



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

TEMA: DIAGNÓSTICO DE LA RED MULTIPLEXADA DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO.

**AUTORES: CABASCANGO COBACANGO OSCAR DAVID
CÓRDOVA DÍAZ YUYAI DAVID**

DIRECTOR: ING. IGNACIO BAYARDO BENAVIDES CEVALLOS MSc.

Ibarra, 2023

CERTIFICADO**ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “DIAGNÓSTICO DE LA RED MULTIPLEXADA DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO”, presentado por el señor: CABASCANGO COBACANGO OSCAR DAVID con número de cédula 172610752-5 y el señor CÓRDOVA DÍAZ YUYAI DAVID con número de cédula 100484064-9, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 8 días del mes de septiembre del 2023.

Atentamente:



Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos Msc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	172610752-5	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cabascango Cobacango Oscar David	
DIRECCIÓN:	Cajas – Comunidad Cajas Jurídica	
EMAIL:	odcabascangoc@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL:	0960444106

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100484064-9	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Córdova Díaz Yuyai David	
DIRECCIÓN:	Ilumán Bajo calle Eloy Alfaro y San Juan Pogyo	
EMAIL:	ydcordovad@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL:	0979650940

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“DIAGNÓSTICO DE LA RED MULTIPLEXADA DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO”
AUTOR (ES):	Cabascango Cobacango Oscar David Córdova Díaz Yuyai David
FECHA:	07-02-2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos Msc.

2. Constancia

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

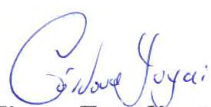
Ibarra, a los 11 días del mes de septiembre del 2023.

AUTORES:



Firma Estudiante

Cabascango Cobacango Oscar David
172610752-5



Firma Estudiante

Córdova Díaz Yuyai David
100484064-9

DEDICATORIA

En el horizonte de este logro, para aquellos que siempre creyeron en mis sueños y me brindaron su apoyo incondicional, A mis padres María Cobacango, José Cabascango, mis hermanos Maythe, Saul, mi pilar inquebrantable, por su amor incondicional y su aliento constante. Cada sacrificio y esfuerzo que hicieron ha sido el combustible que me impulsó a seguir adelante. Mis abuelitos, mis tíos, padrinos, aquellos que creyeron en mí cuando dudé de mí mismo, que me alentaron cuando flaqueé y que celebraron mis pequeños triunfos como si fueran propios. Vuestra confianza me impulsó a superar mis propios límites

A mi más grande inspiración, Sheyla. A lo largo de este desafiante camino académico, tu presencia ha sido mi mayor fortaleza y mi refugio en medio de las adversidades, tus palabras alentadoras y tu apoyo incondicional han sido mi impulso cuando el camino parecía difícil. Cada logro que celebro, sé que lo celebras conmigo, y cada desafío que enfrento, sé que estás allí para sostenerme. Eres mi mejor amiga, confidente y compañera de aventuras. Gracias por ser mi mayor motivación y por enseñarme que, con amor y determinación, podemos alcanzar todo lo que nos proponemos, y sé que, con tu apoyo, no hay meta inalcanzable.

A través de cada palabra, quiero rendir homenaje a mi hermano Jefferson, a mi querida tía, cuya presencia significó tanto en mi vida y en mi formación académica. Su partida dejó un vacío imposible de llenar, pero su legado de cariño y sabiduría continuará guiándome en cada paso que dé.

A mis amigos, quienes han sido mi red de apoyo, mis cómplices de alegrías y desafíos durante este viaje. Gracias por estar siempre a mi lado, brindándome fuerza y motivación en los momentos más difíciles. Esta página escrita con esfuerzo y cariño sean un reflejo de mi gratitud hacia todos ustedes. Cada palabra, lleva un pedacito de cada corazón que ha sido parte de mi camino.

Gracias por ser parte de este capítulo emocionante en mi vida.

Cabascango Cobacango Oscar David

DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento y gratitud, dedico este trabajo de titulación a Dios, fuente de inspiración y fortaleza en mi camino. A mis amados padres, María Díaz y José Córdova, cuyo amor incondicional y constante apoyo han sido el pilar fundamental de mi desarrollo personal y académico. A mis queridos hermanos, Mauricio Córdova, Inti Córdova y Kevin Córdova, quienes han compartido conmigo risas, retos y momentos inolvidables, motivándome siempre a dar lo mejor de mí.

No puedo dejar de mencionar a mis verdaderos amigos, quienes han sido como una familia para mí, brindándome su compañía y aliento en cada paso del camino, transformándose en hermanos y confidentes inseparables. Juntos hemos compartido momentos de alegría y también desafíos, y gracias a su incondicional apoyo, he logrado superar obstáculos y alcanzar mis metas.

Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi vida, y este trabajo es una forma de expresar mi eterna gratitud por su presencia en ella. Sin su aliento, paciencia y sacrificio, no habría sido posible llegar hasta aquí. A todos y cada uno de ustedes, les dedico este logro con todo mi corazón. ¡Gracias por ser mi inspiración y mi motivo para crecer y mejorar cada día!

Córdova Díaz Yuyai David

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por bendecirme con la capacidad de aprender y crecer, por inspirarme con la pasión por el conocimiento, a mis padres, hermanos, tíos, abuelos, a mi amada novia quienes han sido mi apoyo incondicional durante todo este proceso, gracias por creer en mí y por alentarme a alcanzar mis metas.

No puedo dejar de expresar mi profundo agradecimiento a la distinguida Universidad Técnica del Norte, la prestigiosa Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas y la Carrera de Ingeniería Automotriz por el inquebrantable apoyo brindado y la inigualable oportunidad que me han otorgado para formarme tanto como persona y como profesional.

En último lugar, quiero agradecer al apreciado Ing. Ignacio Benavides Msc., director de mi tesis, cuya paciencia y guía incondicional han sido fundamentales para el desarrollo y éxito de este trabajo de investigación. Como no al Ing. Carlos Mafla Msc., nuestro asesor, por su valioso apoyo, experiencia y asesoramiento han enriquecido significativamente el contenido y la calidad de este proyecto. Además, quiero extender mi gratitud al Ingeniero César Morales, quien con sus aportes han sido de gran valor y han contribuido significativamente a la comprensión y solidez de este trabajo de grado.

Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi camino hacia el logro de mis metas, y es por ello por lo que les estaré eternamente agradecido. Sus sabios consejos y constante apoyo serán compañeros inseparables en cada paso que dé en mi carrera profesional y en la vida en general. Desde lo más profundo de mi corazón, ¡UN DIOS LES PAGUE!

Cabascango Cobacango Oscar David

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento desde lo más profundo de mi corazón a Dios por brindarme la sabiduría, paciencia, inteligencia y su inmenso amor que me han ayudado a alcanzar mis sueños y metas.

También quiero extender mi gratitud a mi madre, María Díaz, por motivarme incansablemente a no rendirme frente a las dificultades y a tomar decisiones acertadas.

Agradezco enormemente a mi padre, José Córdova, quien, a pesar de su ausencia, siempre estuvo presente brindándome su cariño y palabras firmes que me han impulsado a superar cada meta que me he propuesto.

No puedo dejar de agradecer a la Universidad Técnica del Norte, la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas y la Carrera de Ingeniería Automotriz por su apoyo y la invaluable oportunidad de formarme como ingeniero y persona.

Por último, quiero expresar mi profundo agradecimiento al Ing. Ignacio Benavides Msc., director de tesis, por su paciencia y guía incondicional durante todo este proceso. También agradezco al Ing. Carlos Mafla Msc., nuestro asesor, por su apoyo y aportes, así como al Ingeniero César Morales, quien generosamente compartió conmigo todos sus conocimientos.

Todos ustedes han sido fundamentales en mi camino hacia el logro de mis metas y por ello les estaré eternamente agradecido. Vuestra contribución ha dejado una huella imborrable en mi vida y estoy seguro de que llevaré sus enseñanzas y apoyo conmigo en cada paso que dé. ¡Gracias de corazón!

Córdova Díaz Yuyai David

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
1.1.1 Objetivo General.....	1
1.1.2 Objetivos Específicos	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	1
1.3 ALCANCE.....	2
1.4 ANTECEDENTES.....	2
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.6 SITUACIÓN ACTUAL	4
1.7 VEHÍCULOS HÍBRIDOS.....	4
1.8 CONCEPTOS UTILIZADOS EN REDES.....	6
1.8.1 BIT.....	6
1.8.2 SEÑAL PWM.....	6
1.8.3 BYTE.....	6
1.8.4 NODO.....	6
1.8.5 BUS DE DATOS.....	7
1.8.6 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.....	7
1.8.7 REDES	7
1.8.8 MULTIPLEXADO.....	7
1.9 COMPONENTES DE LA RED MULTIPLEXADA	8
1.10 TIPOS DE REDES MULTIPLEXADAS.....	8
1.10.1 CAN (CONTROLLER AREA NETWORK)	8
1.10.2 VAN (VEHICLE AREA NETWORK)	9
1.10.3 LIN (LOCAL INTERCONNECT NETWORK).....	9
1.10.4 FLEXRAY	9
1.10.5 MOST (MEDIA ORIENTED SYSTEMS TRANSPORT).....	9
1.11 TOPOLOGÍA DE REDES MULTIPLEXADAS	9
1.11.1 CONFIGURACIÓN LINEAL	9
1.11.2 CONFIGURACIÓN EN ESTRELLA.....	10

1.11.3	CONFIGURACIÓN EN ANILLO	10
1.11.4	CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO.....	11
1.11.5	CONFIGURACIÓN MODO DE ENERGÍA.....	12
1.11.6	CONFIGURACIÓN COMPUERTA GATEWAY	12
1.11.7	CONFIGURACIÓN MAESTRO ESCLAVO	13
1.11.8	CONFIGURACIÓN DAYSI CHAIN.....	14
1.12	RED MULTIPLEXADA CAN BUS.....	15
1.13	CARACTERÍSTICAS DEL PROTOCOLO CAN BUS	15
1.14	CAPA FÍSICA DEL PROTOCOLO.....	17
1.15	PINES PROTOCOLO CAN BUS	17
1.15.1	SAE J1850 PWM (MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO)	18
1.15.2	SAE J1850 VPW.....	18
1.15.3	ISO 9141-2	18
1.15.4	ISO 14230 KWP2000	19
1.15.5	ISO 15765-4 CAN (SAE J2480)	19
1.16	FORMATO DE MENSAJE CAN (DATAGRAMA).....	19
1.17	ELEMENTOS DEL SISTEMA CAN-BUS	21
1.17.1	CABLES.....	21
1.17.2	ELEMENTOS DE CIERRE O TERMINADOR.....	21
1.17.3	CONTROLADOR.....	22
1.17.4	TRANSMISOR - RECEPTOR.....	23
1.18	PROCESO DE TRANSFERENCIA Y RECEPCION DE DATOS	23
1.18.1	SUMINISTRO DE DATOS.....	23
1.18.2	ENVÍO DE DATOS	24
1.18.3	RECEPCIÓN DE DATOS	24
1.18.4	COMPROBACIÓN DE LOS DATOS	24
1.18.5	ACEPTACIÓN DE DATOS	24
1.19	DIAGNÓSTICO DEL CAN BUS.....	25
1.20	FUENTES PARÁSITAS.....	25
1.21	MÓDULOS DEL TREN DE POTENCIA.....	26
1.21.1	PCM (POWERTRAIN CONTROL MODULE).....	26
1.21.2	TCM (TRANSMISSION CONTROL MODULE).....	27
2	MATERIALES Y MÉTODOS	29
2.1	MATERIALES.....	29

2.1.1	BANCO DE PRUEBAS DEL VEHÍCULO HÍBRIDO KIA OPTIMA 2015 MOTOR	
G 2.0.	29	
2.1.2	OSCILOSCOPIO.....	30
2.1.3	ESCANER AUTOMOTRIZ	31
2.1.4	MULTÍMETRO.....	31
2.2	MÉTODOLOGIA DEL PROYECTO DE DIAGNÓSTICO.....	31
2.3	LECTURA DE CÓDIGOS OBTENIDOS (DTC) EN EL SCANNER.....	33
2.3.1	PRIMER VALOR DE LA NOMECLATURA DE FALLAS.....	33
2.3.2	SEGUNDO VALOR DE LA NOMECLATURA DE FALLAS.....	33
2.3.3	TERCER VALOR DE LA NOMECLATURA DE FALLAS	33
2.4	ELABORACIÓN DEL PROCESO DE DIAGNÓSTICO.....	34
2.4.1	INSPECCIONAR LA LÍNEA DE LA RED	34
2.4.2	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN POR PARTE DEL CLIENTE.....	34
2.4.3	PRUEBAS CON EL VEHÍCULO EN CARRETERA	35
2.4.4	CONSTATACIÓN DE DATOS Y COMPROBACIÓN DEL ESTADO DEL RED MULTIPLEXADA.....	35
2.4.5	CONSTATACIÓN DE LAS CONEXIONES EN LOS MÓDULOS DEL TREN DE POTENCIA	35
2.4.6	VISUALIZAR LOS CÓDIGOS DE ERROR MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN SCANNER AUTOMOTRIZ.	35
2.5	LISTADO DE PRUEBAS	36
2.6	IDENTIFICAR LOS PINES DEL PUERTO OBD II Y OBD DIAGNOSTIC KIA.....	37
2.7	ENLAZAR OSCILOSCOPIO Y MULTÍMETRO AL PUERTO OBD.....	38
2.8	MEDICIÓN DE VALORES	39
2.8.1	PRUEBA DE IMPEDANCIA	39
2.8.2	PRUEBA DE VOLTAJE.....	40
2.9	PROCEDIMIENTO CON EL OSCILOSCOPIO.....	40
2.10	ALMACENAMIENTO Y CAPTURA DE DATOS.....	41
2.11	ANÁLISIS DE LOS OSCIOGRAMAS.....	42
2.12	ELABORACIÓN DE UNA GUÍA.....	43
3	RESULTADO Y DISCUSIONES.....	44
3.1	PRUEBAS.....	44
3.1.1	DTC's prediagnóstico	44
3.1.2	Prueba de impedancia	45
3.1.3	Prueba de tensión.....	46
3.1.4	CAN High en cortocircuito a masa.....	47

3.1.5	CAN High en cortocircuito a positivo.	49
3.1.6	CAN High en cortocircuito con CAN Low	50
3.1.7	CAN Low cortocircuito a masa.....	51
3.1.8	CAN Low cortocircuito a positivo	53
3.1.9	CAN Low suspendido	54
3.1.10	CAN High suspendido	56
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
4.1	CONCLUSIONES.....	59
4.2	RECOMENDACIONES.....	60
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚMERO	PÁGINA
Figura 1.1 Löhner-Porsche Híbrido	5
Figura 1.2 Toyota Prius 1997	6
Figura 1.3 Línea multiplexada	7
Figura 1.4 Componentes de la red multiplexada	8
Figura 1.5 Configuración lineal	10
Figura 1.6 Configuración estrella	10
Figura 1.7 Configuración de anillo	11
Figura 1.8 Configuración punto a punto	11
Figura 1.9 Configuración modo de energía	12
Figura 1.10 Configuración Compuerta Gateway	13
Figura 1.11 Configuración maestro esclavo	14
Figura 1.12 Configuración Daisy Chain	14
Figura 1.13 Red CAN bus	15
Figura 1.14 Velocidad de transmisión del CAN bus	16
Figura 1.15 Niveles de tensión CAN bus	17
Figura 1.16 Pines OBD II	18
Figura 1.17 Datagrama	20
Figura 1.18 Trenzado de las líneas y su voltaje H y L	21
Figura 1.19 Terminadores	22
Figura 1.20 Controladores	22
Figura 1.21 Transmisor y receptor	23
Figura 1.22 Proceso de recepción y transferencia de datos	24
Fuente 1.23 Fuentes parásitas	25
Figura 1.24 Cable de bus de datos	26
Figura 2.1 Ficha técnica	30
Figura 2.2 Flujograma de proceso metodológico	32
Figura 2.3 Informe de diagnóstico del vehículo	36
Figura 2.4 Diagrama del puerto OBD de KIA	38
Figura 2.5 Conexión del osciloscopio, scanner y multímetro	38
Figura 2.6 Prueba de impedancia en la red CAN Bus	39

Figura 2.7 Pines 6 y 14 del puerto OBD DIAGNOSTIC KIA	41
Figura 2.8 Red CAN Bus en buen estado	41
Figura 2.9 Almacenamiento de datos en el scanner automotriz MaxiCheck.....	42
Figura 3.2 Valores de impedancia	45
Figura 3.3 Valores de tensión CAN High y CAN Low	47
Figura 3.4 Valores CAN High cortocircuito a masa.....	48
Figura 3.5 Interferencia Pin 6 OBD DIAGNOSTIC KIA a masa	48
Figura 3.6 Oscilograma CAN High en cortocircuito a positivo	49
Figura 3.7 Interferencia Pin 6 OBD DIAGNOSTIC KIA a positivo de batería.....	49
Figura 3.8 Muestra CAN High en cortocircuito con CAN Low.....	50
Figura 3.9 Enlace del pin 14 al pin 6 en el puerto OBD DIAGNOSTIC KIA	51
Figura 3.10 Oscilograma CAN Low cortocircuito a masa	52
Figura 3.11 Enlace del pin 14 al pin 5 en el puerto OBD DIAGNOSTIC KIA.	52
Figura 3.12 Oscilograma CAN Low cortocircuito a positivo.....	53
Figura 3.13 Enlace del pin14 del OBD DIAGNOSTIC KIA al polo positivo de la batería de 12 V.....	53
Figura 3.14 Oscilograma CAN Low suspendido.....	54
Figura 3.15 Informe de diagnóstico con CAN Low suspendido	55
Figura 3.16 Retiro del pin 14 del puerto OBD II y conexión del osciloscopio al puerto DIAGNOSTIC KIA	55
Figura 3.17 Oscilograma con CAN High suspendido	56
Figura 3.18 Informe de diagnóstico con CAN High suspendido.....	57
Figura 3.19 Retiro del pin 6 del puerto OBD II y en el puerto OBD DIAGNOSTIC KIA.....	57

ÍNDICE DE TABLA

TABLA NÚMERO	PÁGINA
Tabla 1.1 Datos de voltaje en el multímetro.....	40
Tabla 3.1 Valores de impedancia de la red CAN bus	64

RESUMEN

En esta investigación, se propone un método de diagnóstico para la red multiplexada de un vehículo híbrido utilizando una maqueta didáctica basada en el automóvil KIA Optima del año 2015. El objetivo principal es identificar y abordar las fallas más comunes en la red CAN bus.

Para lograr este propósito, se emplearon diversas herramientas especializadas, como un scanner, un multímetro y un osciloscopio con software específico para la extracción de oscilogramas de las fallas detectadas. Mediante el uso de cables de cocodrilo en conjunto con el multímetro, se pudo verificar el estado adecuado de la red CAN bus.

El estudio también incluyó el análisis del uso correcto de los puertos OBD II y OBD DIAGNOSTIC KIA. Tras llevar a cabo el proceso mencionado, se realizó un análisis detallado de los oscilogramas, permitiendo la identificación de los voltajes dominantes y recesivos en las pruebas de las líneas CAN High y CAN Low. Estas observaciones posibilitaron determinar posibles fallas que afectan al automotor durante diversas pruebas, así como el estado del vehículo al momento de encenderlo o no.

Para evaluar la eficacia del método propuesto, se llevaron a cabo pruebas de diagnóstico previas utilizando un multímetro para verificar la impedancia de la red, obteniendo un valor de aproximadamente 61,7 ohmios. Posteriormente, se realizaron pruebas más frecuentes en la red utilizando el osciloscopio, considerando la proximidad entre las líneas CAN High y CAN Low, lo que aumenta la probabilidad de cortocircuitos. También se tomaron en cuenta posibles contactos con masa y positivo, los cuales se exploraron en pruebas adicionales.

El análisis exhaustivo de las pruebas realizadas permitió identificar las causas de las fallas y, como resultado, reducir significativamente el tiempo empleado en el diagnóstico de la red multiplexada del vehículo. Este avance representa una contribución importante al campo del diagnóstico automotriz, ya que proporciona una metodología eficiente y efectiva para detectar y abordar problemas en la red CAN bus de vehículos híbridos como el KIA Optima del año 2015.

ABSTRACT

In this research, a diagnostic method for the multiplexed network of a hybrid vehicle is proposed using a didactic model based on the 2015 KIA Optima car. The main objective is to identify and address the most common faults in the CAN bus network.

To achieve this purpose, various specialized tools were used, such as a scanner, a multimeter and an oscilloscope with specific software to extract oscillograms from the detected faults. By using alligator cables in conjunction with the multimeter, it was possible to verify the proper status of the CAN bus network.

The study also included the analysis of the correct use of the OBD II and OBD DIAGNOSTIC KIA ports. After carrying out the aforementioned process, a detailed analysis of the oscillograms was carried out, allowing the identification of the dominant and recessive voltages in the tests of the CAN High and CAN Low lines. These observations made it possible to determine possible failures that affect the automobile during various tests, as well as the state of the vehicle at the time of turning it on or not.

To evaluate the effectiveness of the proposed method, previous diagnostic tests were carried out using a multimeter to verify the impedance of the network, obtaining a value of approximately 61.7 ohms. Subsequently, more frequent tests were performed on the network using the oscilloscope, considering the proximity between the CAN High and CAN Low lines, which increases the probability of short circuits. Possible contacts with mass and positive were also taken into account, which were explored in additional tests.

Comprehensive analysis of the tests carried out made it possible to identify the causes of failures and, as a result, significantly reduce the time spent on diagnosis of the vehicle's multiplexed network. This advancement represents an important contribution to the field of automotive diagnostics, as it provides an efficient and effective methodology to detect and address problems in the CAN bus network of hybrid vehicles such as the 2015 KIA Optima.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito automotriz, el avance tecnológico ha traído notables mejoras en el confort y seguridad de los vehículos y sus ocupantes. Sin embargo, la creciente complejidad de estos vehículos ha planteado desafíos en el diagnóstico y reparación de problemas. La red multiplexada CAN bus, encargada de la comunicación entre módulos, sensores y actuadores, representa un área de especial interés debido a sus retos particulares.

Este proyecto se centra en el diagnóstico de la red CAN bus en una maqueta didáctica del KIA Optima híbrido del 2015. Se ha desarrollado una metodología de mantenimiento que emplea herramientas como un multímetro, osciloscopio, agujas de diagnóstico y scanner automotriz para obtener oscilogramas y medir la impedancia y voltajes en las pruebas más comunes de la red. Esta guía busca agilizar y mejorar el proceso de diagnóstico.

El primer capítulo presenta los objetivos, justificación y alcance de la investigación, contextualizando el problema y abordando conceptos clave de la red CAN bus, así como módulos relacionados con el tren de potencia.

En el segundo capítulo se detalla la metodología aplicada, incluyendo los materiales y procedimientos para obtener los valores de voltaje en los oscilogramas durante las pruebas frecuentes en la red CAN bus. Se busca ofrecer una guía efectiva para interpretar los oscilogramas y sus posibles causas.

El tercer capítulo exhibe los resultados de las pruebas en las fallas más comunes de la red, presentando oscilogramas y una guía detallada para reducir el tiempo necesario en el diagnóstico y resolución de problemas.

El cuarto y último capítulo presenta las conclusiones y recomendaciones enfocadas en el diagnóstico de la red multiplexada en el KIA Optima 2015, con el propósito de mejorar la eficiencia y precisión del proceso de diagnóstico, proporcionando un recurso valioso para técnicos y profesionales del sector automotriz. En conjunto, este proyecto representa un avance significativo en la optimización del mantenimiento de sistemas automotrices complejos.

CAPÍTULO I

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Diagnosticar la red multiplexada del tren de potencia del vehículo híbrido motor G 2.0.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar una guía para solucionar los problemas más frecuentes de la red CAN bus del tren de potencia de un vehículo híbrido G 2.0.
- Optimizar el tiempo del diagnóstico de la red CAN bus mediante la guía presentada.
- Analizar mediante el uso de diagramas eléctricos y oscilogramas con equipos especializados para interpretar la red CAN bus del tren de potencia del vehículo híbrido G 2.0.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Con el desarrollo del trabajo de grado se podrá analizar el funcionamiento de la red CAN bus, los módulos que lo integran, los cuales se encargan del control electrónico del vehículo, además, se busca facilitar la localización de fallos por medio del uso de diagramas eléctricos y oscilogramas en los elementos eléctricos y electrónicos que conforman el circuito.

El desarrollo de la guía permitirá sustituir procesos largos y costosos en la detección de fallas de la red CAN BUS, logrando que el diagnóstico por oscilogramas sea asequible. Para la obtención de información referencial es necesario contar con equipos (osciloscopio) en buen estado.

"El plan de creación de Oportunidades 2021-2025 es la máxima directriz política y administrativa para el diseño y aplicación de la política pública en Ecuador, a través del cual el Gobierno Nacional ejecutará las propuestas presentadas en el Plan de Gobierno." ("Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador") El objetivo 7 busca potenciar las capacidades de la ciudadanía y promover una educación innovadora, inclusiva y de calidad en todos los niveles, generando la política 7.4 de fortalecer el Sistema de Educación Superior bajo los principios de libertad, autonomía responsable, igualdad de oportunidades, calidad y pertinencia; promoviendo la investigación de alto impacto (Plan de Creación de Oportunidades, 2021-2025). En este objetivo busca impulsar el conocimiento

en el ámbito automotriz, con la contribución en el desarrollo de sus capacidades y formación profesional.

1.3 ALCANCE

Este trabajo está enfocado en el desarrollo de una guía que ayudará a detectar de manera eficiente fallas en la red multiplexadas de un vehículo híbrido mediante el uso de equipos especializados, con el fin de brindar a los propietarios un método más eficaz y sencillo para no comprometer la vida útil del vehículo.

Para llevar a cabo el diagnóstico de estos vehículos es necesario comparar curvas obtenidas en los osciloscopios con las curvas originales que otorga el fabricante para determinar fallas directas, como tal es necesario contar con la ayuda de la función XY del osciloscopio establecidas en la base de datos y las gráficas de los elementos a diagnosticar, para mediante esto identificar si existen o no fallos, además se podrá realizar comparativas de datos de curvas en los oscilogramas con otras marcas de vehículos que tengan el mismo sistema híbrido como: Kia (Niro, 1.5cc, Kappa 1.6 GDI); Toyota (Prius); Toyota (Corolla, motor 1.8 eléctrico).

1.4 ANTECEDENTES

Jin et al. (2021) afirma: “la red CAN bus se ha utilizado en casi todos los automóviles del mercado, debido a su alta confiabilidad y bajo costo” (p. 1). Se puede coincidir con la opinión “El desarrollo de vehículos de nueva energía respetuosos con el medio ambiente y de bajo consumo de combustible ha ganado cada vez más atención” (Xue y Jiao, 2021, p. 1). Benmouna et al. (2021) sostiene que “...la gestión energética de los sistemas híbridos multifuente se está convirtiendo en un tema interesante y tema desafiante para muchos investigadores” (p. 1). Se propone una nueva estrategia de control híbrido basada en la personalización de la amortiguación y la tecnología de control basado en la conducción pasiva (IDA-PBC) considerando el estado de carga de la batería (SOC) y las condiciones de funcionamiento del hidrógeno (Ramadan, 2021).

Sin embargo, Barambones (2021) menciona que: “Están surgiendo nuevas limitaciones en previsión del uso en tiempo real de los sistemas híbridos FC” (p. 1), de la misma manera Vishal N, (2017) menciona “...es tedioso inspeccionar manualmente el espectro completo de datos del vehículo disponibles en cada viaje de prueba” (p. 1). “En el campo automotriz, el uso de sistemas

electrónicos para controlar varias funciones ha aumentado durante la última década”. (Theissler A, 2017, p. 163) “Estos sistemas electrónicos son compuestos por fuentes de voltaje, sensores y actuadores vinculados a la ECU por un mazo de cables. Las ECU están equipadas con un autodiagnóstico función que entrega códigos de falla que detectan de manera confiable la falla circuitos eléctricos que están conectados a esta ECU, aunque no pueden localizar con precisión los componentes defectuosos”. (Pons R, 2015, p. 1), donde cada día “el diagnóstico del automóvil se ve desafiado por la evolución incesante del automóvil tecnologías Técnicas que diagnostican averías del coche en reparación los talleres son ayudados en su tarea por herramientas de apoyo a la toma de decisiones que necesitan ser mejoradas continuamente.” (Mortain F de, 2015, p. 1). Según Yukun (2020) “...para detectar las fallas de estado del vehículo autónomo, se adopta el método de la Máquina...” (p. 1), los experimentos en la plataforma real de vehículos autónomos 'Xinda' y la comparación del rendimiento con otros detectores de fallas validan la efectividad de estos métodos y la usabilidad del sistema de detección y diagnóstico de fallas (Haigen M, 2020, p. 1).

1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, en el Ecuador el área automotriz no cuenta con un correcto diagnóstico de la red CAN bus para vehículos de tipo híbrido, debido a la falta de conocimientos e información sobre las nuevas tecnologías, equipos y herramientas que se requiere al momento de determinar las causas del problema en la red.

Los métodos de diagnóstico de la red CAN Bus son poco conocidos en el entorno, por lo cual se opta por acudir a centros especializados en esta área, donde los procesos son lentos, complejos y costosos debido a la complejidad de las redes multiplexadas, lo que retrasa el tiempo de diagnóstico y reparación.

Los equipos especializados para el diagnóstico de la red CAN bus que existen en la actualidad conllevan una inversión muy elevada, además se requiere de tiempo para una preparación y manejo para poder realizar una correcta lectura e interpretación de los oscilogramas.

1.6 SITUACIÓN ACTUAL

Los vehículos híbridos que actualmente tenemos en el país son una composición de diferentes equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos; motivo por el cual la mayoría de los profesionales del campo automotriz opta por el proceso tradicional de realizar un diagnóstico empírico basado en la experiencia, el cual en casos de fallos de la red multiplexada no es de mucha ayuda debiendo optar por acudir a un profesional calificado para una revisión adecuada.

Debido a las aplicaciones tecnológicas de las que gozan los vehículos actuales, es optar hacia diferentes métodos de diagnóstico, que contribuyan a la detección de posibles fallas de manera más eficiente y rápida, logrando mayor seguridad y confianza en el momento de la reparación.

Actualmente, para diagnosticar los componentes que componen los vehículos híbridos, es necesario desmontar y sacar la pieza del panel para comprobar su funcionamiento, lo que recae en mucho tiempo en comprobar y reparar el daño, en algunos casos, estas acciones pueden causar más problemas.

De la misma manera, el costo económico es uno de los mayores inconvenientes que se presentan en el proceso de diagnóstico y la escasa información referente a la detección de fallos de los componentes de vehículos híbridos, una guía de diagnóstico contribuirá en agilizar y facilitar este proceso comparando las imágenes de referencia con las obtenidas mediante los instrumentos de medición, para así poder detectar de forma mucho más eficaz la causa del fallo.

1.7 VEHÍCULOS HÍBRIDOS

El pensamiento de la finalización de los combustibles a futuro, la gran contaminación de los vehículos a combustión, la crisis mundial del petróleo, el aumento de los costos de la gasolina y muchos factores, inician la creación de vehículos híbridos en los siglos XIX y XX con la idea de unir un motor eléctrico y un motor a combustión (en su mayoría motores a gasolina) (Xueqin, y otros, 2022). En estos años aparece el primer vehículo híbrido Cabriolet de dos plazas por las manos de la empresa Elecktomobil Lohner-Porsche, haciendo presencia en la exposición de Paris (Diariomotor, 2019). La crisis mundial del petróleo en los años 1960 -1970 ayudó a generar nuevas alternativas en medios de transporte como la combinación de estos motores y su investigación (Costas, 2019). La estructura de un automóvil híbrido se determina según la distribución de sus

componentes, lo que permite clasificarlos en tres tipos: híbridos serie, híbridos en paralelo y híbridos mixtos (Acosta Jiménez, 2020).

En los años 1968 y 1971 tres científicos Baruch Berman, George H. Gelb y Neal A. aportaron con investigaciones que ayudaron a la reducción el peso de los motores, mejorando la eficiencia de estos vehículos utilizando motores pequeños de combustión interna y la reducción de costos en combustibles (Paiola, 2022).



Figura 1.1 Lohner-Porsche Híbrido

Fuente: (Paiola, 2022)

Estos aportes ayudaron a que en el año de 1973 en los salones de Estados Unidos la compañía Volkswagen presente un Taxi híbrido con una mayor eficiencia, misma que recorrió 13.000 km (Costas, 2019). Tras las mejoras y decaídas de estos vehículos como las empresas General Motors, Opel, Toyota y entre otras compañías que no surgían por su eficiencia, problemáticas, diseño y baterías en el año de 1997 surge en el mercado japonés el Toyota Prius, misma que tendría un éxito mundial por su cantidad de soluciones técnicas que poseía este vehículo (Costas, 2019). Debido a la favorable recepción de estos vehículos, surgieron nuevas versiones como el Toyota Prius II y el Honda Civic Hybrid, así como avances adicionales, como la introducción del primer SUV híbrido del mundo, el Ford Escape Hybrid.



Figura 1.2 Toyota Prius 1997

Fuente: (Costas, 2019)

1.8 CONCEPTOS UTILIZADOS EN REDES

1.8.1 BIT

Conformado por un dígito dentro del sistema binario que consiste en 1 y 0 en un periodo completo dentro de una secuencia de bits.

1.8.2 SEÑAL PWM

La modulación por ancho de pulso (Pulse Width Modulation) es una técnica utilizada para transmitir señales analógicas mediante una señal cuadrada, donde se varía el ciclo de trabajo. Esta técnica se emplea para la transmisión de información a través de canales de comunicación.

1.8.3 BYTE

Conformada por una unidad de información la cual tiene una equivalencia de 8 bits.

1.8.4 NODO

Es un módulo electrónico o computadora que se encuentra conectada a una red, también se las conoce como estaciones de red o suscriptores.

1.8.5 BUS DE DATOS

En el ámbito informático se entiende como un elemento para transmitir grandes cantidades de información entre módulos electrónicos o computadoras en la línea o líneas.

1.8.6 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Conjunto de estándares o reglas usado entre computadoras o módulos electrónicos las cuales incluyen hardware, software, conectores electrónicos, frecuencia de los mensajes y niveles de voltaje (Martínez-Cruz et al., 2021).

1.8.7 REDES

Las redes han evolucionado en paralelo con el desarrollo de la tecnología automotriz. Los automóviles actuales incorporan numerosos subsistemas que necesitan comunicarse entre sí, y es aquí donde las redes juegan un papel crucial. Permiten la transferencia segura y precisa de datos entre dispositivos, garantizando que la información no se pierda en el proceso.

1.8.8 MULTIPLEXADO

Se encarga en reducir la cantidad de cables necesarios en la conexión de red entre las unidades de control. Estas unidades son controladas por una unidad central conocida como el multiplexador o unidad de multiplexado, la cual envía los datos a todas las unidades de control a través de una línea multiplexada (ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA MULTIPLEXADO DE UN VEHÍCULO AUDI Q5., 2021).

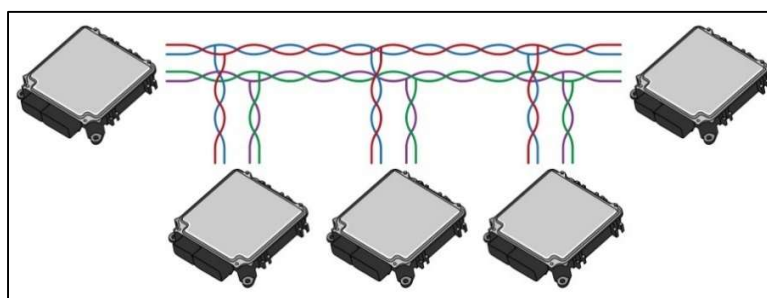


Figura 1.3 Línea multiplexada

Fuente: (Frenzel, 2016)

Los nodos (módulos) conectados a una red multiplexada usan solo dos cables para transferir datos de forma digital de manera bidireccional. Estos mensajes transmitidos se guían en un protocolo

que identifica cada mensaje, decodifica la prioridad y expone el contenido (datos o bits) del mensaje para que pueda ser procesado por el módulo apropiado.

1.9 COMPONENTES DE LA RED MULTIPLEXADA

Los componentes de la red multiplexada constan de los siguientes:

- Módulos o Unidades de control integradas en el vehículo.
- Sensores y actuadores.
- Visualizadores.
- Unidad multiplexada.

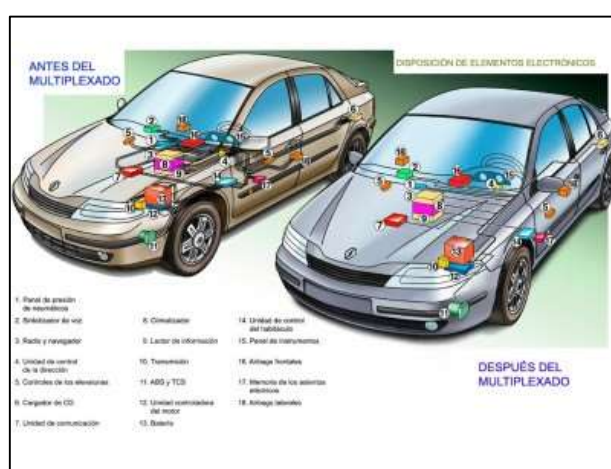


Figura 1.4 Componentes de la red multiplexada

Fuente: (Karim et al., 2022)

La imagen previa muestra que los elementos presentes en un vehículo con red multiplexada son los mismos que en un vehículo sin dicha red, con la única diferencia de una significativa reducción en la cantidad de cables dentro del automóvil.

1.10 TIPOS DE REDES MULTIPLEXADAS

Existen varios tipos de redes multiplexadas en vehículos, cada una con su propia arquitectura y protocolo de comunicación.

1.10.1 CAN (CONTROLLER AREA NETWORK)

Es la red de multiplexado más comúnmente utilizada en la industria automotriz. Su velocidad es de hasta 33.3 kbit/s y en alta velocidad es de 88.3 kbit/s (Guo et al., 2020).

1.10.2 VAN (VEHICLE AREA NETWORK)

Es una red creada por la compañía Renault y el grupo PSA la cual se emplea en sistemas que no necesitan una elevada velocidad en la transmisión de datos. Su velocidad de máxima a 19,2 Kbits/s.

1.10.3 LIN (LOCAL INTERCONNECT NETWORK)

Es una red de baja velocidad que se utiliza principalmente para conectar componentes electrónicos dentro del habitáculo del vehículo, como los interruptores de la puerta, los espejos retrovisores y los asientos eléctricos. Su velocidad de transmisión es de 20Kbit/s, y es unidireccional (FLORES BERMEJO, 2018).

1.10.4 FLEXRAY

Es una red de alta velocidad utilizada para aplicaciones críticas en seguridad, como sistemas de frenos y dirección electrónica. Su velocidad es de hasta 10 MBit/s (Guo et al., 2020).

1.10.5 MOST (MEDIA ORIENTED SYSTEMS TRANSPORT)

Es una red de fibra óptica utilizada para sistemas de entretenimiento a bordo, como el sistema de audio y video del vehículo, además proporciona velocidades de transferencia de datos de 25, 50 y 150 Mb/s (Martínez-Cruz et al., 2021).

1.11 TOPOLOGÍA DE REDES MULTIPLEXADAS

La interconexión entre las diversas unidades de control de un vehículo depende de la electrónica diseñada por el fabricante, responsable de crear los distintos elementos instalados en el automóvil. A continuación, se presentan las distintas topologías de conexión utilizadas en este proceso.

1.11.1 CONFIGURACIÓN LINEAL

Un enfoque común en la conexión de los diversos módulos electrónicos es la "red de línea" (LIN). Esta configuración permite una fácil ruta de cableado, utilizando una mínima cantidad de cables en la red. Es especialmente útil en sistemas multiplexados de baja velocidad, el cual se emplea para conectar componentes electrónicos dentro del habitáculo del vehículo, tales como interruptores de puerta, retrovisores y asientos eléctricos (SERRANO, 2020).

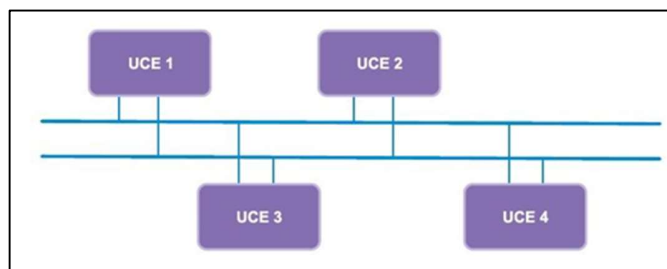


Figura 1.5 Configuración lineal

Fuente: SERRANO, Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo,2020.

1.11.2 CONFIGURACIÓN EN ESTRELLA

Es común en sistemas de alta velocidad como la red CAN con la ventaja de ser más robusta y confiable que la configuración lineal ya que una falla en un módulo electrónico no afecta a la operación de los demás módulos y todos los módulos electrónicos envían y reciben datos a través del nodo central, que actúa como un punto de control centralizado (Karim et al., 2022). Esto permite una mayor flexibilidad en la conexión y desconexión de los módulos electrónicos y facilita el diagnóstico de problemas en la red (Cordero, 2017).

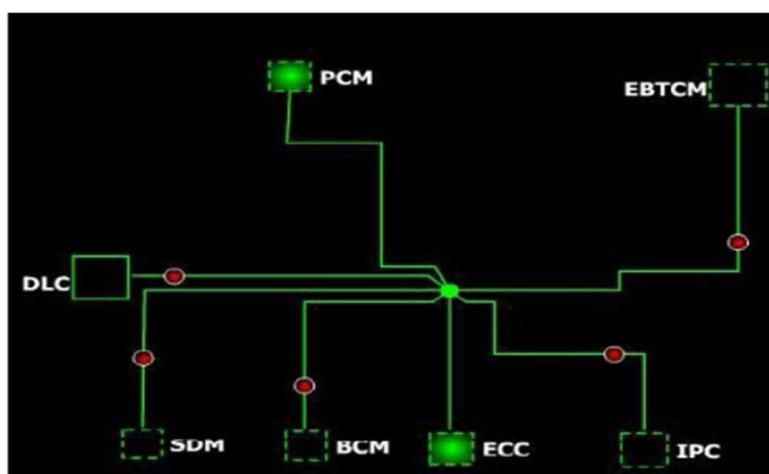


Figura 1.6 Configuración estrella

Fuente:(Zentani et al., 2022)

1.11.3 CONFIGURACIÓN EN ANILLO

Esta configuración se utiliza en sistemas multiplexados de baja velocidad, como la red LIN, y es una topología de red en la que los módulos electrónicos se conectan en un circuito cerrado,

formando un anillo (Zentani et al., 2022). En esta configuración, cada módulo electrónico se conecta directamente al siguiente módulo en la cadena, formando un circuito completo (Cordero, 2017). Esta configuración presenta una deficiencia que si una unidad falla se verá afectado el resto de la red (Pérez et al., 2023).

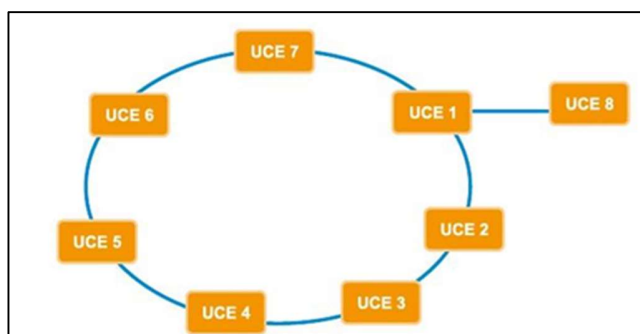


Figura 1.7 Configuración de anillo

Fuente: (Zentani et al., 2022)

1.11.4 CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO

Se utiliza en sistemas multiplexados de alta velocidad, como la red CAN bus y es una topología de red en la que cada módulo electrónico está conectado directamente a otro módulo electrónico, sin la presencia de un nodo central o un bus compartido (Cucor, 2021). La ventaja de ser altamente escalable y flexible, ya que cada módulo electrónico puede comunicarse directamente con otros módulos electrónicos específicos, sin interferencia de otros módulos en la red (Pérez et al., 2023).



Figura 1.8 Configuración punto a punto

Fuente: (Cordero, 2017)

1.11.5 CONFIGURACIÓN MODO DE ENERGÍA

En una red multiplexada, el modo de energía es utilizado para que un módulo específico pueda operar como el maestro de energía, recibiendo señales del interruptor de encendido y luego informando a las demás unidades de control para que inicien o finalicen sus operaciones (Shi et al., 2022). Esto significa que, en algunos casos, no es necesario conectar un cable al positivo de contacto de la unidad de control, sino que el requerimiento viene en forma de mensaje transmitido por la unidad de control maestro de energía a través de la red, lo que permite a las demás unidades de control realizar sus operaciones.

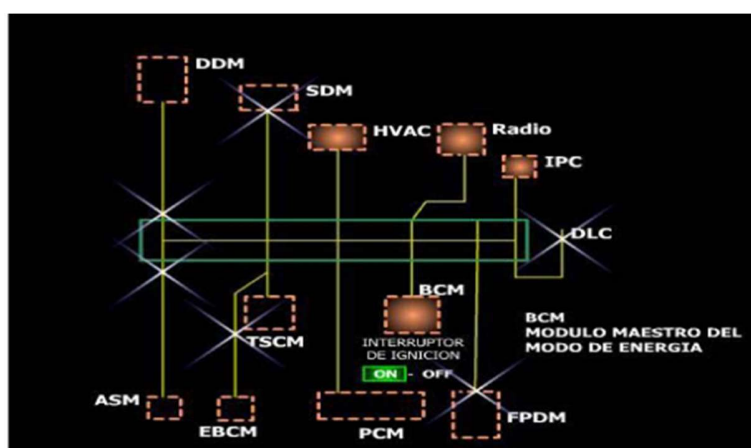


Figura 1.9 Configuración modo de energía

Fuente: (Cordero, 2017)

1.11.6 CONFIGURACIÓN COMPUERTA GATEWAY

Es un dispositivo que se utiliza para conectar diferentes redes y protocolos de comunicación que no son compatibles entre sí (Shi et al., 2022). La función principal de una compuerta Gateway es permitir que los datos se transfieran entre diferentes redes y dispositivos, incluso si utilizan diferentes protocolos de comunicación (Cucor, 2021).

Una compuerta Gateway se utiliza para conectar diferentes módulos electrónicos de la red que pueden tener diferentes protocolos de comunicación, como CAN, LIN o FlexRay. La compuerta Gateway actúa como un intermediario que permite que los módulos electrónicos se comuniquen entre sí y transfieran información, incluso si utilizan diferentes protocolos de comunicación.

Entre las funciones, se incluyen la gestión de seguridad y el filtrado de mensajes no autorizados o no deseados. Por ejemplo, para garantizar la protección de la red y prevenir ataques maliciosos.

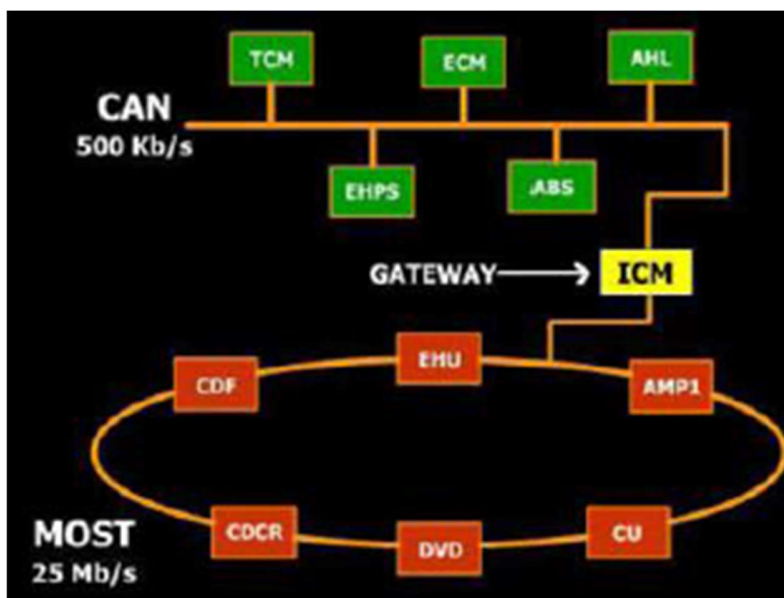


Figura 1.10 Configuración Compuerta Gateway

Fuente: (Cordero, 2017)

1.11.7 CONFIGURACIÓN MAESTRO ESCLAVO

Se refiere a una relación jerárquica entre dispositivos que permite una comunicación eficiente y organizada entre ellos. En esta configuración, un dispositivo (el maestro) controla la comunicación con otros dispositivos (los esclavos) dentro de la red (LÓPEZ DIGUAY , 2021, pág. 12). La configuración maestro-esclavo se utiliza para gestionar la comunicación entre diferentes módulos electrónicos que pueden tener diferentes niveles de prioridad o necesidades de comunicación. El dispositivo maestro es responsable de controlar la comunicación y coordinar la transferencia de datos entre los dispositivos esclavos, asegurando que se cumplan los requisitos de comunicación de cada dispositivo.



Figura 1.11 Configuración maestro esclavo

Fuente: (Cordero, 2017)

1.11.8 CONFIGURACIÓN DAYSI CHAIN

Son mayormente ocupadas en la actualidad por fabricantes de vehículos, ya que la red en cuestión cuenta con una estructura simple y permite la utilización de una menor cantidad de nodos gracias a la presencia de dos canales que transmiten la misma información, lo que confiere una mayor seguridad. No obstante, una posible desventaja de esta red se encuentra en el riesgo de que, en caso de que la cadena de comunicación se interrumpa, varios módulos se queden inutilizable (LÓPEZ DIGUAY , 2021, pág. 25).

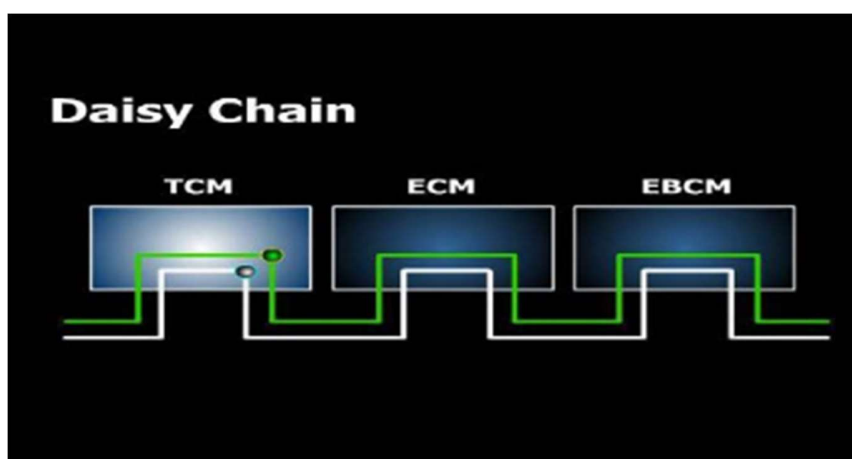


Figura 1.12 Configuración Daisy Chain

Fuente: (Cordero, 2017)

1.12 RED MULTIPLEXADA CAN BUS

Es un sistema que permite el dialogo entre los diferentes módulos según el nivel de equipamiento que posea el vehículo tanto para el confort de los pasajeros de forma electrónica y una garantía en la seguridad de marcha del vehículo (PUGA GUTIERREZ & MORALES RECALDE, 2022).

La red multiplexada CAN bus es un sistema de comunicación utilizado en la industria automotriz para permitir que los diferentes componentes electrónicos del vehículo se comuniquen entre sí. La sigla "CAN" significa "Controller Area Network" (Red de Área de Control, en español) y se refiere al hecho de que el sistema es controlado por un conjunto de controladores que operan en la red.

La ventaja de la red multiplexada CAN bus es que reduce la complejidad del cableado en el vehículo, lo que a su vez reduce el peso y el costo, al tiempo que mejora la fiabilidad y la seguridad.

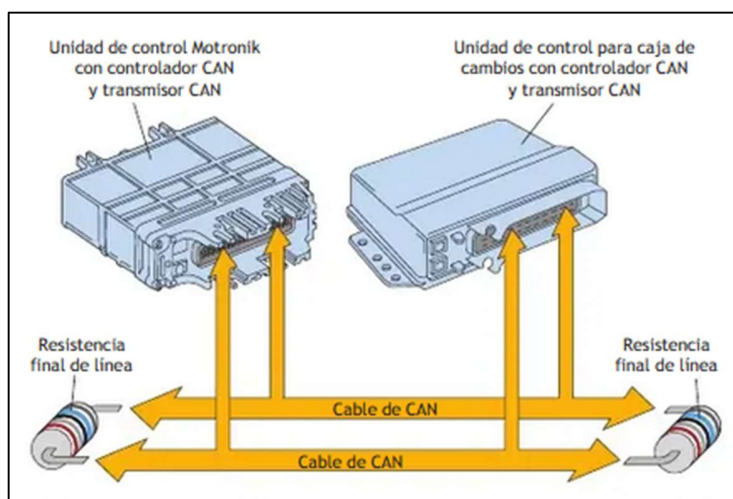


Figura 1.13 Red CAN bus

Fuente: Mendoza, H. (2020). Circuitos Eléctricos Auxiliares del Vehículo Enrique Sánchez Fernández Macmillan.

1.13 CARACTERÍSTICAS DEL PROTOCOLO CAN BUS

Se localiza en el estándar ISO 11898, el cual abarca diversas normas específicas para diversos tipos de funcionamiento. La norma ISO 11898-2 estandariza el protocolo CAN de la alta velocidad de hasta 1 Megabit por segundo (MANZANARES CAAMAL, 2020). Existe otras normas como la ISO 11898-3 de baja velocidad tolerante a fallos (Martínez-Cruz et al., 2021).

Longitud del bus	Velocidad en bits/s	Tiempo máximo de transmisión
Hasta 25 m	1 Mbit/s	129 μ s
Hasta 100 m	500 Kbit/s	258 μ s
Hasta 500 m	125 Kbit/s	1032 ms
Hasta 1000 m	50 Kbit/s	2580 ms
* mensajes de 129 bits de longitud		

Figura 1.14 Velocidad de transmisión del CAN bus

Fuente: (Martínez-Cruz et al., 2021)

El protocolo CAN bus es un conjunto de reglas y estándares que definen cómo se comunican los dispositivos en una red multiplexada CAN bus. Algunas de las características del protocolo incluyen:

- Comunicación bidireccional: El protocolo CAN bus permite que los dispositivos envíen y reciban datos de forma bidireccional.
- Mensajes en tiempo real: La red CAN bus se utiliza para transmitir datos en tiempo real, lo que significa que los datos se transmiten y reciben en tiempo real.
- Arquitectura en bus: El protocolo CAN bus, los dispositivos y módulos se conectan a un solo cable de datos.
- Multidifusión: El protocolo CAN bus permite la transmisión de mensajes a grupos de dispositivos en lugar de enviar mensajes individualmente.
- Control de errores: El protocolo CAN bus utiliza un mecanismo de detección y corrección de errores para garantizar la integridad de los datos.
- Prioridades de mensajes: El protocolo CAN bus utiliza un esquema de prioridades para controlar la transmisión de mensajes en la red, lo que permite a los dispositivos más importantes tener prioridad sobre los dispositivos menos importantes.
- Alta velocidad de transmisión de datos: El protocolo CAN bus permite una alta velocidad de transmisión de datos, lo que permite la transmisión de grandes cantidades de datos en un corto período de tiempo.

En resumen, el protocolo CAN bus ofrece una forma eficiente y fiable de comunicación entre los dispositivos electrónicos en una red multiplexada CAN en vehículos y otros sistemas industriales.

1.14 CAPA FÍSICA DEL PROTOCOLO

Conformada por una topología de forma de bus con un par de cables entrelazados y con una resistencia de 120 ohmios para conectar todos los módulos en una misma red. Las señales de estos cables se denominados CAN-L (CAN Low) y CAN_H (CAN High) (Luo, Wei, Ding, & Xie, 2020).

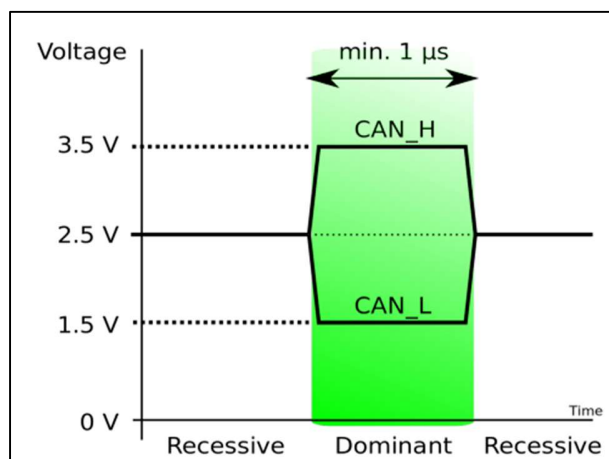


Figura 1.15 Niveles de tensión CAN bus

Fuente: (Martínez-Cruz et al., 2021)

1.15 PINES PROTOCOLO CAN BUS

1. Discrecional del fabricante.
2. Comunicación SAE VPW/PWM, SAE J1850.
3. Discrecional del fabricante.
4. Masa del vehículo.
5. Masa señal.
6. CAN, línea alta, SAE 12284.
7. Comunicación ISO 9141-2 (Línea k)
8. Discrecional del fabricante.
9. Discrecional del fabricante.

10. Comunicación PWM, SAE J1850.
11. Discrecional del fabricante.
12. Discrecional del fabricante.
13. Discrecional del fabricante.
14. CAN de línea baja (SAE J2284).
15. Línea L (Comunicación ISO 9141-2).
16. Polo positivo de la batería.

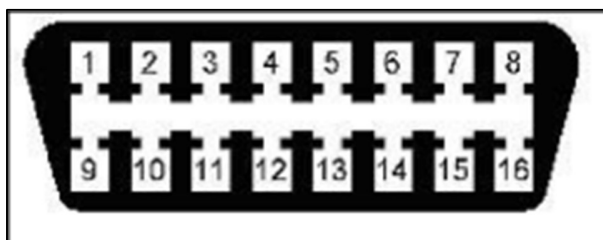


Figura 1.16 Pines OBD II

Fuente: (*CAN Bus: Componentes, Ventajas y Fallas En El Sistema*, 2023)

1.15.1 SAE J1850 PWM (MODULACIÓN DE ANCHO DE PULSO)

- Pin 2 positivo y pin 10 negativo.
- Ocupa la señal modulación de ancho de pulso variable a 41,6 Kb/s
- Común en vehículos Ford.
- Pin 2 BUS voltaje lógico 5V (min. 3.8 V y máx. 5.25V).
- Pin 10 BUS voltaje lógico 0V (min. 0.1 V y máx. 1.2V).

1.15.2 SAE J1850 VPW

- Común en vehículos de General Motors.
- Ocupa la señal modulación de ancho de pulso variable 10,4 hasta 41.6 Kb/s.
- Es mejor que la señal PWM.
- Pin 2 BUS voltaje lógico 0.1V (máx. 7.5V) a 7V (máx. 8V).

1.15.3 ISO 9141-2

- Es un protocolo antiguo.

- Común en vehículos europeos, asiáticos y Chrysler.
- Tiene una comunicación de serie asíncrona a 0,4 Kb/s.
- Pin 7 línea K bidireccional 12V (min. 9.6 V y máx. 14V).
- Pin 15 línea L unidireccional para despertar a la ECU

1.15.4 ISO 14230 KWP2000

- Tiene una comunicación de serie asíncrona a 10,4 Kb/s.
- Común en vehículos europeos y Chrysler.
- Este protocolo se utiliza en vehículos asiáticos que tienen pin 7 K-line.

1.15.5 ISO 15765-4 CAN (SAE J2480)

- Común en vehículos construidos desde 2008 en EE. UU.
- Manejan hasta 1 Mbps.
- Los pines 4, 5, 6, 14 y 16 son compatibles con este protocolo.
- Pin 6 CAN H aumenta a 3.5V (min. 2.75 V y máx. 4.5V).
- Pin 7 CAN L disminuye a 1.5V (min. 0.5 V y máx. 2.25V).

1.16 FORMATO DE MENSAJE CAN (DATAGRAMA)

Un datagrama es un tipo de paquete de datos utilizado en redes informáticas para transmitir información entre dispositivos el cual consta de dos partes principales: una cabecera y un cuerpo. La cabecera contiene información sobre cómo se debe procesar y enrutar el datagrama, como la dirección de origen y de destino, la información de control de errores, y otros campos relevantes. El cuerpo del datagrama contiene los datos reales que se están transmitiendo (Ge et al., 2021).

Cuando un datagrama se envía a través de una red, se divide en paquetes más pequeños para su transmisión, y cada paquete se enruta individualmente a través de la red. Al llegar al destino, los paquetes se reensamblan para formar el datagrama original. Los datagramas son una forma eficiente y flexible de transmitir datos a través de redes informáticas, y se utilizan ampliamente en Internet y en otros sistemas de comunicación de red. El mensaje CAN consta de siete campos las cuales tienen su propia función específica.

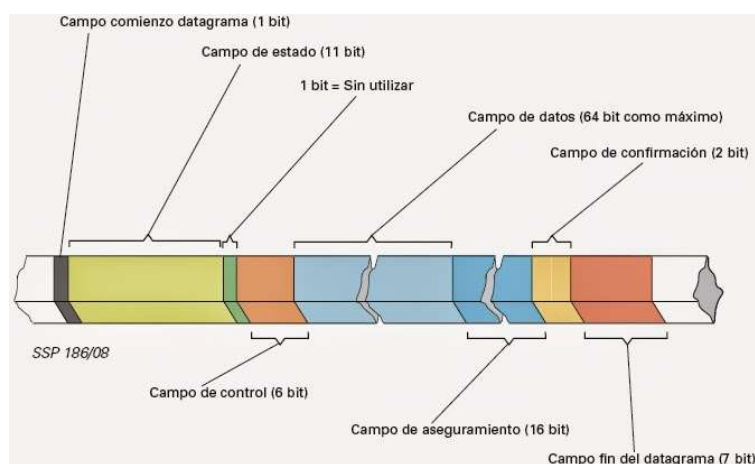


Figura 1.17 Datagrama

Fuente: (Ge et al., 2021)

1. **Campo de comienzo del datagrama.** - el protocolo comienza con la transmisión de un bit en el cable CAN-High de 5V, seguido de la transmisión de un bit en el cable CAN-Low con 0V.
2. **Campo de estado.** - se establece prioridad del protocolo, en el cual se da preferencia al protocolo con mayor prioridad.
3. **Campo de control.** - se detalla la cantidad de información que está dentro del campo de datos. De esta manera, cada receptor comprueba si ha obtenido la totalidad de la información.
4. **Campo de datos.** - es donde se encuentra la información que sirve para el resto de los módulos.
5. **Campo de aseguramiento.** - ayuda al control de datos y muestra si se encuentra alguna deficiencia en la transmisión del mensaje (Automotriz, 2016).
6. **Campo de confirmación.** - cuando los receptores reciben el protocolo de enlace de datos de manera correcta, ellos envían una señal al transmisor indicando que lo han recibido satisfactoriamente. En caso de que los receptores detecten algún error en el protocolo, informan inmediatamente al transmisor. A razón de ello, el transmisor repite su transmisión (Angulo Angulo & Zambrano Miranda , 2018).
7. **Campo fin del datagrama.** - es el fin del protocolo, donde es la última posibilidad para dar un aviso de error, que lleve a una iteración.

1.17 ELEMENTOS DEL SISTEMA CAN-BUS

1.17.1 CABLES

Las unidades de control comparten datos mediante dos cables trenzados que transmiten información con diferentes tensiones, los valores altos representan un 1 y un valor bajo representa un 0, la unión de 0 y 1 realizan diferentes combinaciones para un mensaje adecuado, además el trenzado de las líneas aporta a la anulación de los campos magnéticos.

Los valores de tensión en el bus de datos oscilan entre 0V y 2.25V en el cable L (Low), y entre 2.75V y 5V en el cable H (High). Si se produce una interrupción en la línea High, el sistema utilizará la señal de L. En cambio, si existe una interrupción en la línea Low, sucederá lo contrario (Kubis et al., 2019).

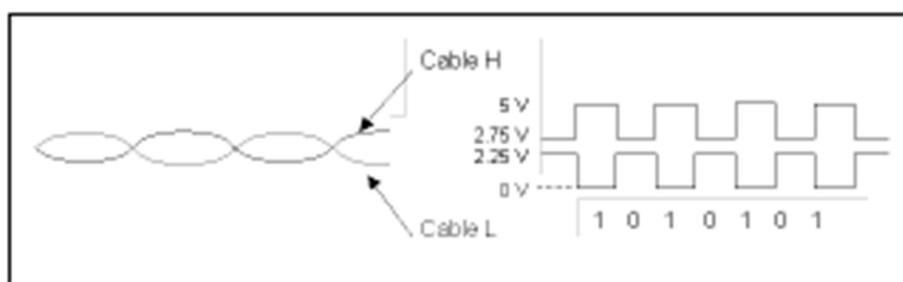


Figura 1.18 Trenzado de las líneas y su voltaje H y L

Fuente:(Kubis et al., 2019)

1.17.2 ELEMENTOS DE CIERRE O TERMINADOR

Se utilizan resistencias que se conectan a los extremos de los cables H y L para ajustar el rendimiento del sistema a distintas longitudes de cables y números de unidades de control abonadas. Estos valores se obtienen por medio de la experiencia y su función es prevenir la reflexión de señal que podría causar interferencias en la transmisión del mensaje. (CAN Bus: Componentes, Ventajas y Fallas En El Sistema, 2023). Las resistencias se suelen ubicarse en el interior de algunos módulos por motivos de seguridad y eficiencia. Las resistencias tienen un valor que oscila entre 120 ohmios y 450 ohmios para cada modelo específico, y se los conocen como resistencias de CUT-OFF (CAN Bus: Componentes, Ventajas y Fallas En El Sistema, 2023).

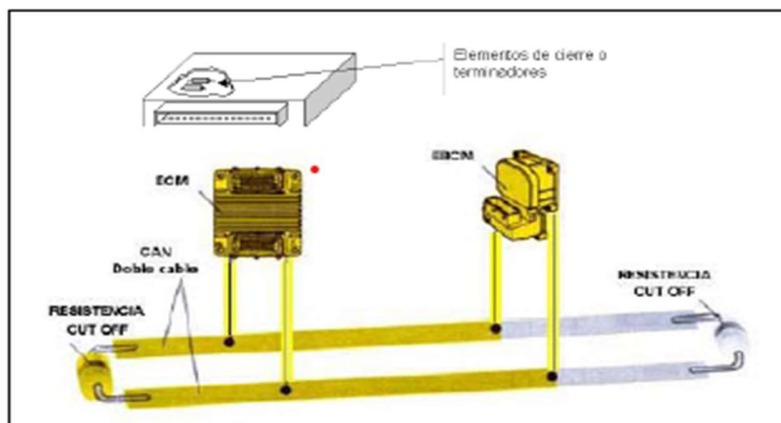


Figura 1.19 Terminadores

Fuente:(CAN Bus: Componentes, Ventajas y Fallas En El Sistema, 2023)

1.17.3 CONTROLADOR

El controlador se encuentra ubicado en la unidad de control, por lo que la cantidad de controladores que existen en el sistema depende de la cantidad de unidades conectadas al mismo. Este componente opera con niveles muy bajos de voltaje y se encarga de determinar la velocidad de transferencia de los mensajes. Además, este componente también tiene un papel fundamental en la sincronización requerida entre las distintas unidades de control, a fin de asegurar la emisión y recepción adecuadas de los mensajes.

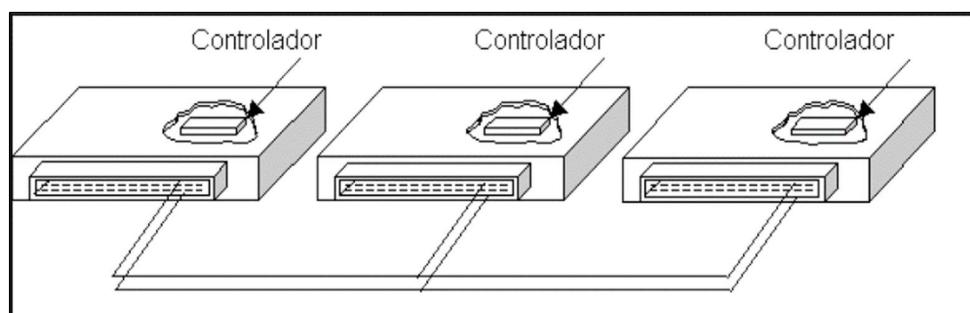


Figura 1.20 Controladores

Fuente:(Benzidia et al., 2021)

1.17.4 TRANSMISOR - RECEPTOR

Este componente es responsable de la recepción y transmisión de los datos, así como de preparar y adecuar la información para su uso por parte de los controladores. Se encuentra ubicado en todas las unidades de control que están conectadas al sistema, y funciona con corrientes cercanas a 0,5 (Automotriz, 2016, pág. 9). Es importante destacar que su función se limita a trabajar como intermediario entre los cables que conforman la línea Can bus y el controlador, sin que en ningún momento intervenga en la modificación del contenido del mensaje.

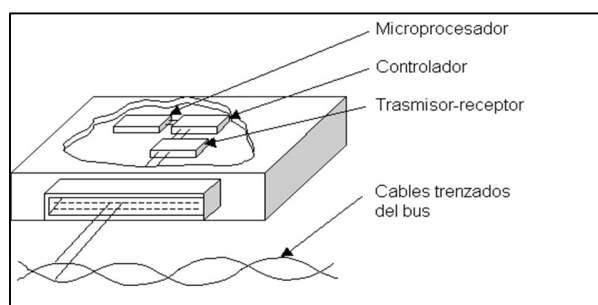


Figura 1.21 Transmisor y receptor

Fuente: (Firtec - CAN BUS y OBDII, 2023)

1.18 PROCESO DE TRANSFERENCIA Y RECEPCION DE DATOS

En la comunicación entre los módulos existe el paso de información mediante la recepción y emisión de estas quienes tienen que respetar unas series de pasos que se detallará a continuación.

1.18.1 SUMINISTRO DE DATOS

Los módulos se apoyan de los sensores, mismos sensores que se encarga de enviar la información a los módulos, donde su microprocesador envía la información al controlador la cual es gestionada para ser remitida al transmisor-receptor donde se modifica la señal eléctrica (Automotriz, 2016, pág. 9).

1.18.2 ENVÍO DE DATOS

El transmisor CAN es el encargado de transmitir los datos que el microprocesador desee enviar mediante pulsos eléctricos, mediante esta manera, el trasmisor colocara la información en la red respectiva.

1.18.3 RECEPCIÓN DE DATOS

Su trabajo es recibir los datos omitidos por los sensores a los módulos quienes se encargan de verificar si les interesa o no les interesa.

1.18.4 COMPROBACIÓN DE LOS DATOS

Una vez adquirida los datos, es analizada por el módulo para ver si es útil o no para luego ser procesada.

1.18.5 ACEPTACIÓN DE DATOS

Una vez aceptado el dato por el módulo, el mensaje de recibido es colocada en la red para diagnosticar la misma.

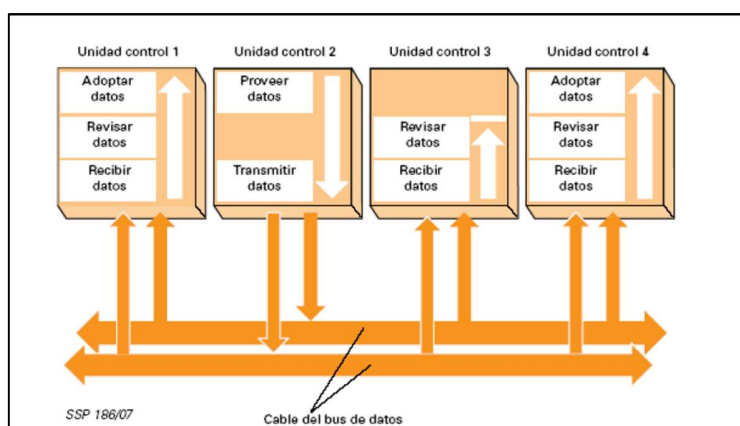


Figura 1.22 Proceso de recepción y transferencia de datos

Fuente: (Frenzel, 2016)

1.19 DIAGNÓSTICO DEL CAN BUS

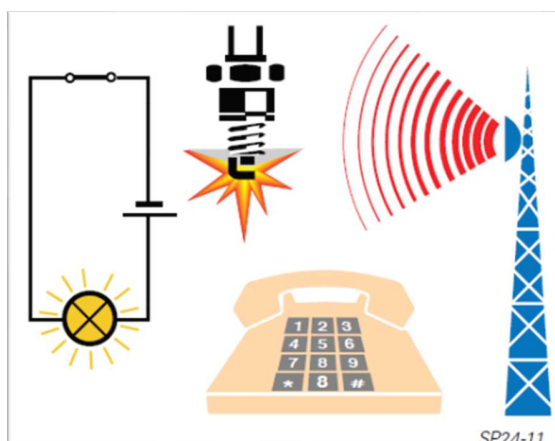
El avance de la tecnología sobre la red multiplexada ha permitido que las probabilidades de fallo en el proceso de comunicación sean bajas, pero no sigue exento que presenten daños los cables y los mismos módulos (Xia et al., 2022).

A pesar de que un módulo presente daños, el sistema seguirá funcionando con normalidad, aunque se verán afectadas aquellas funciones que dependan de la información que este módulo proporciona. No obstante, las demás funciones del sistema podrán seguir siendo ejecutadas sin problema alguno (Hu et al., 2019).

Es factible encontrar posibles fallos en el sistema Can bus mediante la utilización del sistema de autodiagnóstico del vehículo. Con esta herramienta se puede acceder a información relevante, como el estado de funcionamiento del sistema y las unidades de control asociadas al mismo. Sin embargo, es importante destacar que se requiere del equipo de diagnóstico adecuado para poder llevar a cabo esta tarea.

1.20 FUENTES PARÁSITAS

Son aquellas que se puede presentar como ondas telefónicas, radioemisoras, electromagnéticas y producen en su funcionamiento chispas, abren o cierran un circuito (Garcia Henriquez, 2022).



Fuente 1.23 Fuentes parásitas

Fuente: (Garcia Henriquez, 2022)

Para evitar estos inconvenientes se procede a torcer conjuntamente el par de alambres del bus de datos, en donde la tensión eléctrica se encuentra contrapuesta (Garcia Henriquez, 2022).

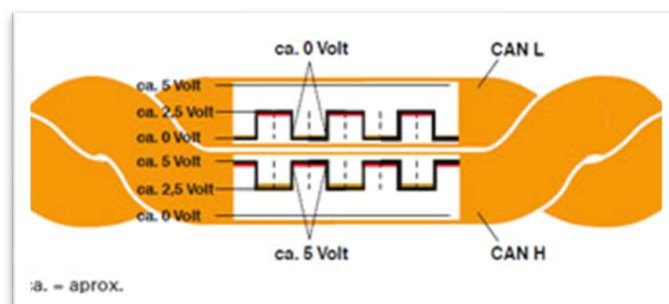


Figura 1.24 Cable de bus de datos

Fuente: (Kubis et al., 2019)

La suma de la tensión en el bus de datos es constante y se mantiene equilibrada gracias a la anulación mutua de los campos electromagnéticos de las dos líneas del bus. Debido a esto, las dos líneas del bus están protegidas contra las interferencias electromagnéticas y tienen un comportamiento neutral hacia el exterior (Automotriz, 2016, pág. 16).

1.21 MÓDULOS DEL TREN DE POTENCIA

1.21.1 PCM (POWERTRAIN CONTROL MODULE)

Módulo del Tren de Potencia se encarga de controlar todo el sistema del motor y 100 factores en el vehículo como; la presión del aire, posición del acelerador, detonación, posición del cigüeñal, transmisión automática y otros factores que permiten el buen desempeño.

Se junta con los sensores de oxígeno, MAF, MAP, temperatura del motor y aire, TPS, CKP y entre otros quienes mandan señales a la PCM y esta se encarga de interpretarlas señales comparando esa información con los valores estándares que tiene registrado dentro de su memoria, para luego tomar la decisión (Kansara & Singh, 2021).

1.21.1.1 SENSOR MASA DE AIRE

El sensor MAF (Mass Air Flow) tiene como función supervisar la cantidad de flujo de aire o masa que entra en el motor enviado a la computadora la información que le permite medir la carga de trabajo.

1.21.1.2 SENSOR POSICIÓN DEL ACELERADOR

El sensor TPS (Throttle Position Sensor) se encarga de abrir y cerrar la mariposa de aceleración conforme se pisa el acelerador.

1.21.1.3 SENSOR DE OXÍGENO

Se encarga de medir la cantidad de aire y combustible dentro de los gases de escape informado a la computadora, misma que se encarga de definir la eficiencia de combustible óptima.

1.21.1.4 SENSOR DE TEMPERATURA DEL REFRIGERANTE

ECT (Engine Coolant Temperature) controla la temperatura de servicio del motor evitando sobrecalentamientos mediante el control del líquido refrigerante, además mejora la vida útil del motor y sus piezas internas.

1.21.1.5 SENSOR DE TEMPERATURA DEL AIRE DE ADMISIÓN

El sensor IAT (Intake Air Temperatura) tiene la función de medir la temperatura del aire para corregir la velocidad del ventilador para obtener un rendimiento óptimo.

1.21.1.6 SENSOR DE GOLPES KS O SENSOR DE DETONACIÓN

KS (knock sensor) verifica y alerta las detonaciones ocasionadas por una mala combustión fuera de tiempo.

1.21.1.7 SENSOR CKP Y CMP

Estos sensores se encargan de verificar la velocidad del cigüeñal (Crankshaft Position Sensor) y la posición correcta del árbol de levas (Camshaft Position Sensor).

1.21.2 TCM (TRANSMISSION CONTROL MODULE)

Módulo de control de transmisión se encarga de optimizar y controlar el sistema de transmisión del vehículo permitiendo que la caja ejecute todos los cambios necesarios basados en la información obtenida por los sensores de una manera exacta (Kansara & Singh, 2021).

Trabajan junto con el módulo del tren de potencia, ya que cuenta con un sistema de autodiagnóstico que permite comunicarse entre ellas y verificar las posibles fallas, permitiendo un buen desempeño en el vehículo gracias a estos módulos. A continuación, se indica los principales sensores y actuadores.

1.21.2.1 SENSOR DE POSICIÓN DE EMBRAGUE

Tiene como función suavizar las marchas mediante el envío de información al módulo para luego inyectar menos cantidad de combustible al momento de ingresar la marcha.

1.21.2.2 SENSOR DE VELOCIDAD DEL EJE PRINCIPAL

Se encarga de medir la velocidad de rotación y la dirección de la rotación del eje.

1.21.2.3 SENSOR DE VELOCIDAD DEL EJE DE SALIDA

Mide la velocidad del eje de salida y se encuentra situado en la parte trasera de la carcasa de la transmisión.

1.21.2.4 SENSORES DE LA CARCASA DE CONTROL DE LA TRANSMISIÓN

Existen cuatro sensores encargados de medir la posición del cilindro neumático específico dentro de la carcasa de control.

1.21.2.5 VÁLVULAS DE SOLENOIDES DE CONTROL

La función es enviar en el instante la presión de ATF requerida por los distintos paquetes de embragues y frenos de la transmisión para realizar, en cada momento y con exactitud según las condiciones de conducción, el cambio de marchas del vehículo.

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

Para la realización del proceso de obtención y análisis de los oscilogramas correspondientes a los pines 6, 14 del OBD II correspondiente a la red CAN bus fue necesario utilizar una serie de equipos y herramientas que permitieron que este proceso se efectuó de una manera eficiente y organizada.

2.1.1 BANCO DE PRUEBAS DEL VEHÍCULO HÍBRIDO KIA OPTIMA 2015 MOTOR G 2.0.

Para el presente proyecto se utilizó un vehículo híbrido de la marca KIA del año 2015 en una maqueta didáctica con vista de las partes que posee el automotor, con la finalidad de mostrar a los estudiantes las nuevas tecnologías vehiculares que se están implementado día a día en el país y conforme al proyecto de titulación del diagnóstico de la red multiplexada de este vehículo de una manera adecuada y fácil de manipular en la maqueta.

El vehículo KIA Optima híbrido 2015 es la continuación del hermano a gasolina de la categoría sedan con dos presentaciones al mercado, híbrido e híbrido EX. En esta presentación el vehículo llega con más estilo, sustancia, tecnología y de bajo consumo, su diseño está dirigido a la eficiencia y el confort al momento de conducir.

Entre las características que podemos destacar es que tiene un tren motriz híbrido eficiente, atractivo llamativo y la comodidad refinada. “Ambos modelos incluyen un motor eléctrico de 47 HP, una poderosa batería de polímero de litio de 47 kW y un motor de 2.4 litros que produce 199 caballos de fuerza y 154 lb-ft. de torque y está acoplado a una transmisión de seis velocidades de cambios suaves” (HYBRID, 2015).

MOTOR	
Cantidad de cilindros	Cuatro cilindros en línea
Válvulas	DOHC 16 válvulas
Cilindrada (cc)	1.999
Consumo km/l (Ciudad, Carretera, Mixto)	18,9 / 22,7 / 21,3
Sistema de combustible	Inyección Directa de Gasolina(GDI)
Motor Híbrido (Gasolina + Eléctrico)	
Potencia total del sistema híbrido (hp/rpm)	192 / 6.000
Torque total del sistema híbrido (kg-m/rpm)	37,4 / 1.770
MOTOR GASOLINA	
Potencia (hp/rpm)	154 / 6.000
Torque (kg.m/rpm)	19.3 / 5.000
MOTOR ELÉCTRICO	
Motor Eléctrico	Motor eléctrico de imán permanente
Potencia (kw/rpm)	38 (50,9 Hp)/ 1,770 ~ 2,000
Torque (kg.m/rpm)	20,8 / 0 ~ 1,770
BATERÍA SISTEMA HÍBRIDO	
Tipo de batería	Batería de polímero de ion-litio
Voltaje (V)	270
Potencia Combinada (kW)	56 kW
Energía (kWh)	1,76
Peso (kg)	41,30

Figura 2.1 Ficha técnica

Fuente: (HYBRID, 2015)

2.1.2 OSCILOSCOPIO

Este dispositivo es una de las herramientas de mayor uso en el campo automotriz por la gran evolución que sigue viviendo la parte electrónica de los vehículos, ya que es un instrumento de diagnóstico para cuantificar señales, tomar mediciones eléctricas, evaluar oscilogramas obtenidas, la cual permitirá interpretar los daños o fallas en un vehículo con redes multiplexadas, sensores, actuadores o vehículos con tecnología electrónica. En otras palabras, la función del osciloscopio es ayudar a detectar anomalías eléctricas en el vehículo, prever posibles averías y detectar fallas de manera correcta con la confiabilidad de disminuir el tiempo de diagnóstico.

2.1.3 ESCANER AUTOMOTRIZ

Al igual que el osciloscopio es una herramienta de mayor importancia en la automoción que permite la exploración de todos los componentes eléctricos, la cual ayuda a detectar fallas o líneas que ocasionan problemas al vehículo mediante un envío de códigos al escáner. Este dispositivo tiene muchos beneficios al momento de presentar un Check Engine o código de falla, ayuda a disminuir el tiempo de diagnóstico e indica los posibles daños en el sistema electrónico mediante los sensores, de esta manera se puede verificar si son problemas electrónicos o mecánicos.

2.1.4 MULTÍMETRO

Entre las herramientas de diagnóstico también el multímetro es uno de los dispositivos de gran ayuda, ya que permite leer magnitudes eléctricas que se expresa como dígitos en una pantalla digital. Al momento de diagnosticar un vehículo facilita en la determinación de tensiones, resistencias, corriente, continuidad y muchas cosas en los dispositivos electrónicos como; sensores, actuadores y otros dispositivos.

2.2 MÉTODOLÓGIA DEL PROYECTO DE DIAGNÓSTICO

En la **figura 2.2** se muestra un flujograma que ayudó a la elaboración y desarrollo del presente trabajo de grado, en el cual se resume en detalle el proceso a seguir para la obtención de los datos y su posterior análisis.

El presente trabajo de grado se basó en tres tipos de investigación; documental, experimental y analítico mediante el diagnóstico del tren de potencia del vehículo híbrido KIA Optima 2015, tomando en cuenta las fallas más comunes que se pueden presentar en la red CAN bus, mediante el uso de un osciloscopio, que permitirá plasmar errores más frecuentes en la red y la reducción del tiempo de diagnóstico en estos vehículos.

Para el diagnóstico de este vehículo se utilizó el programa KIA GLOBAL INFORMATION SYSTEM que contenía el manual de taller donde se obtuvo información que asistió a conocer el estado normal de funcionamiento del automotor.

El proceso de identificación de los pines se realizó mediante el uso de la **figura 1.16** ocupando el puerto OBD II para luego enlazar el multímetro y un osciloscopio en los pines 6 y 14. Esto permitió capturar y almacenar datos.

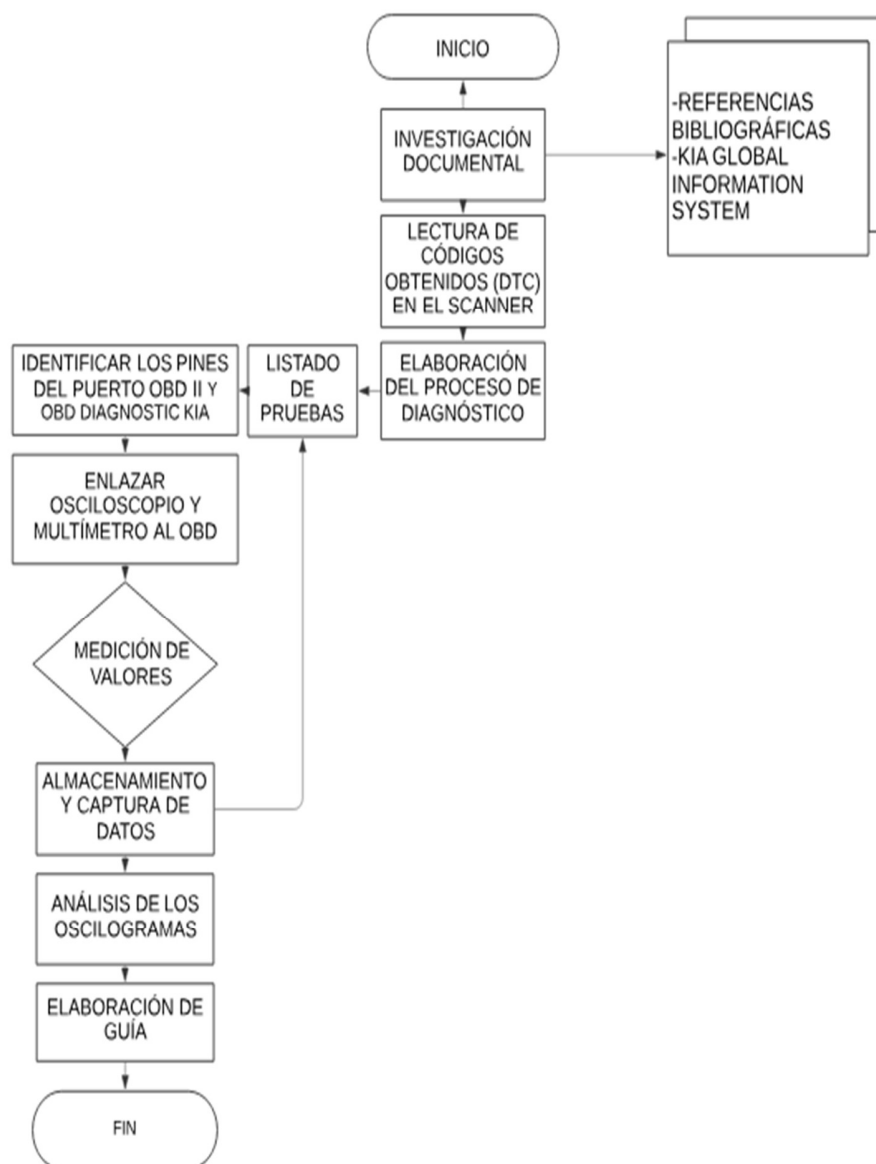


Figura 2.2 Flujograma de proceso metodológico

2.3 LECTURA DE CÓDIGOS OBTENIDOS (DTC) EN EL SCANNER

Previo al desarrollo del diagnóstico en cualquier vehículo se debe tener en cuenta los siguientes códigos denominados DTC (Diagnostic Trouble Codes), los cuales se presentan diferentes categorías y números que se indica a continuación.

2.3.1 PRIMER VALOR DE LA NOMECLATURA DE FALLAS

Se muestra con letras dependiendo al área donde se indica la falla.

- Powertrain P (Tren motriz): la falla proviene de la transmisión automática o del motor.
- Body B (cuerpo): la falla se encuentra en la carrocería del vehículo.
- Network U (Red): la falla se encuentra en el sistema de transmisión de datos entre los diferentes módulos.
- Chasis C: la falla se encuentra en el chasis del vehículo.

2.3.2 SEGUNDO VALOR DE LA NOMECLATURA DE FALLAS

Se indica con números de forma universal y estos códigos son más fáciles de diagnosticar y reparar.

- El número 0 indica que el código es genérico o universal.
- El número 1,2 y 3 indican que el código esta realizado por el propio fabricante.

2.3.3 TERCER VALOR DE LA NOMECLATURA DE FALLAS

Este valor nos permite verificar de manera precisa de donde proviene la falla de forma numérica.

- 1: falla provocada por el mal funcionamiento de los sensores con relación aire y combustible en el motor.
- 2: falla en el sistema de alimentación (inyectores, bomba de combustible y entre otros).
- 3: indica fallas en el sistema de encendido (bobinas, sensores de detonación y etc.).
- 4: muestra fallas en el sistema de anticontaminación (catalizador, sensor de oxígeno y entre otros).
- 5: fallas en el sistema de marcha de velocidad.
- 6: indica fallas en el ECM (Módulo de Control del Motor) con fallas en la memoria o en el procesador y también indica fallas en los circuitos.
- 7 y 8: indica fallas en la transmisión automática y en el sistema de tracción de 4 ruedas.

2.4 ELABORACIÓN DEL PROCESO DE DIAGNÓSTICO

La **figura 2.1** muestra el flujograma interior de la elaboración de procesos de diagnóstico en red multiplexada para lo cual se utilizó una maqueta del vehículo híbrido KIA Optima 2015, mismo que se tomó los siguientes aspectos para un buen desarrollo y análisis de los oscilogramas obtenidos.

2.4.1 INSPECCIONAR LA LÍNEA DE LA RED

Antes de realizar el diagnóstico en la red multiplexada del vehículo KIA Optima 2015, se tomó en cuenta varios puntos que permitieron mejorar el proceso de diagnóstico, costo y fiabilidad en el cliente.

2.4.1.1 INSPECCIÓN VISUAL.

Se realizó una observación constatando que no exista conexiones en mal estado, uniones sueltas, cables recalentados, cambios de color en el cableado, cables quemados, entre otros factores. Esto ayudó a tener indicios claros de las fallas más comunes en la red CAN bus, anticipando una falla prematura y prevenir daños en otros componentes.

2.4.1.2 TENSION DE LA BATERIA HV

Es fundamental revisar el estado de batería HV mediante el uso de un multímetro para verificar el buen estado en relación con la ficha técnica del automotor. De la misma manera, el jumper o clavija debe tener una buena conexión, debido a que se encarga de dividir la corriente de alta tensión.

2.4.1.3 TENSION DE LA BATERÍA DE 12 V.

Es necesario revisar la correcta tensión y la intensidad de la batería con un multímetro, considerando que la batería se debe encontrar en buenas condiciones lo cual ayuda a que todo el sistema eléctrico se alimente correctamente (Lavety et al., 2021).

2.4.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN POR PARTE DEL CLIENTE

Si fuese el caso, se aconseja preguntar al dueño del vehículo para identificar cuál es el problema que presenta el automotor, desde cuando se suscita el inconveniente, en que parte del vehículo se originó el problema, si ya ha sido revisado por otros técnicos, como ocurrió la falla o que factores han sumado para que el problema haya surgido o agudizado. Esta información aportara al técnico o al jefe de taller a reducir el tiempo al momento de diagnosticar y tratar de solucionar los inconvenientes.

2.4.3 PRUEBAS CON EL VEHÍCULO EN CARRETERA

Si es necesario corroborar estos síntomas con una prueba de manejo del vehículo en carretera para verificar los daños o sonidos que pueda emitir el automotor. Si no es posible realizarlo, será necesario optar por diferentes pruebas para localizar el problema.

2.4.4 CONSTATACIÓN DE DATOS Y COMPROBACIÓN DEL ESTADO DEL RED MULTIPLEXADA

Se debe recurrir al manual del taller para constatar los valores de voltaje e impedancia junto con la ubicación para verificar el estado de la red multiplexada y el estado de las líneas de conexión de los diferentes módulos. El mismo que aporta con la dirección exacta, las herramientas adecuadas, seguridad del taller, dispositivos necesarios para su buen diagnóstico y el diagrama de la red CAN bus del vehículo híbrido.

2.4.5 CONSTATACIÓN DE LAS CONEXIONES EN LOS MÓDULOS DEL TREN DE POTENCIA

Es necesario revisar que las conexiones de los módulos respectivos estén en su posición correcta, constatar que no exista ningún conector suelto o desenchufado, además es de vital importancia verificar el estado del cableado.

2.4.6 VISUALIZAR LOS CÓDIGOS DE ERROR MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN SCANNER AUTOMOTRIZ.

Se utilizó el puerto OBD II, el cual tiene la función de supervisar de manera continua todos los componentes electrónicos del vehículo (sensores, actuadores, componentes electrónicos, problemas en el cableado, mecánicos, módulos, red multiplexada, etc.), permitiendo mantener el estado del vehículo en óptimas condiciones. Por otro lado, almacena códigos de errores específicos con diferente codificación asociados a posibles fallos o fallos intermitentes. Notifica al conductor por medio del encendido de la luz del Check Engine cuando las señales PWM superan el límite permisible (1,5 segundos) (Frenzel, 2016).

El apartado HCU (Sistema de control HEV) permitió profundizar el diagnóstico del sistema híbrido del automotor, donde abarca todos los módulos y elementos que conforman la red multiplexada CAN bus.

MaxiCheck		INFORME DE DIAGNÓSTICO DE VEHÍCULO	AUTEL®
Información sobre el vehículo			
Kia 2015 K5 HEV(TF HEV)		Kilometraje:	
VIN: KNAGN41CBF5073274		Ruta de acceso: Selección automática > Kia(General) > Diagnóstico > Auto Escan >	
tiempo de prueba: 2023/07/21 11:31			
Auto escáner			
1	ENG (Motor)		falla 4
2	MCU (Sistema de control de motores)		falla 5
3	A/T (transmisión automática)		Pasa No hay fallo
4	CLU (módulo de clúster)		Pasa No hay fallo
5	EPB (freno de estacionamiento eléctrico)		falla 3
6	A/C (aire acondicionado)		falla 3
7	BCM (control corporal)		falla 7
8	SMK (unidad de llave inteligente)		Pasa No hay fallo
9	HCU (Sistema de control HEV)		falla 6
10	BMS (Sistema de gestión de batería)		falla 3
11	LDC (Convertidor CC/CC bajo)		Pasa No hay fallo
12	AAF (aleta de aire activa)		falla 1
13	PSM (módulo de asiento eléctrico)		-!-
14	SJB (Bloque de conexiones inteligente)		Pasa No hay fallo

Figura 2.3 Informe de diagnóstico del vehículo

2.5 LISTADO DE PRUEBAS

Para llevar a cabo el proceso de diagnóstico de la red multiplexada es necesario recopilar todas las fallas más frecuentes que se presentan en todos los vehículos con este sistema híbrido, mismo que se utilizó un osciloscopio, scanner y multímetro que permitieron conocer las señales de ondas (código binario) de la línea CAN bus.

A continuación, se detalla las fallas más comunes en la red multiplexada CAN bus:

- CAN HIGH en cortocircuito a masa.
- CAN HIGH en cortocircuito a positivo.
- CAN HIGH en cortocircuito con CAN LOW.

- CAN LOW cortocircuito a masa.
- CAN LOW en cortocircuito a positivo.
- CAN LOW suspendido.
- CAN HIGH suspendido.

2.6 IDENTIFICAR LOS PINES DEL PUERTO OBD II Y OBD DIAGNOSTIC KIA

Antes de realizar cualquier prueba es necesario revisar los pines correspondientes en el puerto, mismo que se indica en la **figura 1.16** y en estos tipos de vehículos se puede observar un puerto adicional de diagnóstico propio de la marca, mismo que permitió enlazar el osciloscopio para realizar las pruebas junto con el uso del scanner conectado en el puerto OBD II. Además, se utilizó el manual de taller donde se pudo identificar los pines en el puerto de diagnóstico propio de vehículo:

- Pin 19 línea K
- Pin 17 C-CAN bajo
- Pin 14 H-CAN bajo
- Pin 12 Memoria Fuerza
- Pin 9 C-CAN alto
- Pin 6 H-CAN alto
- Pin 4 masa del chasis
- Pin 5 masa de señal
- Pin 1 masa

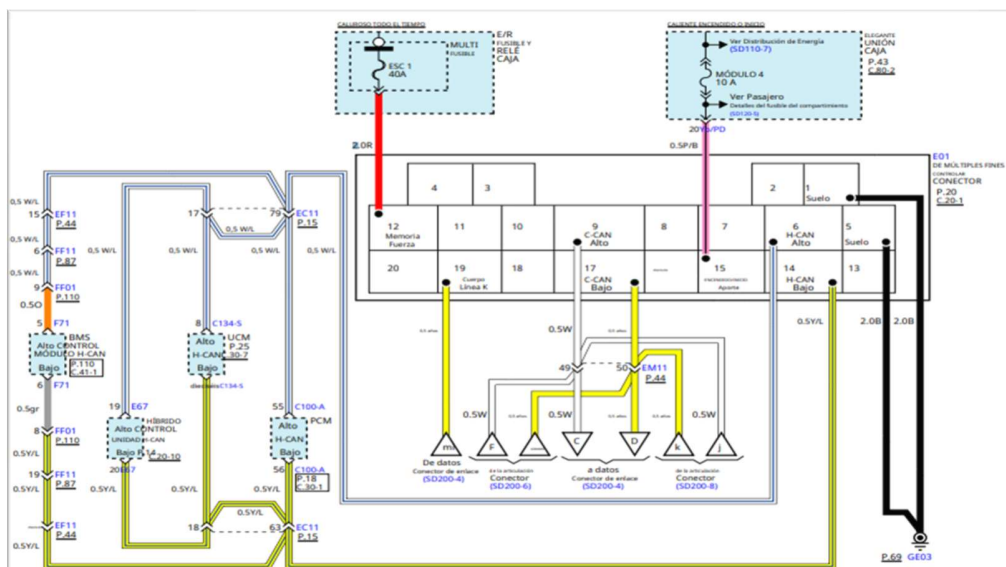


Figura 2.4 Diagrama del puerto OBD de KIA

Fuente: (HYBRID, 2015)

2.7 ENLAZAR OSCILOSCOPIO Y MULTÍMETRO AL PUERTO OBD

Una vez identificado los pines correctos se procedió a enlazar el osciloscopio al OBD DIAGNOSTIC KIA y el scanner con el multímetro en el puerto OBD II colocando las agujas en los pines de manera correcta con el vehículo en modo READY.



Figura 2.5 Conexión del osciloscopio, scanner y multímetro

2.8 MEDICIÓN DE VALORES

Para una medición correcta es necesario tener la maqueta con todos los procesos de diagnósticos antes mencionados en óptimas condiciones, en donde se empleó primeramente el multímetro para luego introducir el osciloscopio y el scanner en los puertos correspondientes. Para esta prueba se realizó con el motor puesto en contacto, a continuación, se realiza la medición de valores con multímetro y luego con un osciloscopio se procedió a captura de los oscilogramas que se revelan en cada una de las pruebas planificadas.

2.8.1 PRUEBA DE IMPEDANCIA

Se realizó la prueba de impedancia en los pines 6 y 14 CAN High y CAN Low en el puerto OBD II, con la ayuda de un multímetro y el vehículo apagado, se obtuvo valores alrededor de los 60 ohmios aproximadamente. De esta manera se pudo verificar que la red se encuentra en buen estado y no presenta daños en ninguno de los módulos.



Figura 2.6 Prueba de impedancia en la red CAN Bus

2.8.2 PRUEBA DE VOLTAJE

En la siguiente tabla se indica los valores que se obtuvo con un multímetro en la red CAN Bus.

Tabla 1.1 Datos de voltaje en el multímetro

Medidas CAN con multímetro	Voltaje CAN Low	Voltaje CAN High	Observaciones
Valores CAN en buen estado	2,35V	2,65 V	El vehículo no presenta daños en la red CAN bus.
Corto a masa Can Low	0,0 V	0,15V – 3,80 V	Existe caída de tensión en CAN Low, a pesar del inconveniente el vehículo enciende sin problemas en un estado de seguridad.
Corto a masa Can High	0,13V – 1,32 V	-0,57V- 0 V	La red CAN adoptan valores cercanos al de la batería, la ECU activo un modo de emergencia,
Corto a positivo CAN Low	12V – 13,6V	11V – 12,1V	La red CAN bus adopta valores cercanos al de la batería de 12 V y el vehículo tiene problemas al encender.
Corto a positivo CAN High	11 V	12,1 V	La red CAN adoptan valores cercanos al de la batería, el vehículo no enciende.
Corto entre CAN High y CAN Low	2,5 V	2,5 V	La red CAN bus adopta valores en estado recesivo, el vehículo no enciende.
CAN Low suspendido	0 V	2,51V – 3,61 V	La red CAN Low no presenta señal, el vehículo no enciende.
CAN High suspendido	1,52 – 2,52 V	0 V	La red CAN High no presenta señal, el vehículo no enciende.

2.9 PROCEDIMIENTO CON EL OSCILOSCOPIO

Se procedió a colocar las agujas del osciloscopio en los pines correspondientes en el puerto de OBD DIAGNOSTIC KIA para revisar los valores obtenidos con el multímetro en la línea CAN High y CAN Low, para posteriormente constatar que existe una buena comunicación de los nodos

permitiendo observar un buen estado de la trama de datos, verificando el comportamiento de los bits dominantes y recesivos de una manera adecuada.



Figura 2.7 Pines 6 y 14 del puerto OBD DIAGNOSTIC KIA

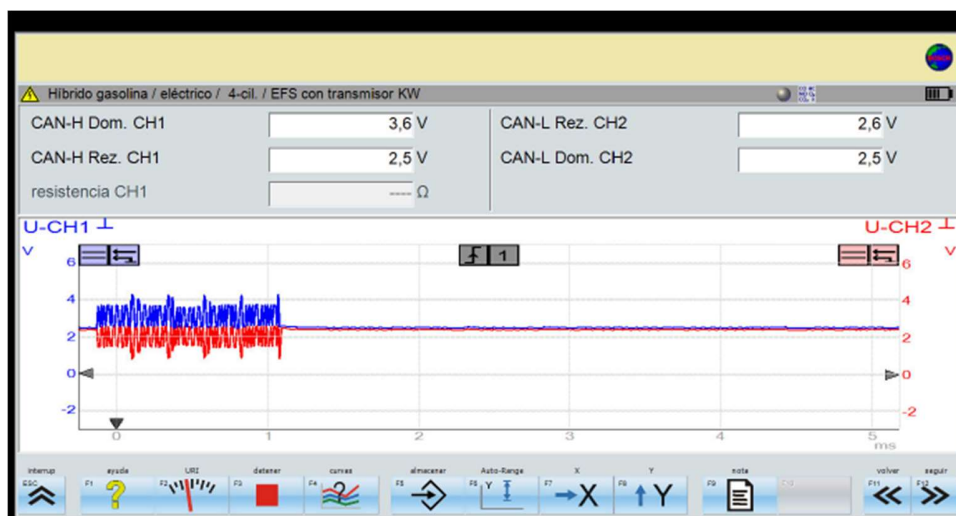


Figura 2.8 Red CAN Bus en buen estado

2.10 ALMACENAMIENTO Y CAPTURA DE DATOS

Se procedió al almacenamiento de los datos del oscilograma del equipo, con el propósito de detectar anomalías en la red. Posteriormente, se llevó a cabo una observación del estado de las señales en cada una de las pruebas, seguida de un análisis más detallado. Durante dicho análisis,

se identificaron los bits dominantes y recesivos, así como el inicio y fin de la trama, entre otros aspectos relevantes.



Figura 2.9 Almacenamiento de datos en el scanner automotriz MaxiCheck

2.11 ANÁLISIS DE LOS OSCILOGRAMAS

Se llevó a cabo un minucioso análisis exhaustivo de todos los datos recopilados durante cada una de las pruebas realizadas. El propósito primordial fue identificar las causas subyacentes que estaban generando el mal estado de la red.

Las variaciones de voltaje, caída de señal del CAN bus, pérdida de comunicación, valores negativos son factores que revelan problemas en la red multiplexada. Tras completar este proceso, se formuló un plan de acciones correctivas adecuadas para abordar las fallas identificadas.

2.12 ELABORACIÓN DE UNA GUÍA

De esta manera, se procedió a diagnosticar la red multiplexada CAN bus, culminando en la elaboración de una guía que consta de:

- Herramientas adecuadas para el diagnóstico.
- Códigos DTC relacionados a la red CAN bus.
- Pasos para el diagnóstico.
- Listado de fallas más frecuentes de la red CAN bus.
- Oscilogramas de comparación.
- Rangos permisibles de voltaje y resistencia de la red CAN bus.
- Posibles causas de las fallas.

CAPÍTULO III

3 RESULTADO Y DISCUSIONES

Para el presente proyecto, es necesario tener en cuenta que el vehículo se encuentra en una maqueta didáctica y se realizaron pruebas para detectar las fallas más comunes en la red. Las tramas de comunicación de los diferentes módulos que forman parte de la red multiplexada de CAN bus están integradas en las oscilaciones generales del vehículo. Identificar a qué módulo del tren de potencia corresponden es teóricamente difícil, ya que no hay una forma clara de separar las tramas por módulos. No obstante, mediante el uso de herramientas más sofisticadas, es posible decodificar con mayor profundidad los mensajes que circulan dentro de cada trama inmersa en la red.

3.1 PRUEBAS

3.1.1 DTC'S PREDIAGNÓSTICO

De acuerdo con los DTC que refleja el escáner, se identificó los siguientes DTC:

- U0122: Pérdida de comunicación con módulo de control de dinámica del vehículo.
- U0129: Pérdida de comunicación con el módulo de control de sistema de frenos.
- U1001: Bus de comunicación de CAN de alta velocidad.

MaxiCheck	INFORME DE DIAGNÓSTICO DE VEHÍCULO	AUTEL®
Información sobre el vehículo		
Kia 2015 K5 HEV(TF HEV)		Kilometraje:
VIN: KNAGN41CBF5073274		Ruta de acceso: Selección automática > Kia(General) > Diagnóstico >
tiempo de prueba: 2023/07/06 14:24		Auto Escan > Códigos de errores >
Códigos de errores		
1. U0122	Pérdida de comunicación con módulo de control de dinámica del vehículo (C-CAN)	Activo
2. U0129	Pérdida de comunicación con el módulo de control de sistema de frenos (C-CAN)	Activo
3. U1001	Bus de comunicación de CAN de alta velocidad (H-CAN)	PENDIENTE

Figura 3.1 DTCs del prediagnóstico

Fuente: (MaxiCheck, 2023)

3.1.1.1 INTERPRETACIÓN DE LOS DTCS

En el DTC U0122, se debe a fallas debido a varios aspectos, como un módulo de control defectuoso, posibles daños en los cables de la red CAN bus, una alimentación deficiente por parte de la red o circuitos abiertos en el módulo PCM (CODIGOSDTC, 2023).

Se deriva que el código U0129 se presentó debido a varias posibles fallas, como un cortocircuito o una mala alimentación en el cableado del módulo ABS, daños en el Brake System Control Module, y la posibilidad de que la red CAN bus haya sufrido daños en su cableado o una alimentación deficiente por parte de la red (OBDII, CODIGOSDTC Librería de Códigos OBDII, 2023).

El código U1001 se produce cuando hay una pérdida de comunicación entre la unidad de control del motor (ECM) y otros módulos o dispositivos en la red CAN bus del vehículo. Las posibles causas incluyen un mal funcionamiento de la ECM, problemas en el cableado del CAN bus, alimentación deficiente o malas conexiones a tierra. No apunta directamente a un problema en la ECM, sino a una interrupción de la comunicación entre los módulos (OBDII, U1001 - Código de falla OBD2, 2023).

3.1.2 PRUEBA DE IMPEDANCIA

Acorde de la prueba realizada utilizando el multímetro en los pines 6 y 14 del puerto OBD II se obtuvo una resistencia que oscila dentro del rango establecido de los 60 ohmios.



Figura 3.2 Valores de impedancia

3.1.2.1 INTERPRETACIÓN DE VALORES DE IMPEDANCIA

Durante la prueba realizada, se logró obtener un valor de impedancia de 63,7 ohmios, lo cual indica una óptima comunicación en la red CAN bus. Es importante destacar que, a pesar de encontrarse el vehículo en una maqueta con algunos componentes desconectados, con las luces de los testigos encendidos en el tablero de control no se presentó ningún inconveniente al encender el sistema.

En la siguiente tabla, se muestra los valores adecuados bajo condiciones normales, cabe destacar que las pruebas efectuadas se basaron en escala de 200 ohmios a 20 kiloohmios, debido a que el multímetro no es capaz de detectar los valores exactos de la red CAN bus.

Tabla 3.1 Valores de impedancia de la red CAN bus

	Normal	Abierto	Corto a tierra	Corto a batería +
CAN H Y CAN L	62.9 Ω	121 Ω	60,1 Ω	62,1 Ω
CAN H B+	133,2 K Ω	102,0 K Ω	1 (OL) Ω	1,22 K Ω
CAN L B+	1 (OL) Ω	1 (OL) Ω	1 (OL) Ω	1,22 K Ω
CAN H a tierra	0,69 K Ω	0,84 K Ω	60.6 Ω	0,69 K Ω
CAN L a tierra	0.67 K Ω	0,67 K Ω	0.64 K Ω	0.70 K Ω

3.1.3 PRUEBA DE TENSION

En esta prueba de voltaje se realizó la verificación de la tensión en la red CAN High en los pines 4(masa) y 6 con la ayuda del multímetro y de la misma manera se revisó el estado de la red CAN Low en los pines 4(masa) y 14, permitiendo observar que la red se encuentre en el rango establecido que oscila entre 2,5 a 3,5 y de 2,5 a 1,5 respectivamente.



Figura 3.3 Valores de tensión CAN High y CAN Low

3.1.3.1 ANÁLISIS DE LOS VALORES DE TENSIÓN CAN BUS

Durante esta prueba, se llevó a cabo observaciones detalladas de las líneas CAN High, revelando un valor de estado dominante de 2,65 voltios y un valor recesivo de 2,5 voltios. De la misma manera, se evaluó los niveles de tensión en la red CAN Low, donde se observó un valor de estado dominante de 1,91 voltios junto con un valor recesivo de 2,5 voltios. Estos valores reflejan una limitación del multímetro utilizado, mismo que no es capaz de reflejar la velocidad de la red CAN bus, mostrando en su lugar valores de voltaje promedio. Es importante tener en cuenta que cuanto mayor sea la velocidad de trama de datos, mayor será la influencia en los valores medidos por el multímetro. Cabe destacar que el diagnóstico mediante el multímetro no es una metodología recomendada para redes multiplexadas, ya que no permite detectar la presencia de ruidos.

3.1.4 CAN HIGH EN CORTOCIRCUITO A MASA

Se realizó una intervención intencionada en la red al aplicar una interferencia al pin 6 mediante la conexión a tierra con un cocodrilo como se muestra en la **figura 3.5**, lo que resultó en la obtención del siguiente oscilograma.

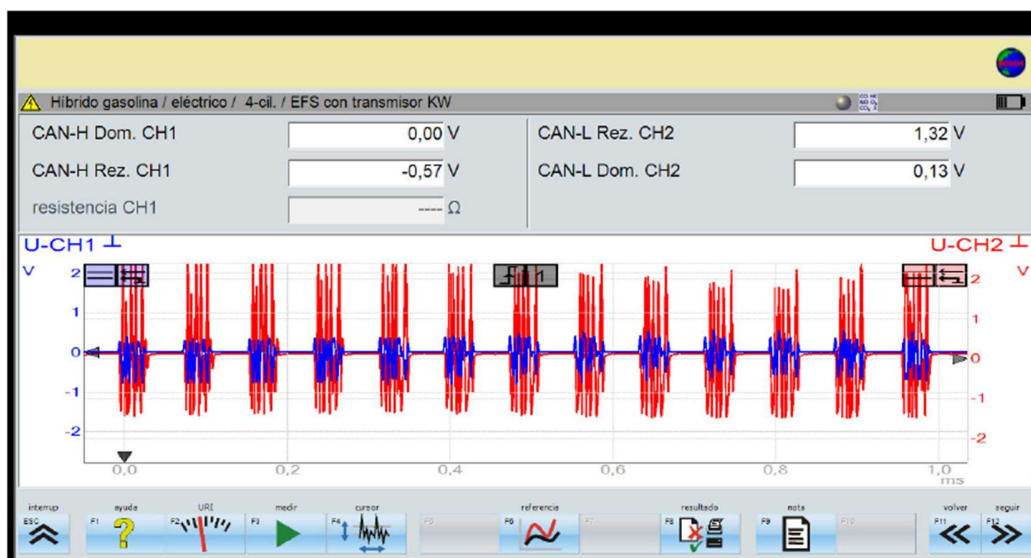


Figura 3.4 Valores CAN High cortocircuito a masa

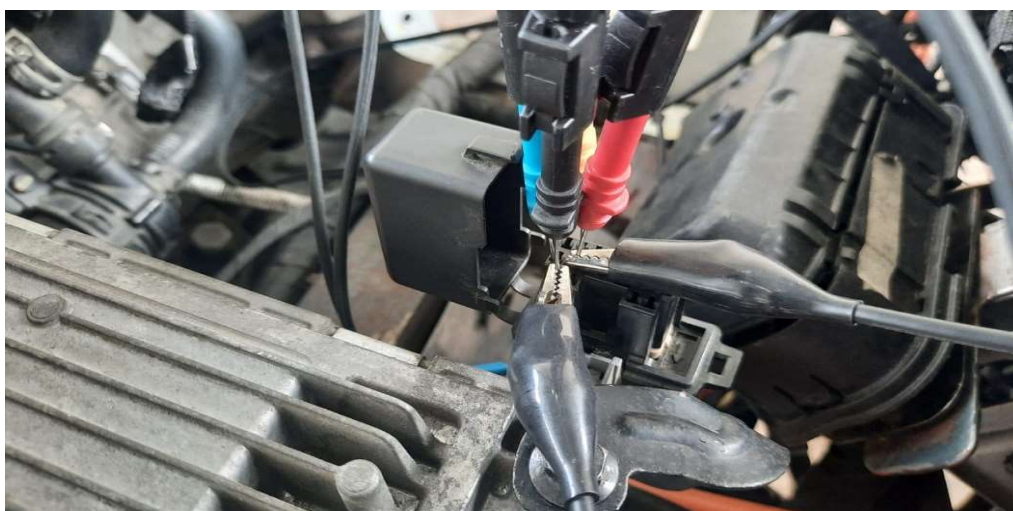


Figura 3.5 Interferencia Pin 6 OBD DIAGNOSTIC KIA a masa

3.1.4.1 INTERPRETACIÓN DEL OSCIOGRAMA DE CAN HIGH EN CORTOCIRCUITO A MASA

Se evidenció valores de estado recesivo de $-0,57\text{ V}$ y una caída del voltaje dominante a 0 V por parte de la red CAN High, de la misma manera, se evidenció un estado recesivo fuera del rango establecido con $1,32\text{ V}$ y un estado dominante de $0,13\text{ V}$ en la red CAN Low, esto se debe a una creación de baja resistencia resultado del valor del cable y el chasis del vehículo provocando la falta de comunicación entre los nodos, lo cual conduce a un fallo. Como resultado de este escenario, se confirma que el vehículo no puede encender.

3.1.5 CAN HIGH EN CORTOCIRCUITO A POSITIVO

En esta falla en la red multiplexada se efectuó de manera intencional con la ayuda de interferencia del pin 6 a tierra utilizando un cocodrilo conectado al borne positivo de la batería de 12,0 voltios, obteniendo el siguiente oscilograma

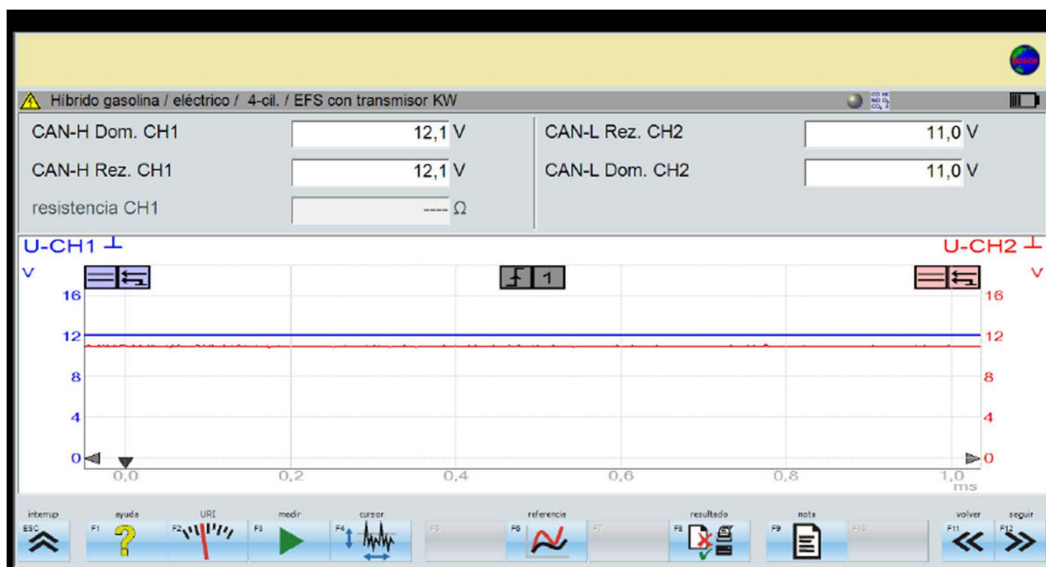


Figura 3.6 Oscilograma CAN High en cortocircuito a positivo

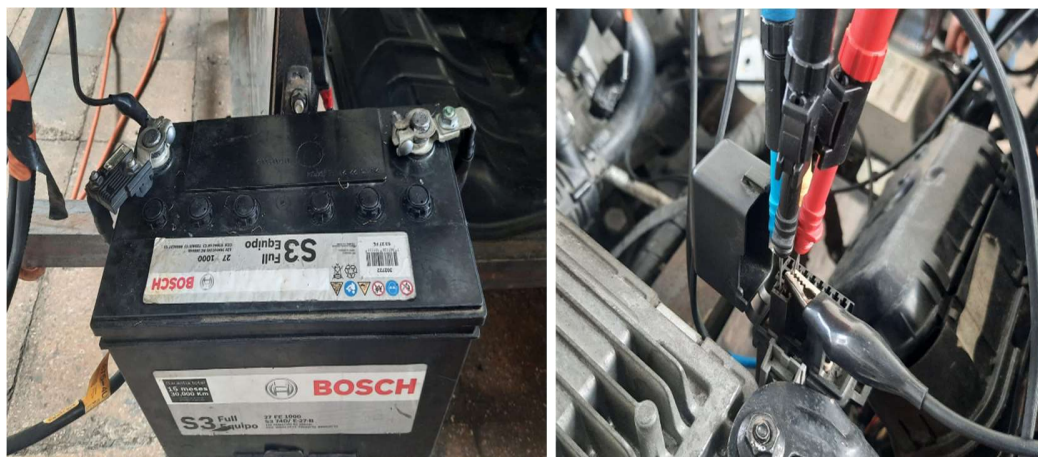


Figura 3.7 Interferencia Pin 6 OBD DIAGNOSTIC KIA a positivo de batería

3.1.5.1 INTERPRETACIÓN DEL OSCILOGRAMA DE CAN HIGH EN CORTOCIRCUITO A POSITIVO

En este caso, se produjo una exagerada elevación de los valores de voltaje debido a la conexión de la red CAN High al polo positivo de la batería. Al hacer esto, los valores de voltaje adoptaron los niveles de la batería, que normalmente se encuentran alrededor de los 12 voltios. Esto es consecuencia de la Ley de Ohm aplicada a un circuito en paralelo, donde el voltaje de mayor valor prevalece sobre los demás. Por otro lado, la red CAN Low, adoptó un valor de voltaje cercano a los 11 voltios, con una desviación de aproximadamente 0,9 voltios. Esto se debe a que la red CAN Low es una red de señal espejo de la CAN High. Como resultado de esta elevación de voltaje, el vehículo no logra encender correctamente.

3.1.6 CAN HIGH EN CORTOCIRCUITO CON CAN LOW

La falla se indujo intencionalmente para provocar interferencia, utilizando un cocodrilo conectado desde el pin 14 de CAN Low al pin 6 de CAN High, lo cual generó el siguiente oscilograma. Esta prueba se considera más precisa en comparación con las pruebas anteriores, debido a que la proximidad de las dos redes permite una mayor probabilidad de cortocircuito entre ellas en comparación con otras fallas previamente realizadas.

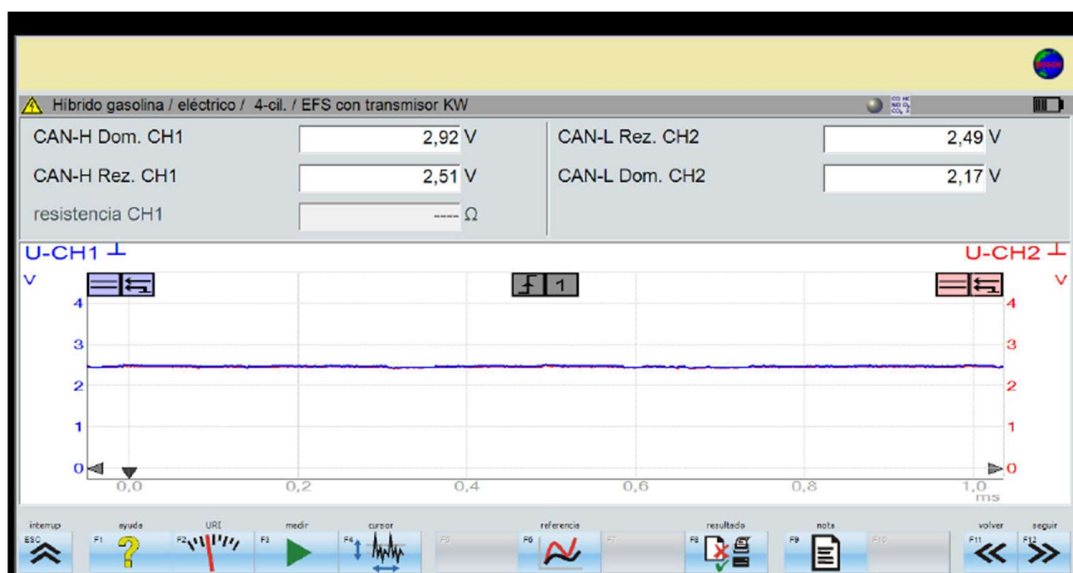


Figura 3.8 Muestra CAN High en cortocircuito con CAN Low

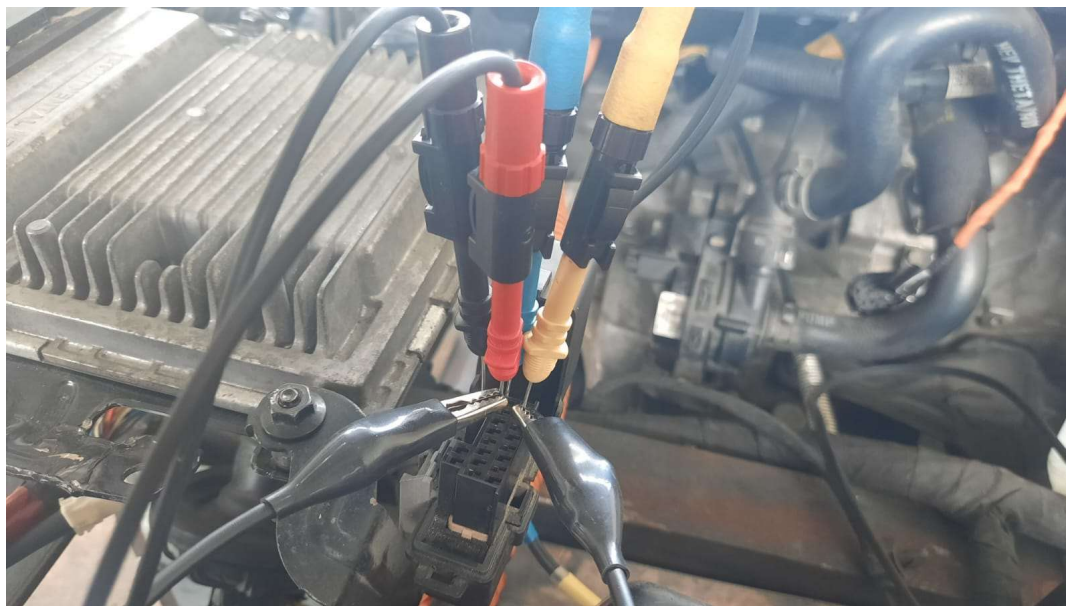


Figura 3.9 Enlace del pin 14 al pin 6 en el puerto OBD DIAGNOSTIC KIA

3.1.6.1 ANÁLISIS DEL OSCIOGRAMA CAN HIGH EN CORTOCIRCUITO CON CAN LOW

Los resultados obtenidos revelan que el estado recesivo persiste en la línea CAN High con valores de 2,51 V junto con la línea CAN Low con valores casi similares con 2,49 V, mientras que el estado dominante se reduce al estado recesivo de la línea CAN High con un valor de 2.92 V en comparación a la línea CAN Low con un valor inferior a 2,17V. Esta situación impidió encender el vehículo debido a la interrupción de la comunicación en la red. La Unidad de Control Electrónico (ECU) tomó medidas para mantenerlo en un estado seguro, suspendiendo la comunicación entre los diferentes módulos de la red CAN bus.

3.1.7 CAN LOW CORTOCIRCUITO A MASA

Se efectuó de manera intencional en la red CAN Bus una interferencia del pin 14 enlazado al pin 5 de masa utilizando un cocodrilo, obteniendo el siguiente oscilograma.

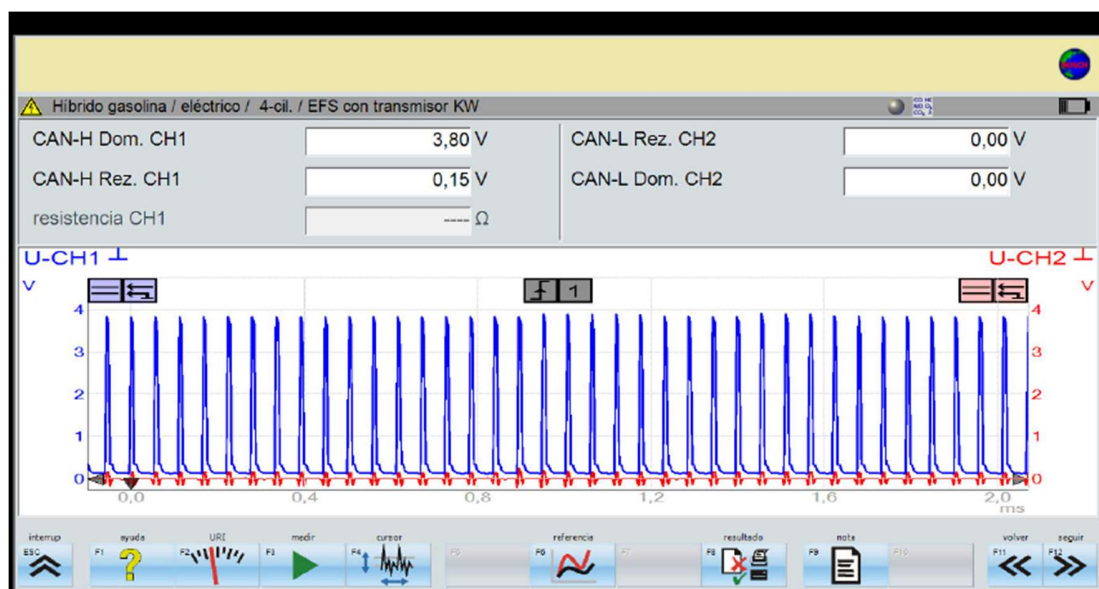


Figura 3.10 Oscilograma CAN Low cortocircuito a masa

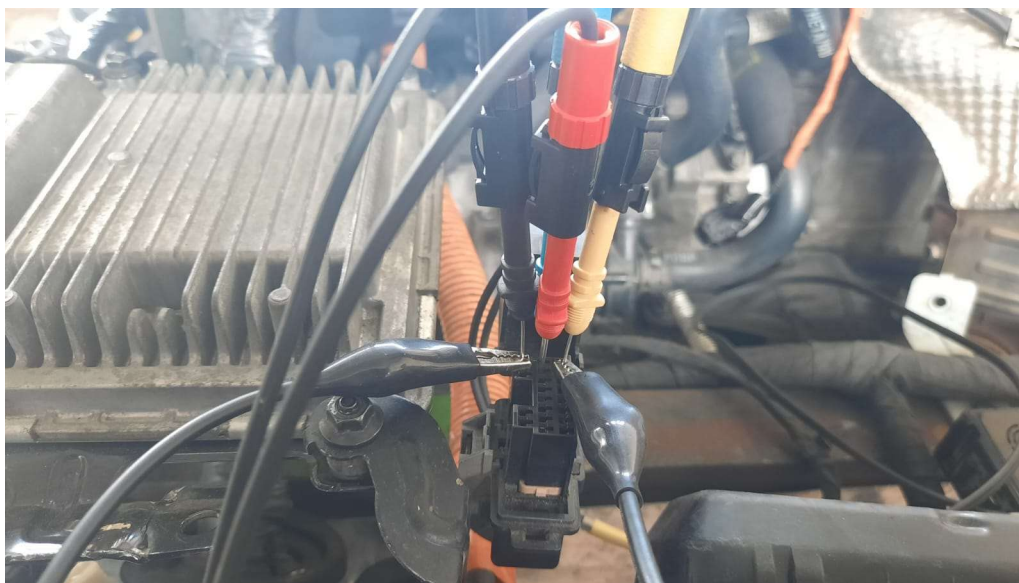


Figura 3.11 Enlace del pin 14 al pin 5 en el puerto OBD DIAGNOSTIC KIA.

3.1.7.1 INTERPRETACIÓN DEL OSCIOGRAMA DE CAN LOW EN CORTOCIRCUITO A MASA

En esta prueba se evidenció el envío de mensajes por la línea CAN High a una velocidad relativamente baja debido a la pérdida de comunicación con la red CAN Low. Este comportamiento corresponde a un modo de seguridad implementado en estos vehículos, el cual implementa acciones preventivas para no interrumpir la comunicación entre los módulos. La razón

detrás de esto es la detección de un cortocircuito a masa, indicado por el valor de 0 voltios en la línea CAN Low. A pesar de este inconveniente, el vehículo no presenta problemas para encenderse. Sin embargo, se observó que el vehículo entra en un modo de seguridad para prevenir posibles daños adicionales.

3.1.8 CAN LOW CORTOCIRCUITO A POSITIVO

Se realizó la prueba de manera didáctica con la ayuda de un cocodrilo conectado a positivo de la batería de 12V enlazado al pin 14 como se muestra en la **figura 3.13**, el cual arroja el siguiente oscilograma.

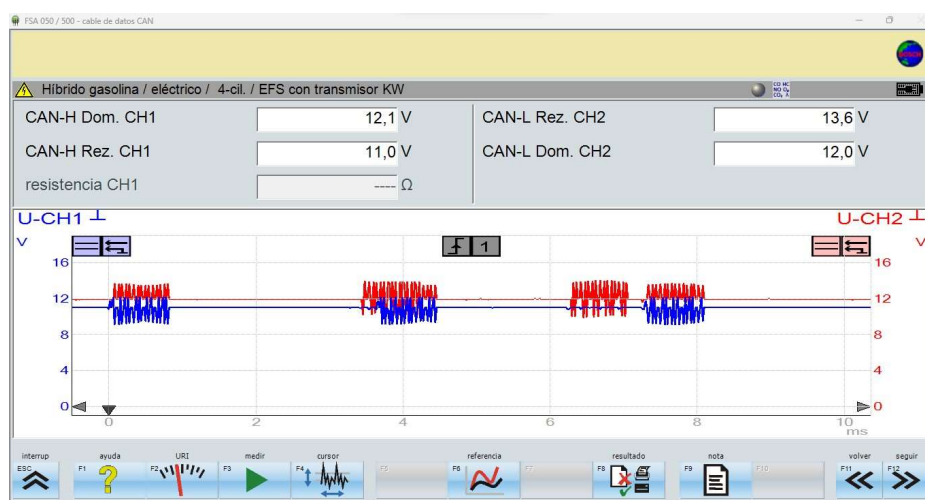


Figura 3.12 Oscilograma CAN Low cortocircuito a positivo



Figura 3.13 Enlace del pin14 del OBD DIAGNOSTIC KIA al polo positivo de la batería de 12

3.1.8.1 INTERPRETACIÓN DEL OSCIOGRAMA

Se pudo evidenciar una exagerada elevación de los valores de voltaje debido a la conexión de la red CAN Low al polo positivo de la batería de 12V. Al hacer esto, los valores de voltaje adoptaron los niveles de la batería, que normalmente se encuentran alrededor de los 12 voltios. El voltaje de mayor valor prevalece sobre los demás. Por otro lado, la red CAN High, adoptó un valor de voltaje cercano a los 12 voltios, con una desviación de aproximadamente 1,1 voltios. Esto se debe a que la red CAN Low es una red de señal espejo de la CAN High. Como resultado de esta elevación de voltaje, el vehículo no logra encender correctamente, sin embargo, la computadora ECU activó el modo de emergencia. Esta situación puede deberse a un error de cableado y tener consecuencias muy graves, como daños en los módulos de control electrónico ECU, fallas en la comunicación de la red CAN bus, en casos extremos, riesgos de incendio.

3.1.9 CAN LOW SUSPENDIDO

En la siguiente prueba, se retiró por completo el pin 14 del puerto OBD II así como del puerto OBD DIAGNOSTIC KIA como se muestra en la **figura 3.16**. Luego, se procedió a conectar el scanner y el osciloscopio en el puerto OBD II y el puerto OBD DIAGNOSTIC KIA respectivamente. Durante la prueba, se observó el siguiente oscilograma y el informe desplegado por el scanner.

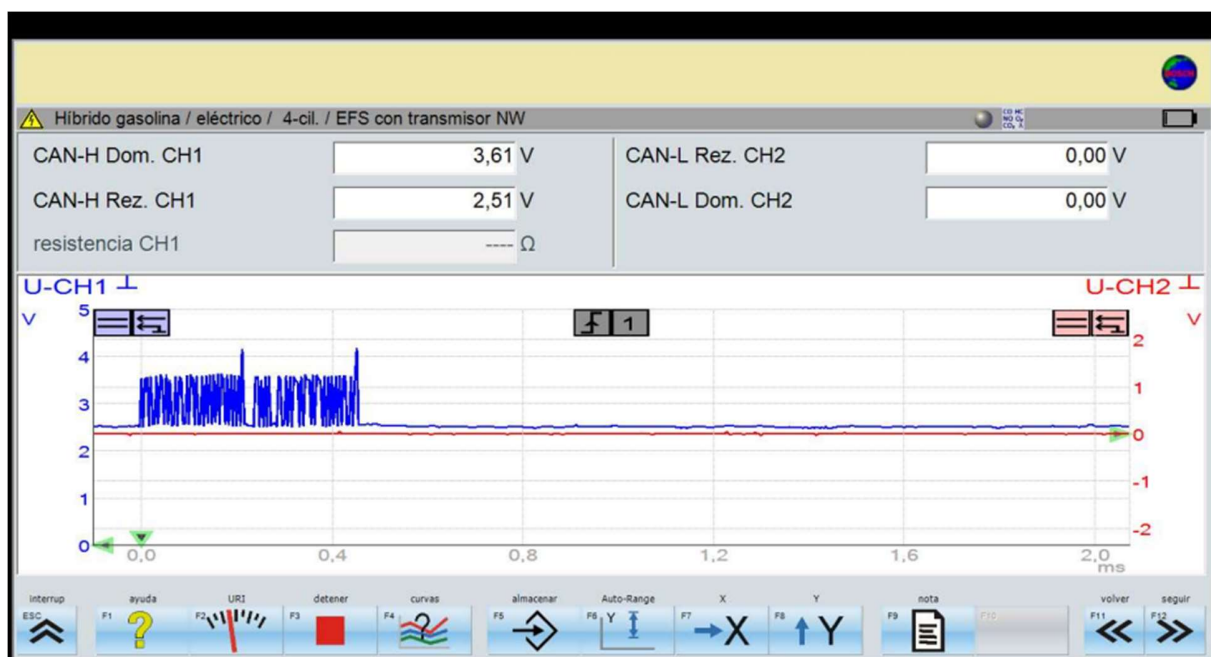


Figura 3.14 Oscilograma CAN Low suspendido

MaxiCheck **INFORME DE DIAGNÓSTICO DE VEHÍCULO** **AUTEL®**

Información sobre el vehículo

Kia 2015 K5 HEV(TF HEV)

VIN: KNAGN41CBF5073274

tiempo de prueba: 2023/07/21 11:31

Kilometraje:

Ruta de acceso: Selección automática > Kia(General) > Diagnóstico > Auto Escan >

Auto escáner

1	CLU (módulo de clúster)	Pasa No hay fallo
2	BCM (control corporal)	falla 7
3	PSM (módulo de asiento eléctrico)	-!-
4	SJB (Bloque de conexiones inteligente)	Pasa No hay fallo

Figura 3.15 Informe de diagnóstico con CAN Low suspendido



Figura 3.16 Retiro del pin 14 del puerto OBD II y conexión del osciloscopio al puerto

DIAGNOSTIC KIA

3.1.9.1 INTERPRETACIÓN DEL OSCIOGRAMA

En la prueba realizada se evidencio dos situaciones muy relevantes, en primera instancia el scanner no reconoce el sistema de control HEV junto con todos los módulos que están enlazados en la red CAN bus. Por otro lado, el osciloscopio solo recibe señal de la línea CAN High reflejando que existe una comunicación deficiente debido a la lectura de una sola línea, posterior a esto, el

vehículo no presenta ningún inconveniente al momento de encender dado que la falla se encuentra en la salida del puerto OBD II y el puerto OBD DIAGNOSTIV KIA el cual no afecta a ninguno de los módulos internos.

Si existe un oscilograma similar a la **figura 3.14** no se debe pasar por alto debido a que puede ser indicio de un problema que refleje una interrupción en la línea CAN Low derivando en problema más grave.

3.1.10 CAN HIGH SUSPENDIDO

En la siguiente prueba, se retiró por completo el pin 6 del puerto OBD II así como del puerto OBD DIAGNOSTIC KIA como se muestra en la **figura 3.19**. Luego, se procedió a conectar el scanner y el osciloscopio en el puerto OBD II y el puerto OBD DIAGNOSTIC KIA respectivamente. Durante la prueba, se observó el siguiente oscilograma y el informe desplegado por el scanner.

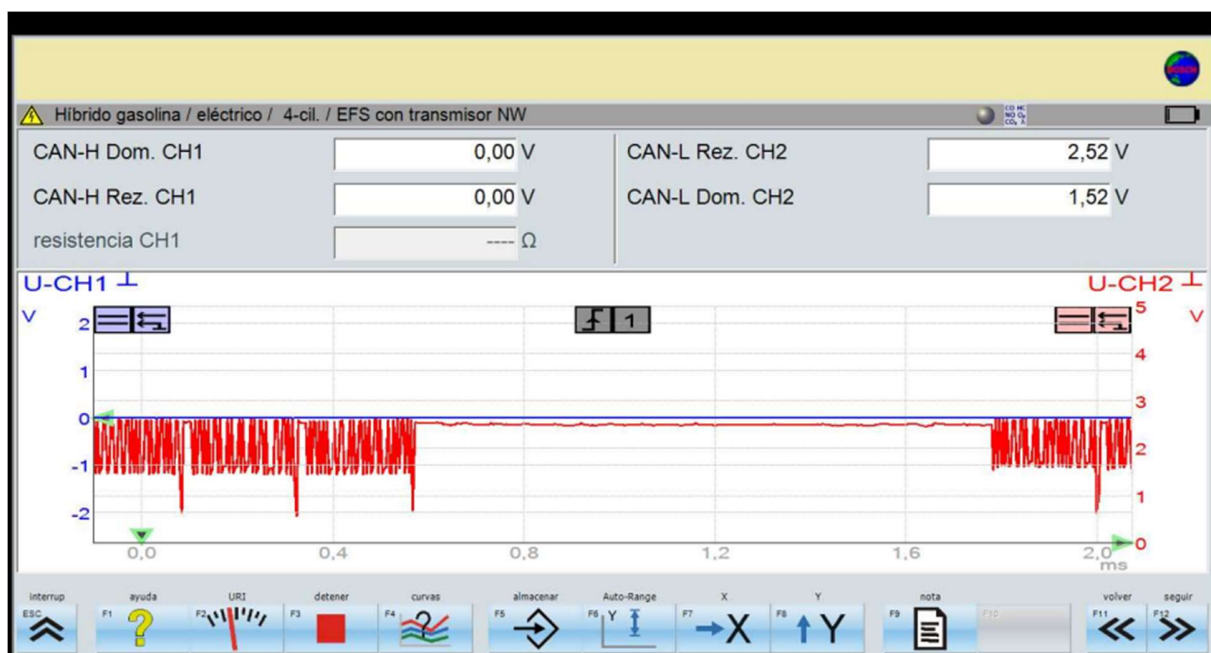


Figura 3.17 Oscilograma con CAN High suspendido

MaxiCheck

INFORME DE DIAGNÓSTICO DE VEHÍCULO

AUTEL®

Información sobre el vehículo

Kia 2015 K5 HEV(TF HEV)

VIN: KNAGN41CBF5073274

tiempo de prueba: 2023/07/21 11:31

Kilometraje:

Ruta de acceso: Selección automática > Kia(General) > Diagnóstico > Auto Escan >

Auto escáner

1	CLU (módulo de clúster)	Pasa No hay fallo
2	BCM (control corporal)	falla 7
3	PSM (módulo de asiento eléctrico)	-!-
4	SJB (Bloque de conexiones inteligente)	Pasa No hay fallo

Figura 3.18 Informe de diagnóstico con CAN High suspendido



Figura 3.19 Retiro del pin 6 del puerto OBD II y en el puerto OBD DIAGNOSTIC KIA

3.1.10.1 INTERPRETACIÓN DEL OSCILOGRAMA CON CAN HIGH SUSPENDIDO

En la prueba realizada se evidencio dos situaciones similares a la anterior, en un principio, el scanner no reconoce el sistema de control HEV ni los módulos que están conectados a la red CAN bus. Además, el osciloscopio solo recibe señal de la línea CAN Low reflejando que existe una comunicación deficiente debido a la lectura de una sola línea, posterior a esto, el vehículo no presenta ningún inconveniente al momento de encender dado que la falla se encuentra en la salida del puerto OBD II y el puerto OBD DIAGNOSTIV KIA el cual no afecta a ninguno de los módulos internos.

Si existe un oscilograma similar a la **figura 3.17** no se debe pasar por alto debido a que puede ser indicio de un problema que refleje una interrupción en la línea CAN Low derivando en problema más grave.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Durante el análisis efectuado, se logró identificar en las pruebas CAN High y CAN Low en cortocircuito a batería de 12 V, valores aproximados al de la batería en las líneas correspondientes. Esto se debe a la aplicación de la Ley de Ohm de circuitos en paralelos, donde el voltaje de mayor valor prevalece sobre los demás. Por otro lado, en la prueba CAN High y CAN Low en cortocircuito a masa, los valores reflejados son inferiores a 0 V con respecto a los rangos normales de cada una de las líneas de la red CAN bus. Finalmente, en las pruebas de CAN High y CAN Low suspendido los oscilogramas reflejados denotan que no muestran actividad en ninguno de los casos efectuados.
- La guía, que amalgama análisis oscilográficos, decodificación de códigos DTC, umbrales de tolerancia de voltaje y un escrutinio preciso de variables causales, se erige como una solución proactiva. Al implementarla, el diagnóstico se acelera notoriamente, logrando mejoras sustanciales entre un 64% y 73%, no solo acortando los tiempos de inactividad vehicular, sino también potenciando la precisión y eficacia de los procesos de análisis y mantenimiento, para un rendimiento operativo excepcional.
- Para obtener diagnósticos precisos en el contexto abordado, es fundamental tomar decisiones acertadas en la selección y el uso de herramientas de evaluación, como el osciloscopio. En particular, se requiere un osciloscopio con una mayor amplitud de voltajes y tiempos adecuados para comprender correctamente los datagramas, dado que la red CAN bus opera a una alta velocidad de entre 200 y 500 KBits/s. Durante las pruebas mencionadas, se optó por configurar el osciloscopio en escalas de 2 ms con voltaje de 5 V, ya que al incrementar estos parámetros provocaría interpretaciones incorrectas de los datagramas debido a la alta velocidad de la red CAN bus presente en este vehículo

4.2 RECOMENDACIONES

- Una selección inapropiada de las escalas puede llevar a una representación distorsionada de las formas de onda y ocultar detalles críticos en los datos capturados. La consideración cuidadosa de la magnitud y duración de las señales presentes permitirá una interpretación más precisa y completa de los oscilogramas, mejorando así la calidad y la confiabilidad del análisis realizado.
- Se aconseja disponer de un software para la identificación de patrones anómalos en la red CAN bus mediante el análisis exhaustivo de registros de tramas. Esto implica la creación de una biblioteca de patrones de comunicación normales y defectuosas. Estas pruebas, acompañadas de un registro detallado de respuestas y resultados, proporcionarán una comprensión más completa de la resistencia de la red CAN y permitirán ajustes y mejoras proactivos para garantizar su integridad en condiciones reales de operación.
- Es esencial comprender que el multímetro no resulta adecuado para efectuar diagnósticos en la red CAN bus debido a su incapacidad para capturar y analizar eficazmente la velocidad y complejidad de las tramas de datos en dicha red. Por lo tanto, es recomendable evitar su uso para resolver problemas en la red CAN, excepto en situaciones en las que sea necesario verificar tensiones e impedancias. Su funcionalidad limitada podría llevar a interpretaciones erróneas y daños en los módulos conectados. En su lugar, se deben preferir herramientas especializadas como osciloscopios y escáners, diseñados para una evaluación precisa y confiable del sistema, asegurando así un diagnóstico preciso y la integridad de la red y sus componentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (09 de septiembre de 2021). ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA MULTIPLEXADO DE UN VEHÍCULO AUDI Q5. ESPOCH, Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Acosta Jiménez, J. E. (2020). Estudio del sistema híbrido, diseño, construcción e implementación de un modelo de conexión de fuerzas propulsoras de transmisión. UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR, Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ali M. Bazzi; Yiqi Liu; Daniel S. Fay. (n.d.). Electric Machines and Energy Storage. In IEEE (Vol. 6, pp. 49–53). Retrieved April 26, 2023, from <https://scihub.se/https://doi.org/10.1109/MELE.2018.2849900>
- Angulo Angulo, F., & Zambrano Miranda, M. (2018). MEDIDOR DE VELOCIDAD DE PROTOCOLO CAN. MEDIDOR DE VELOCIDAD DE PROTOCOLO CAN. INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE, San Pedro Tlaquepaque, Jalisco., Mexico.
- Automotriz, M. (18 de 03 de 2016). Manual de Sistema de CAN-Bus de Datos Bosch - Diseño y Funcionamiento. Obtenido de Mecánica Automotriz: <https://www.mecanicoautomotriz.org/1437-manual-sistema-can-bus-datos-bosch-diseno-funcionamiento>
- Benzidia, S., Luca, R. M., & Boiko, S. (2021). Disruptive innovation, business models, and encroachment strategies: Buyer's perspective on electric and hybrid vehicle technology. *Technological Forecasting and Social Change*, 165, 120520. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2020.120520>
- CAN bus: componentes, ventajas y fallas en el sistema. (2023). <https://blog.reparacion-vehiculos.es/can-bus-ventajas-fallas-en-el-sistema>
- Circuito de Baja Presión, Componentes. Sistema de Alimentación Diesel | PDF | Bomba | Pistón. (n.d.). Retrieved May 14, 2022, from <https://es.scribd.com/document/309399971/circuito-de-baja-presion-componentes-sistema-de-alimentacion-diesel>.
- CODIGOSDTC. (Julio de 2023). (BSCM). Obtenido de CODIGOSDTC Librería de Códigos OBDII:

- <https://codigosdtc.com/u0129/#:~:text=Causas%20del%20c%C3%B3digo%20OBD2%20U0129,abierto%20o%20corto%20a%20tierra.>
- CODIGOSDTC. (Julio de 2023). U0122 - BUS DE DATOS: MÓDULO DE CONTROL DE LA DINÁMICA DEL VEHÍCULO - SIN COMUNICACIÓN. Obtenido de CODIGOSDTC Librería de Códigos OBD II: <https://codigosdtc.com/u0122/>
- Cordero, M. P. (29 de octubre de 2017). CUESTIONARIO SOBRE REDES MULTIPLEXADAS. Obtenido de CUESTIONARIO SOBRE REDES MULTIPLEXADAS: <https://silo.tips/download/cuestionario-sobre-redes-multiplexadas>
- Corrigan, S. (2002a). Introduction to the Controller Area Network (CAN) Application Report Introduction to the Controller Area Network (CAN). www.ti.com
- Corrigan, S. (2002b). Introduction to the Controller Area Network (CAN) Application Report Introduction to the Controller Area Network (CAN). www.ti.com
- Costas. (25 de junio de 2019). Costas. Obtenido de Costas: <http://www.motorpasion.com/coches-hibridosalternativos/historia-del-coche-hibrido-la-tecnologia-se-perfecciona>
- Cucor, I. B. (2021). Outlines of Vehicular Ad-Hoc networks. *Transportation Research Procedia*, 55, 1312–1319. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2021.07.115>
- Diariomotor. (19 de abril de 2019). Diariomotor. Obtenido de Diariomotor: <http://www.diariomotor.com/2009/04/19/lohner-porsche-mixte-hybrid-el-primer-hibridode-la-historia/>
- Fin de Carrera, P., Romero García Tutor, R., & Antonio Sánchez Segura, J. (2020). Diseño y desarrollo de un sistema de refrigeración distribuido basado en comunicaciones CANBUS. [moz-extension://e25d6691-77b0-4a85-a4d9-6c1db8df8e51/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fidus.us.es%2Fbitstream%2Fhandle%2F11441%2F94552%2FTFG-2760-ROMERO%2520GARCIA.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy](https://e25d6691-77b0-4a85-a4d9-6c1db8df8e51/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fidus.us.es%2Fbitstream%2Fhandle%2F11441%2F94552%2FTFG-2760-ROMERO%2520GARCIA.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy)
- Firtec - CAN BUS y OBDII. (n.d.). Retrieved April 26, 2023, from <https://www.firtec.com.ar/cms/10-notas-tecnicas/60-can-bus-y-obdii>

- FLORES BERMEJO, H. I. (2018). AUTOMATIZACIÓN DE PRUEBAS DE PÉRDIDA DE COMUNICACIÓN CAN/LIN, RESETEO Y DESACTIVACIÓN/ACTIVACIÓN EN SISTEMAS AUTOMOTRICES EMBEBIDOS. AUTOMATIZACIÓN DE PRUEBAS DE PÉRDIDA DE COMUNICACIÓN CAN/LIN, RESETEO Y DESACTIVACIÓN/ACTIVACIÓN EN SISTEMAS AUTOMOTRICES EMBEBIDOS. CIATEQ, ZAPOPAN, JALISCO, MEXICO.
- Fracsci, E., Davide, D., Nacci, G., Sementa, P., Arsie, I., Jannelli, E., & Vaglieco, B. (2022). Comprehensive model for energetic analyses of a series hybrid-electric vehicle powered by a passive Turbulent Jet Ignition engine. *Energy Conversion and Management*, 116092.
- Frenzel, L. E. (2016). On-Board Diagnostics (OBD) II. *Handbook of Serial Communications Interfaces*, 97–99. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800629-0.00022-X>
- Garcia Henriquez, C. (2022). Fuentes parásitas del sistema mutiplexado.
- Ge, X., Ahmad, I., Han, Q.-L., Wang, J., & Zhang, X.-M. (2021). Dynamic event-triggered scheduling and control for vehicle active suspension over controller area network. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 152, 107481. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107481>
- Ge, X., Ahmad, I., Han, Q.-L., Wang, J., & Zhang, X.-M. (2021). Dynamic event-triggered scheduling and control for vehicle active suspension over controller area network. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 152, 107481. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107481>
- Guo, X., Aoki, T., & Lin, H. H. (2020). Model checking of in-vehicle networking systems with CAN and FlexRay. *Journal of Systems and Software*, 161, 110461. <https://doi.org/10.1016/J.JSS.2019.110461>
- Hu, D., Hou, D., Guo, K., & Sun, C. (2019). Design and implementation of Diagnostic system for Integrated body Controller Based on CAN bus. *Proceedings - 2019 Chinese Automation Congress, CAC 2019*, 1175–1178. <https://doi.org/10.1109/CAC48633.2019.8996400>
- HYBRID, 2. O. (01 de Julio de 2015). Kia media. Obtenido de kia media: <https://www.kiamedia.com/us/es/models/optima-hybrid/2015>

- Kansara, K., & Singh, V. K. (2021). Effect of heat source direction on the thermal performance of phase change material (PCM) based thermal control module (TCM) under the influence of low gravity environment. *International communications in heat and mass transfer*, 105615. doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2021.105615
- Karim, A. K. A., Amine, A. M., Virginie, D., & Vincent, C. (2022). Using Power Line Communication for Fault Detection and Localization in Star-shaped Network. *IFAC-PapersOnLine*, 55(6), 526–532. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2022.07.182>
- Kubis, M., Beno, P., Gutten, M., & Danko, M. (2019). CAN bus communication using LabViewSystem. *Proceedings of the 2019 20th International Scientific Conference on Electric Power Engineering, EPE 2019*. <https://doi.org/10.1109/EPE.2019.8777930>
- Lavety, S., Keshri, R. K., & Chaudhari, M. A. (2021). A dynamic battery model and parameter extraction for discharge behavior of a valve regulated lead-acid battery. *Journal of Energy Storage*, 33, 102031. <https://doi.org/10.1016/J.EST.2020.102031>
- Lavety, S., Keshri, R. K., & Chaudhari, M. A. (2021). A dynamic battery model and parameter extraction for discharge behavior of a valve regulated lead-acid battery. *Journal of Energy Storage*, 33, 102031. <https://doi.org/10.1016/J.EST.2020.102031>
- LÓPEZ DIGUAY, J. A. (2021). ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA MULTIPLEXADO DE UN VEHÍCULO AUDI Q5. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA, CHIMBORAZO, ECUADOR.
- Luo, Y., Wei, Y., Ding, D., & Xie, J. (2020). An in-vehicle network security protocol based on dynamic encryption. *IEEE*. doi:10.1109/icisce50968.2020.00068
- MANZANARES CAAMAL, A. F. (2020). ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE TECNOLOGÍA DEL BUS CAN (CONTROLLER AREA NETWORK). ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE TECNOLOGÍA DEL BUS CAN (CONTROLLER AREA NETWORK). UNIVERSIDAD DE QUINATA ROO, MÉXICO.
- Martínez-Cruz, A., Ramírez-Gutiérrez, K. A., Feregrino-Uribe, C., & Morales-Reyes, A. (2021). Security on in-vehicle communication protocols: Issues, challenges, and future research

- directions. *Computer Communications*, 180, 1–20.
<https://doi.org/10.1016/J.COMCOM.2021.08.027>
- MaxiCheck. (06 de 07 de 2023). INFORME DE DIAGNÓSTICO DE VEHÍCULO. ECUADOR.
- OBDII, C. L. (Julio de 2023). U1001 - Código de falla OBD2. Obtenido de CODIGOSDTC Librería de Códigos OBDII:
<https://codigosdtc.com/u1001/#:~:text=Causas%20del%20c%C3%B3digo%20OBD2%20U1001,El%20ECM%20pudiera%20estar%20defectuoso.>
- Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects - PubMed. (n.d.). Retrieved May 11, 2022, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25057607/>
- Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects. (2003). <https://doi.org/10.17226/10388>
- Paiola, A. (2022, April 25). El primer auto híbrido de la historia fue un Porsche. <https://insideevs.com.ar/news/581499/primer-auto-hibrido-historia-porsche/>
- Pérez, S. I., Moral-Rubio, S., & Criado, R. (2023). Combining multiplex networks and time series: A new way to optimize real estate forecasting in New York using cab rides. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 609, 128306.
<https://doi.org/10.1016/J.PHYSA.2022.128306>
- Pimple, P. (2018). Sniffing the Automotive CAN Bus for Real-time Data-logging and Real Time Diagnostics Display. *Proceedings - 2018 International Conference on Smart Electric Drives and Power System, ICSEDPS 2018*, 167–170.
<https://doi.org/10.1109/ICSEDPS.2018.8536068>
- PUGA GUTIERREZ, A. M., & MORALES RECALDE, J. S. (2022). DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO BASADO EN MICROCONTROLADOR ARDUINO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LA RED CAN PARA CONOCER LAS CONDICIONES QUE SUSCITAN ACCIDENTES VEHICULARES. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Seo, S. H., Kim, J. H., Moon, T. Y., Hwang, S. H., Kwon, K. H., & Jeon, J. W. (2008). A Reliable Gateway for In-vehicle Networks. *IFAC Proceedings Volumes*, 41(2), 12081–12086.
<https://doi.org/10.3182/20080706-5-KR-1001.02046>

SERRANO, E. (2020). Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo. Editorial Editex.

Shi, Q., Sun, X., Xu, M., & Wang, M. (2022). The multiplex network structure of global cobalt industry chain. *Resources Policy*, 76, 102555. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2022.102555>

Superior Tecnológico Luis Roge-ULRR, I., & Ordoñez -Jonnathan Calderón -Pablo Urgilés, M. (2021). Diagnóstico de problemas en la Red CAN de una bomba VP 44 y la Unidad de Control de un motor 4JH1. *INCITEC (REVISTA INNOVACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA)*, 1(2), 80–86. <https://doi.org/10.53632/INCITEC.V1I2.105>

Tapia, J., Ordoñez, S., & Urgilés, S. (2021). Análisis de redes multiplexadas y protocolos de comunicación implementados en un vehículo Mazda CX-3 2019. *INCITEC (REVISTA INNOVACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA)*, 1(2), 63–71. <https://doi.org/10.53632/INCITEC.V1I2.103>

Xia, S., Wang, W., & Zhou, S. (2022). Fault Diagnosis and Analysis of Automobile CAN Bus Communication. *Proceedings - 2022 Prognostics and Health Management Conference, PHM-London 2022*, 289–292. <https://doi.org/10.1109/PHM2022-LONDON52454.2022.00057>

Xueqin, L., Siwei, L., Xiang Huan, H., Chengzhi, X., Songjie, H., Yuzhe, X., . . . Xingwu, Y. (2022). Hybrid electric vehicles: A review of energy management strategies based on model predictive control. *Journal of Energy Storage*, 106112.

Zentani, A., Zulkifli, N., & Ramli, A. (2022a). Network resiliency and fiber usage of Tree, Star, ring and wheel based wavelength division multiplexed passive optical network Topologies: A comparative review. *Optical Fiber Technology*, 73, 103038. <https://doi.org/10.1016/J.YOFTE.2022.103038>

Zentani, A., Zulkifli, N., & Ramli, A. (2022b). Network resiliency and fiber usage of Tree, Star, ring and wheel based wavelength division multiplexed passive optical network Topologies: A comparative review. *Optical Fiber Technology*, 73, 103038. <https://doi.org/10.1016/J.YOFTE.2022.103038>

ANEXOS I

CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUETA



Figure A. I. 1 Construcción de la maqueta

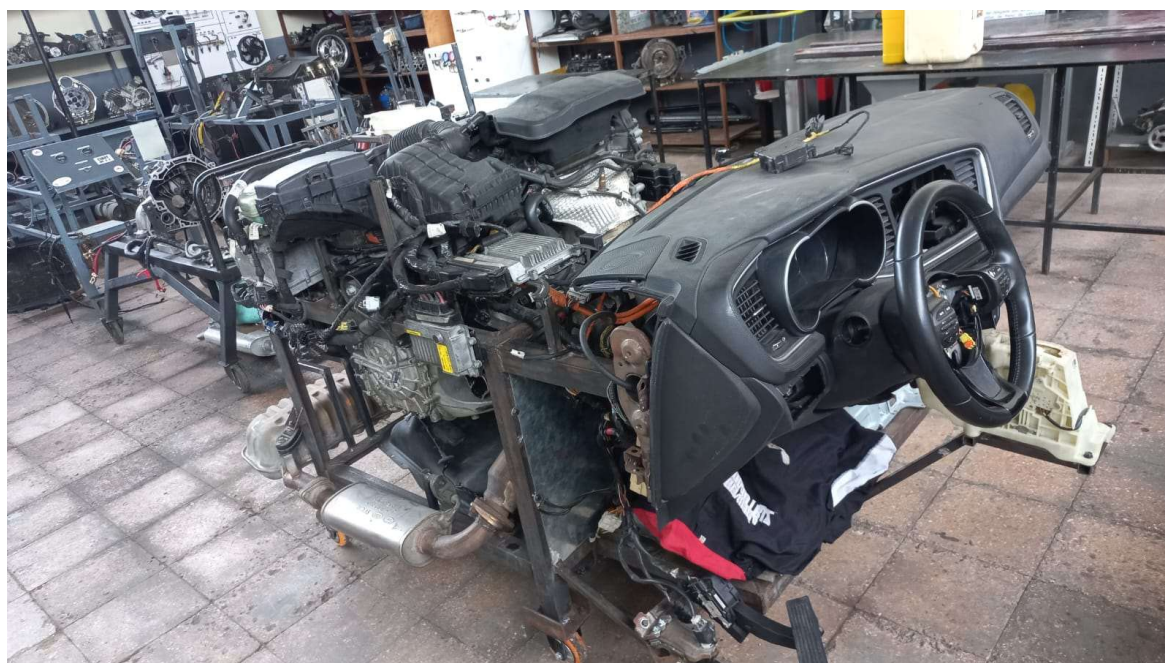


Figure A. I. 2 Constatación de la conexión de los módulos

ANEXOS II

OBTENCIÓN DE VALORES

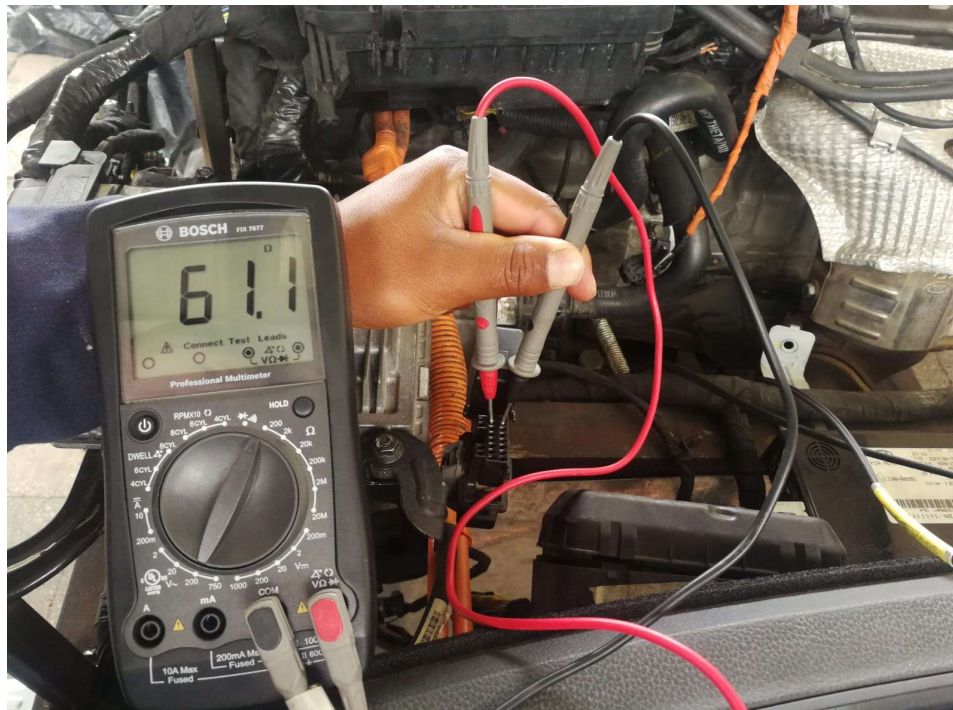


Figure A. II. 1 Toma de impedancia de la red CAN bus



Figure A. II. 2 Enlace del osciloscopio

ANEXOS III

ANÁLISIS DE LOS OSCILOGRAMAS

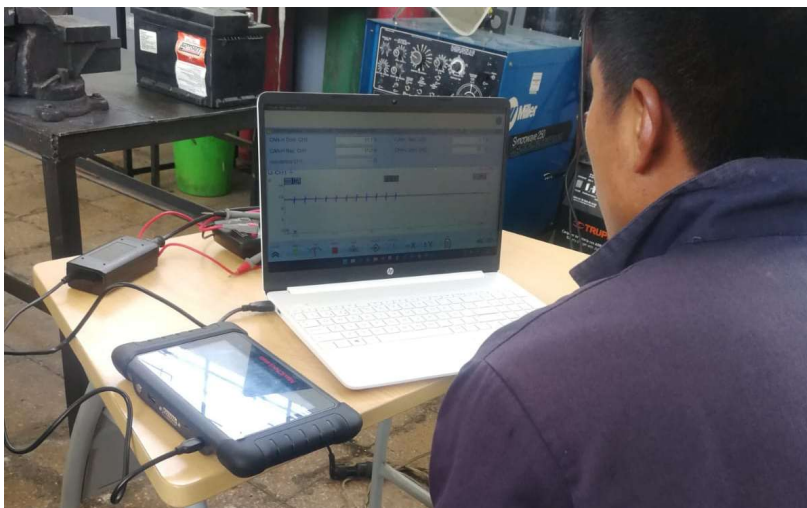


Figure A. III. 1 Almacenamiento de los osciloscopio



Figure A. III. 2 Interpretación de los osciloscopio