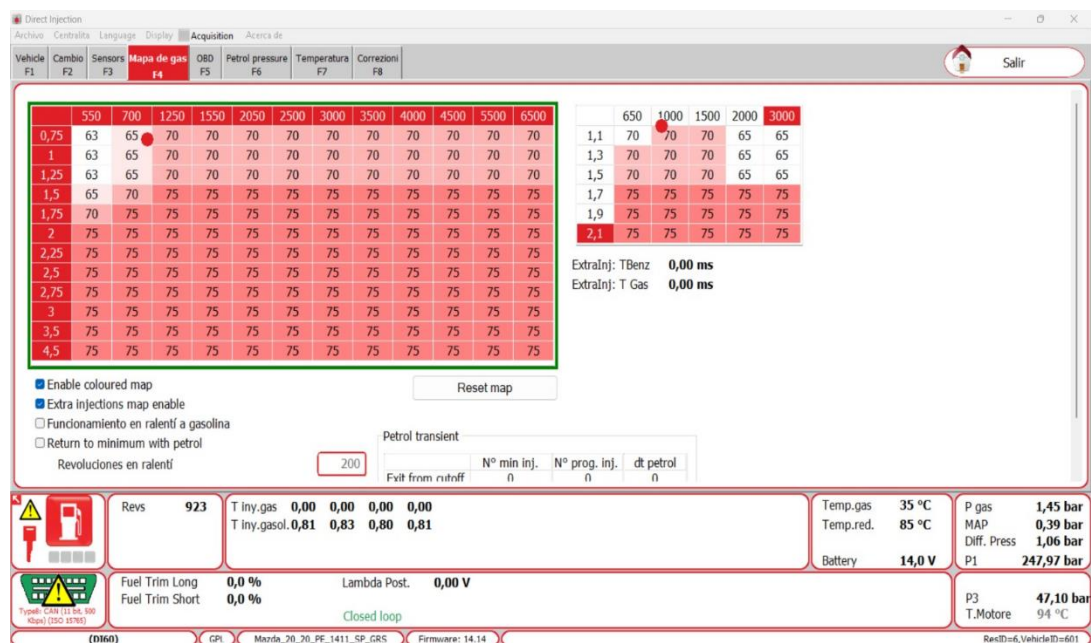
Nota. La segunda configuración realizada al vehículo de prueba permite la conmutación del sistema, pero no se mantiene, apagando al vehículo.

- Tercera configuración de mapa de gas: El mapa se configuró con la condición de el tiempo de inyección de los inyectores GLP, sea mayor al de los inyectores GDI, de modo que se reduzca el trabajo realizado por el mismo, en la zona de ralentí se usó

valores desde 63 a 75, este número es adimensional y factor de multiplicación, mientras que en la zona de carga se usa un factor de k para el incremento de 75. En este mapa gas en el vehículo de prueba logró conmutar y mantener el ralentí, es decir el sistema de 5ta generación de GLP comienza a trabajar, además se escucha el sonido de inyección de los inyectores de GLP, con algunas condicionantes que la temperatura del motor alcance los 80°C y a causa de que el GLP incrementa la temperatura de combustión del vehículo de prueba no puede sobrepasar los 100 km/h.

Figura 86

Tercera configuración del mapa de gas.



Nota. La tercera configuración realizada al vehículo de prueba permitió la conmutación del sistema y su estabilidad

Capítulo V

Marco Administrativo

La presente investigación titulada “Análisis de la gestión electrónica de la tecnología de quinta generación del sistema de gas licuado y el proceso de inyección de gas líquido a través de los parámetros característicos de sensores, unidad de control electrónico y actuadores en un Motor GDI”, se llevó a cabo con varios recursos como son: humanos, tecnológico, materiales, presupuesto y financiamiento.

Recursos

Recursos Humanos

En esta sección se aborda los roles de las personas que intervinieron en el proceso de investigación.

Tabla 18

Recursos Humanos

Orden	Personal	Función
1	Cóndor Toapanta, Ingrid Vanesa	Investigador
2	German Chinchuña, Erik German	Investigador
		Investigador
		Asesor vehículos flexibles
3	Ing. Quiroz Erazo, Leónidas Antonio	uso GLP
		Director de trabajo de titulación

Nota. Recursos empleados en el proceso de investigación

Recursos Tecnológicos

Con el objetivo de llevar a cabo la investigación de la tecnología de 5ta generación del sistema de gas licuado y su proceso de inyección en un motor GDI, se vio en la necesidad de emplear diversos recursos tecnológicos avanzados, estos se detallan a continuación:

Tabla 19

Recursos Tecnológicos

Orden	Descripción	Función
1	Computadora	Sistema operativo: Windows 7-10, Mac OSX10.10 o superior Procesador: Intel Core 5i, AMD Anthlon X2 o superior. Memoria RAM: 4GB o 8GB. Espacio en el disco duro de 500 MB (megabits) Resolución de la pantalla es 1024x768
2	Software de la interfaz de osciloscopio	Programa de visualización de las señales del osciloscopio.
3	Escáner Automotriz	Equipo de diagnóstico automotriz por protocolos de comunicación
4	Software de LRIS	Programa de configuración del sistema de 5ta generación de gas GLP y mapas de gas.

Nota. Equipos empleados en el desarrollo de la investigación

Recursos Materiales

Para el desarrollo de esta investigación se empleó los siguientes materiales, los mismos que contribuyeron en la obtención del flujo de datos en tiempo real.

Tabla 20*Recursos Materiales*

Orden	Descripción
1	Puntas de osciloscopio
2	Cinta aislante eléctrica
3	Alfileres
4	Cables prueba
5	Atenuadores 20:1

Nota. Materiales empleados durante el proceso de investigación

Presupuesto

Para el desarrollo de esta investigación los gastos junto con los detalles y cantidades empleados se detalla en la tabla 8.

Tabla 21*Presupuesto*

Detalle	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Materiales-equipos			
Motor de combustión GDI	1	562.5	1 125
Kit de conversión GLP 5ta generación	1	350	700
Accesorios sistema del GLP	1	125	125

Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
		(USD)	(USD)
Sistemas complementarios y estructura	4	16	64
Pruebas			
Instalación del sistema de 5ta generación	2	37.5	75
Pruebas de gestión electrónica para la obtención de flujo de datos	6	10	60
Calibración equipos	1	92	184
		Subtotal	2 333
		Imprevistos	
Imprevistos		10% sub-Total	233.30
Suma total			2 566.30

Nota. El presupuesto empleado para investigación es de 2566 aproximado, en conjunto con los imprevistos que se tuvieron en el desarrollo de esta.

Financiamiento

El desarrollo del análisis de la gestión electrónica de la tecnología de quinta generación del sistema de gas licuado y el proceso de inyección de gas líquido a través de los parámetros

característicos de sensores, unidad de control electrónico y actuadores fue financiado por los investigadores.

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

La gestión electrónica de la tecnología de 5ta generación del sistema de gas licuado de petróleo y su proceso de inyección, mediante la obtención de parámetros característicos de sensores, unidad de control electrónico y actuadores, establece un vínculo de transferencia de información del sistema de inyección directa de gasolina con la ECU de GLP, esto se debió a que el control de masa de los inyectores GDI genera la secuencia de activación de los inyectores GLP, es decir que el orden de inyección se mantiene en 1-3-4-2, en ambas condiciones, a pesar que sus oscilogramas característicos cambiaron. Esto fue comprobado a partir de las señales de control de masa de los inyectores GLP con los GDI, se evidenció la variación de oscilogramas característicos de cada sistema, en otras palabras, el vehículo cuando trabaja con la mezcla de propano-butano se vuelve un vehículo de inyección multipunto con entrada de combustible en el múltiple de admisión.

El proceso de combustión de un sistema de tipo dual causó la variación de las tensiones de señal de los sensores del vehículo, obteniendo una variación en los valores de tensión de señal de algunos sensores como: Knock con un incremento 19.82% en la condición dual con respecto al estado de gasolina en ralentí, esta variación de parámetros característicos se comprueba con el incremento de 43.03% en la condición de mezcla propano-butano y gasolina en el régimen acelerado, entre otros sensores como ECT, Temperatura Boost, HEGO posterior.

Se constató que la comunicación se basa en tres partes importantes: el elemento del cual se obtiene información, medio de obtención y dispositivo de visualización de datos, además de conocer el protocolo de comunicación que emplea el vehículo para transmitir su información al escáner automotriz es ISO CAN Bus 15765-4, el mismo que posee un una

transmisión de datos en tiempo real con una velocidad de funcionamiento de 500 Kbps a alta velocidad (pin 6) y 125 Kbps en una baja velocidad (pin 14), para transmitir datos críticos para el tiempo, de los sensores del motor y señales de control, incluyendo la transmisión de datos no críticos.

Los protocolos de comunicación establecidos por la SAE, ISO y EPA, interactúan en los sistemas del vehículo con el exterior mediante un puerto de comunicación (OBDII), en base a se puede obtener flujos de datos en tiempo real del conjunto de gestión electrónica como los valores de tensión de señal, control de masa, PID y demás datos. Se desarrolló dos protocolos de comunicación, el primer protocolo establece el método de adquisición de datos por medio del interfaz de osciloscopio con el fin de visualizar de manera detallada los oscilogramas de las señales eléctricas de los sensores y actuadores, esta información fue guardada en tres tipos de archivos txt (tensiones características por cada canal), pdf (reporte), bmp (captura de pantalla); el segundo método a través del puerto OBD II y un escáner automotriz permite acceder a los PID del sistema de inyección de combustible. De modo que se obtuvo valores de PID del rango de inyección de corto alcance de aproximadamente 99.219%, al igual que el rango de flujo del sensor MAF se encontró en un rango de 4.730 g/s a 5.78 g/s, por otro lado, la inyección de corto alcance banco 1, el mismo que tuvo valores cercanos a 0.781%.

A través de diagramas eléctricos de la gestión electrónica del vehículo de sensores y actuadores externos al del automotor; tales como sensor de temperatura del refrigerante del motor, sensor de presión de vacío, sensor de presión y temperatura del GLP, así como la electroválvula de conmutación e inyectores de GLP, se evaluó la arquitectura y componentes del sistema de gas licuado de quinta generación, determinando la relación entre la gestión electrónica de tipo dual, al igual que la dependencia de la transmisión de los datos del sistema de inyección electrónica de gasolina GDI, a través de la conexión por los pines 6 y 14 del puerto OBD II, que transmiten la información a la computadora de GLP.

La conversión dual en un motor GDI, representa un desafío importante debido a la naturaleza de la gestión electrónica del sistema, es decir, el vehículo de prueba en su condición de gasolina posee varios sensores que envían información a la ECU con el fin de establecer un control preciso del tiempo de apertura de los inyectores GDI en sus dos fases de trabajo, esto es corroborado por la posibilidad de obtener 40 PID'S del conjunto de control electrónico, de los sensores y actuadores que trabajan en conjunto con el fin de establecer valor de lambda cercano a 1, mientras que en la condición de trabajo de GLP, la información obtenida por medio del puerto OBD II es limitada a 5 PID'S, del control electrónico del vehículo de prueba en su nueva condición, de modo que los datos que en la condición de gasolina eran enviados a la dispositivo de visualización, ahora son transmitidos a la ECU de GLP con el fin de mejorar el control electrónico de la inyección de la mezcla propano-butano.

La interfaz de osciloscopio automotriz y protocolo de comunicación de datos en tiempo real desarrollado; permitió la visualización y análisis de las señales, parámetros de operación de los sensores y actuadores del sistema GLP quinta generación en motores GDI, en relación con los del sistema de gestión electrónica del vehículo. Los oscilogramas establecen que en la condición dual el inyector de gasolina trabaja en dos momentos, la inyección dosificada se realiza en la fase de admisión y la inyección estratificada se da en la fase de trabajo, con una pico de tensión de control de masa de 15.3821V y de 59.386 V a 61 V respectivamente, en contraste el inyector de GLP comienza su trabajo en la fase de escape y tuvo un control de masa de 0V para la activación y un pico de tensión de aproximadamente 40.0791 V, esto es debido a que la inyección se produce dentro del múltiple de admisión con el fin de homogeneizar la mezcla de aire-GLP antes del ingreso a la cámara de combustión.

La representación gráfica detallada de las señales características de los sensores y actuadores, ayudaron al análisis del funcionamiento de los inyectores del sistema GDI y GLP, así como, la correlación de los oscilogramas de estos con respecto al de algunos sensores

como CKP y CMP, que controlan la inyección y el encendido del vehículo, esto llevó a la generación de un diagrama eléctrico del sistema en su condición dual, avalando la dependencia del sistema de 5ta generación GLP al de inyección gasolina GDI, ya que la conexiones g, h,i, j, k,l,m,o, representadas en el diagrama de condición dual, son enviadas a la ECU de GLP con el fin de calcular el tiempo de activación de los inyectores GLP, dependiendo del tiempo de activación y las revoluciones, pudiendo variar desde 0,75 ms – 4,5 ms en un régimen de giro desde 550 rpm – 6500 rpm.

Para la obtención de flujo de datos en tiempo real se realizó pruebas de tipo estáticas con tres condiciones de funcionamiento, con el fin de comprender el comportamiento del sistema ante estas variables, el régimen de ralentí, régimen acelerado(2500 rpm) y a la máxima potencia del vehículo lo prueba (5500 rpm), con el fin de comparar tanto tensiones de funcionamiento y oscilogramas característicos de sensores y actuadores, además de establecer una base de datos, con el fin de comprender la gestión electrónica del sistema de 5ta generación de gas licuado de petróleo y el proceso de inyección de gas líquido a través de los parámetros característicos de sensores, unidad de control electrónico y actuadores en un Motor GDI; de modo que se corrobore el proceso de obtención de datos empleando el escáner automotriz en régimen de ralentí.

En definitiva, el sistema de control electrónico de alimentación de combustible de un motor de combustión interna MEP con GDI de un vehículo influye en la gestión electrónica del sistema de GLP de quinta generación de conversión dual (GLP-Gasolina), a través de los diagramas eléctricos del sistema a gasolina y su condición dual, se puede comprobar la dependencia del sistema de GLP al control electrónica del inyección de gasolina, ya que se llevó a cabo el proceso de configuración del mapa de gas, es necesario emplear el factor k que varío desde 63-75 (valor adimensional), siendo la base numérica es la encargada de aumentar o disminuir el tiempo de apertura de los inyectores de GLP con respecto a los de gasolina,

obteniendo que el tiempo de inyección de gasolina es de 1.6 ms , mientras el tiempo de activación de GLP es de 4.3 ms.

La gestión electrónica de un motor GDI se adapta al funcionar con GLP, mediante el incremento o disminución del tiempo de inyección de combustible, a través de la tensión de señal de los sensores Knock, ECT, MAP y sensor de oxígeno los cuales envían información importante a ECU de gasolina con el fin de mantener un valor lambda cercano a 1. Por el aumento de las vibraciones del proceso de combustión del 19.87% y el incremento de temperatura del refrigerante del motor del 11.70% entre ambas condiciones; el sistema de control electrónico del vehículo varía el tiempo de inyección y el adelanto al encendido. El vehículo después de la conversión a GLP posee una gestión electrónica de tipo dual, es decir, ambos sistemas de control electrónico interactúan entre sí y pueden ir variando sobre que condición (combustible) emplee según la necesidad del conductor, además que mientras la ECU de GLP depende de la información de la PCM de gasolina, la otra puede trabajar de manera aislada sin intervención de la otra ECU.

Recomendaciones

- Desarrollar pruebas del comportamiento de la gestión electrónica del sistema de gasolina y GLP en condiciones de prueba dinámica, basándose en el protocolo WLTP de ciclos de conducción para la obtención del flujo de datos en tiempo real, mediante escáner automotriz.
- Comparar los tiempos de inyección de los inyectores GDI y GLP en distintos regímenes de giro, empleando el software de LRIS en la función gráficas, con el fin de comprender la configuración del mapa de gas y la comprobación del factor numérico K.
- Obtener los PID'S y oscilogramas que recibe la computadora de GLP a través del puerto de comunicación OBD II, para verificar el diagrama eléctrico en la condición dual.
- Comprobar la interacción del conmutador de GLP con la gestión electrónica del vehículo, a través del protocolo de comunicación ISO y osciloscopio automotriz, para determinar tiempos de transición del sistema dual (Gasolina-GLP).
- Verificar el adelanto al encendido del sistema GLP de quinta generación, empleando un flujo de datos en tiempo real de escáner y osciloscopio automotriz, en diferentes regímenes de giro del motor, para profundizar el comportamiento de la gestión electrónica dual.
- Emplear el apartado de diagnóstico del software de configuración del sistema de gestión electrónica del GLP, por medio del puerto DLC de la ECU de GLP, para el desarrollo de un protocolo de comunicación basado en ISO o SAE.
- Realizar pruebas estáticas con carga al motor para analizar el comportamiento de las señales de los actuadores y sensores del vehículo, apoyándose en normativa SAE J1349.

Bibliografía

- Vehigas . (2024). *Contacto*. Obtenido de Vehigas: <https://www.vehigas-ec.com/>
- Alonso, J. (2009). *Técnicas del Automóvil Motores* (11a ed.). Ediciones Paraninfo.
- Auto Avance . (08 de junio de 2019). Obtenido de <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/135-sensor-de-posicion-del-cigueenal-ckp/>
- Auto Avance. (8 de Enero de 2018). *Ecu Automotriz Funcionamiento*. Obtenido de Auto Avance: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/ecu-automotriz-funcionamiento/>
- Autocasión*. (06 de octubre de 2021). Obtenido de <https://www.autocasion.com/diccionario/bomba-de-combustible-o-de-gasolina>
- Autoland. (09 de abril de 2021). Obtenido de <https://autoland.com.pe/que-son-los-inyectores-y-cada-cuanto-tiempo-limpiarlos/>
- Autosoporte*. (2021). Obtenido de <https://autosoporte.com/analisis-tecnico-del-uso-del-osciloscopio-automotriz/>
- Ávila, D. (08 de junio de 2021). *ActualidadMotor*. Obtenido de <https://www.actualidadmotor.com/sensor-maf-o-sensor-de-flujo-de-aire/>
- Benavides, C. (2020). *Mundo Motor*. Obtenido de <https://www.mundodelmotor.net/ecm-modulo-de-control-electronico/>
- Cáceres , R., & Mallón, I. (2011). *Análisis de la viabilidad económica y ambiental de la conversión de vehículos de gasolina a GLP*. Instituto del Petróleo Español (IPE).
- Chavez, I. (20 de Enero de 2016). *Protocolo SAE J1850 VPW* . Obtenido de TAAET Electronics: <https://www.taaetcom.app.exur.com/news-taaet-blog/protocolo-can-bus>

Digitronicgas. (2019). Obtenido de <https://dominicana.digitronicgas.com/productos/accesorios-y-partes-de-repuesto/sensor-de-temperatura-del-reductor-de-glp-gnv-con-enchufe-adicional/>

Donaire, D. (27 de octubre de 2021). *Actualidad Motor*. Obtenido de <https://www.actualidadmotor.com/funcionamiento-basico-de-la-inyeccion-elctrica/>

E-auto. (20 de febrero de 2023). Obtenido de <https://www.e-auto.com.mx/enev/index.php?view=article&id=6627-common-rail-08-sensor-de-presion-del-combustible-g247>

FlexFuel. (04 de febrero de 2024). Obtenido de <https://www.flexfuel-company.es/sensor-iat/>

FlexFuel. (04 de enero de 2024). Obtenido de <https://www.flexfuel-company.es/sensor-map/>

Full mecánica. (2014). Obtenido de <https://www.fullmecanica.com/definiciones/i/1495-inyeccion-electronica-gasolina-la-valvula-de-regulacion-de-presion-del-combustible>

GasContril ECUs for Gas Systems. (s.f.). Diferencias entre las ECU de Gas [Video].

Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de

https://www.youtube.com/watch?v=tiHQjEE8tCs&ab_channel=GasControlECUsforGasSystems

Geotab. (25 de noviembre de 2020). Obtenido de <https://www.geotab.com/es/blog/obd-ii/>

Hernández, A. (07 de Marzo de 2015). *LA LEY DE OHM CON EJEMPLOS PRÁCTICOS*.

Obtenido de TALLERELECTRONICA.COM / BLOG:

<https://tallerelectronica.com/2015/03/07/la-ley-de-ohm-con-ejemplos-practicos/>

Herranz, D. (26 de enero de 2017). Obtenido de

https://www.blogmecanicos.com/2017/01/como-funciona-un-sistema-glp_26.html

Herranz, D. (26 de enero de 2017). *Blog Mecánicos*. Obtenido de

https://www.blogmecanicos.com/2017/01/como-funciona-un-sistema-glp_26.html

Hybrid Supply. (s.f.). *Inyectores Landi Renzo GIRS12*. Obtenido de Hybrid Supply:

<https://hybridsupply.es/productos/landi-renzo/componentes/inyectores-landi-renzo-girs12/>

INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ. (01 de Mayo de 2020). *¿Qué es la Computadora de motor PCM y cómo funciona?* Obtenido de INGENIERIA Y MECANICA AUTOMOTRIZ:

<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-la-computadora-de-motor-pcm-y-como-funciona/>

Landi Renzo. (s.f.). *Equipo GLP de inyección multipunto Landi Renzo EVO para motores gasolina*. Obtenido de Super Gas: <https://supergas.es/taller-glp-landi-renzo-y-distribuidor-de-la-marca/>

Landi Renzo. (s.f.). *Reductores Landi Renzo LI10*. Obtenido de HYBRID SUPPLY:

<https://hybridsupply.es/productos/landi-renzo/componentes/reductores-landi-renzo-li10/>

Landi Renzo. (s.f.). *Sistema OMEGAS DIRECT LANDIRENZO: GIRS12*. Obtenido de

LANDIRENZO: <https://landirenzo.com/sites/default/files/upload/components/rail-girs12-en.pdf>

Landi Renzo. (s.f.). *Sistema OMEGAS DIRECT LANDIRENZO: OMEGAS DIRECT 3.0*.

Obtenido de LANDIRENZO:

<https://landirenzo.com/sites/default/files/upload/components/ecu-omegas-direct-3-0-di60-4cyl-en.pdf>

Landi Renzo. (s.f.). *Sensor de MAP AEB TIPO MP01 MP12T*. Obtenido de Nagaz 24:

<https://nagaz24.com/map-sensor-aeb-tipo-mp01-mp12t/>

Landi Renzo. (s.f.). *Sensor de temperatura motor - refrigerante - Landi Ø 16mm*. Obtenido de Recambios AutoGAS. es: <https://recambiosautogas.es/es/home/265-sensor-de-temperatura-motor-refrigerante-landi-o-16mm.html>

Lara, G. (2020 de diciembre de 2020). *Motor Pasion*. Obtenido de <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/glp-que-es-y-para-que-sirve>

Launch Paraguay. (s.f.). *OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ – OSCILOSCOPIO DIGITAL OTC*. Obtenido de LAUNCH PARAGUAY: <https://launchparaguay.com/index.php/producto/osciloscopio-automotriz-digital/>

LOVATO GAS. (2022). *LOVATO GAS*. Obtenido de La calidad como filosofía de la empresa : http://www.lovatogas.com/php/spa/certificaciones_y_calidad/

LPG Shop. (s.f.). *Landi Renzo LR025 MAP Pressure Sensor 14mm*. Obtenido de LPG Shop: <https://lpgshop.co.uk/landi-renzo-lr025-map-pressure-sensor-14mm/>

Maloy, G. (13 de febrero de 2024). Obtenido de <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-el-bus-can>

Mazda Motor Corporation . (s.f.). *Service manual mazda cx7*. Obtenido de Mazdabg: <https://www.mazdabg.com/ftp-uploads/Mazda/CX-7/Mazda%20CX-7.pdf>

Mejia, A. (2015). *Repositorio UPS*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7537/1/UPS-CT004468.pdf>

Ministerio de Minas y Energía de La Republica Colombia. (2016, 7 marzo). *Resolución MME 40246 de 2016*. Diario Oficial de la República de Colombia. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/2616/36932-Resolucion-40246-7Mar2016.pdf>

Paredes, A. (31 de Octubre de 2022). *La huella de carbono del sector automotriz y lo que falta por hacer*. Obtenido de Linked in: <https://www.linkedin.com/pulse/la-huella-de-carbono-del-sector-automotriz-y-lo-que-adriana>

Pérez, R. (2018). *AUTODOC*. Obtenido de

<https://www.sibuscascoche.com/noticias/2019/funcion-sensor-temperatura-coche-segunda-mano/>

PetrolHead. (20 de enero de 2021). Obtenido de <https://petrolheadgarage.com/cursos-automocion/sensor-de-posicion-de-la-mariposa-de-admision-tps/>

Redacción Enfoque. (21 de Agosto de 2023). *Se amplía la oferta de GLP en estaciones de servicio*. Obtenido de Vistazo: <https://www.vistazo.com/enfoque/amplia-oferta-glp-estaciones-servicio-HI5802292>

Revista Motors. (11 de Mayo de 2023). *El sector automotriz ecuatoriano está dando pasos importantes hacia la sostenibilidad*. Obtenido de Revista Motors : <https://revistamotors.com/el-sector-automotriz-ecuatoriano-esta-dando-pasos-importantes-hacia-la-sostenibilidad/>

RG (Dirección). (2023). *DIAGRAMA ELECTRICO MAZDA CX7 PDF* [Película].

Ridge, B. (15 de Diciembre de 2023). *El impacto ambiental de la industria automotriz y sus consecuencias en el medio ambiente*. Obtenido de Medium Multimedia: <https://www.mediummultimedia.com/apps/como-contamina-la-industria-automotriz-al-medio-ambiente/>

Rodriguez, J. (04 de octubre de 2019). *247 tecno*. Obtenido de

<https://247tecno.com/protocolos-de-comunicacion-tipos-ejemplos/>

Templates, S. (2022). *Mecatrónica Automotriz*. Obtenido de

<https://www.mecatronicaautomotriz.com/2022/02/sensores-del-sistema-de-inyeccion.html#:~:text=Entre%20los%20sensores%20m%C3%A1s%20frecuentes%20e>

n%20un%20motor,flujo%20volum%C3%A9trico%20de%20aire%20-%20VAF%20M%C3%A1s%20elementos

Thomson. (29 de marzo de 2022). Obtenido de <https://mte-thomson.com/es/?noticias=que-es-un-sensor-cmp>

Unidad Operativa ECC- GNV. (25 de Enero de 2022). PARTE 4/5 - CAPACITACION LANDIRENZO INYECCIÓN SECUENCIAL [Video]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=yR5UiQAzuA&t=2432s&ab_channel=UnidadOperativaEEC-GNV

Valdeiglesias, S. (2007). *La energía y el desarrollo sostenible*. Madrid: McGraw-Hill.

Anexos