



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DESARROLLO DE SOFTWARE PARA ADQUISICIÓN DE DATOS EN
VEHÍCULO HÍBRIDO PARA LA GENERACIÓN DE PRUEBAS DE DESEMPEÑO**

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

AUTORES: DAVID ISRAEL CHILLOGALLO OCHOA

JUAN FERNANDO GUERRERO PELÁEZ

TUTOR: ING. JUAN DIEGO VALLADOLID QUITOISACA, Ph.D.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, David Israel Chillogallo Ochoa con documento de identificación N° 1150243937 y Juan Fernando Guerrero Peláez con documento de identificación N° 0107945362; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 19 de julio del 2024

Atentamente,



David Israel Chillogallo Ochoa

1150243937



Juan Fernando Guerrero Peláez

0107945362

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, David Israel Chillogallo Ochoa con documento de identificación N° 1150243937 y Juan Fernando Guerrero Peláez con documento de identificación N° 0107945362, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Desarrollo de software para adquisición de datos en vehículo híbrido para la generación de pruebas de desempeño”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 19 de julio del 2024

Atentamente,

David Israel Chillogallo Ochoa

1150243937

Juan Fernando Guerrero Peláez

0107945362

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Diego Valladolid Quitoisaca con documento de identificación N° 0104821210, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE SOFTWARE PARA ADQUISICIÓN DE DATOS EN VEHÍCULO HÍBRIDO PARA LA GENERACIÓN DE PRUEBAS DE DESEMPEÑO, realizado por David Israel Chillogallo Ochoa con documento de identificación N° 1150243937 y por Juan Fernando Guerrero Peláez con documento de identificación N° 0107945362, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 19 de julio del 2024

Atentamente,



Ing. Juan Diego Valladolid Quitoisaca, Ph.D.

0104821210

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico con todo orgullo a mis padres, Sonia Peláez y Jhenzer Guerrero, quienes me han apoyado en mis estudios superior y han creído en mi capacidad, dándome todo el apoyo en cada etapa del desarrollo de mi carrera, dándome fuerza para salir a adelante y superar todas esas adversidades que surgen, agradezco a mis padres por el esfuerzo que han tenido que hacer para que pueda estudiar y todo los conocimiento que he adquirido a lo largo de la carrera se lo debo a mis padres, sin todo ese sacrificio no hubiera sido posible ser quien soy, por lo que estaré eternamente agradecido. De la misma manera agradezco a mi hermana María Paz Guerrero por apoyarme en momentos difíciles.

Es por ello que este proyecto de titulación va dirigido a toda mi familia que me han apoyado en todos los aspectos.

Juan Fernando Guerrero Peláez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud a mí y a mi familia para seguir adelante en la vida, además que sin el compromiso y responsabilidad no fuese posible haber superado todos esos retos que se presentaron en cada etapa de mis estudios, así mismo a mi familia que me ha acompañado en todo el proceso que ha sido duro en ciertas ocasiones, pero se ha superado como sea. También de agradecer a los profesores que nos brindan su conocimiento y sus experiencias de la vida real que nos permite analizar de otra forma cual será el futuro de cada uno de nosotros y escuchar ciertos consejos que nos serán útil en algún punto de nuestras vidas.

Por último, a nuestro tutor Ing. Diego Valladolid por su asesoría y disposición, quien que con sus conocimientos y apoyo nos guio durante el proyecto de titulación.

Juan Fernando Guerrero Peláez

DEDICATORIA

El presente proyecto a mis padres, Sonia Ochoa y Carlos Chillogallo, quienes me han apoyado en mis estudios superiores y han creído en mi capacidad. Me han brindado todo el apoyo en cada etapa del desarrollo de mi carrera, dándome fuerza para salir adelante y superar todas las adversidades que han surgido. Agradezco a mis padres por el esfuerzo que han hecho para que pueda estudiar, y todos los conocimientos que he adquirido a lo largo de la carrera se los debo a ellos. Sin su sacrificio, no hubiera sido posible ser quien soy, y por ello estaré eternamente agradecido.

A mis hermanos y mis tías, por ser mi fuente de inspiración y aliento en los momentos difíciles. También dedico a mis profesores y mentores, por su guía, paciencia y por compartir su conocimiento y experiencia conmigo.

David Israel Chillogallo Ochoa

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi familia por su apoyo constante y por acompañarme en mi vida académica. A mis tías, por su invaluable ayuda durante mi estancia en Cuenca. Extiendo mi gratitud a mis profesores por compartir su conocimiento. Agradezco sinceramente a nuestro tutor, Ing. Diego Valladolid y al Ing. Juan Ortiz, por su valiosa asesoría y apoyo durante este proyecto de titulación. Sus vastos conocimientos y orientación han ampliado mi perspectiva sobre los desafíos futuros y serán siempre mi motor en el camino profesional. Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una forma u otra, han contribuido a la realización de esta tesis. Su apoyo, tanto moral como académico, ha sido esencial para la culminación exitosa de este proyecto.

David Israel Chillogallo Ocho

Resumen

En este trabajo se presenta el desarrollo de un software para adquisición de datos, para facilitar el análisis de estos datos con la ayuda de un adaptador de OBDII bluetooth el cual nos permite leer y mostrar datos, esto fue gracias comunicación serial del dispositivo OBDLinkLX y el software para posterior mente se realizó una búsqueda y pruebas de experimentación con los PIDs del automóvil gracias a esto se pudieron identificar los PIDs que necesitaríamos para la realización de obtener los datos de estas variables para la ejecución de las pruebas de rendimiento gracias a que en la programación se depuro las demás líneas de datos con respecto a las variables que ocupábamos nos permitía el poder llamar con cada uno de estos PIDs los cuales son de vital presencia para sacar datos específicos con estos PIDs, para luego poder almacenarlos en una hoja de cálculo de Excel la cual es creada automáticamente por el programa ayudándonos con la tarea de tabulación y organización de los mismos.

Los datos obtenidos los cuales incluyen velocidad del vehículo, revoluciones del motor de combustión, temperatura, y parámetros del sistema de propulsión híbrido. Se observó que la velocidad del vehículo y las revoluciones del motor son proporcionales, con una temperatura estable de 80-88 °C y un torque máximo de 60 Nm. El consumo de combustible fue de 1.43 litros durante el análisis, y la carga de la batería aumentó un 6% en 2:33 minutos. El motor eléctrico mostró una potencia de 920 watts a un 53.5% de carga de la batería.

Palabras claves: PIDs, trama CAN, bytes, OBDII.

Abstract

This work presents the development of a software for data acquisition, to facilitate the analysis of these data with the help of an OBDII Bluetooth adapter which allows us to read and display data, This was thanks to serial communication of the OBDLinkLX device and software for later mind was conducted a search and experimentation tests with the PIDs of the car thanks to this we could identify the PIDs that we would need for the realization of obtaining data from these variables for the execution of performance tests thanks to the programming debug the other lines of data with respect to the variables that we occupied allowed us to call with each of these PIDs which are of vital presence to get specific data with these PIDs, to store them in an Excel spreadsheet which is automatically created by the program helping us with the task of tabulation and organization of the same.

The data obtained included vehicle speed, combustion engine rpm, temperature, and hybrid propulsion system parameters. It was observed that vehicle speed and engine revolutions are proportional, with a stable temperature of 80-88 °C and a maximum torque of 60 Nm. Fuel consumption was 1.43 liters during the analysis, and the battery charge increased by 6% in 2:33 minutes. The electric motor showed a power output of 920 watts at 53.5% battery charge.

Keywords: PIDs, CAN frame, bytes, OBDII.

Índice General

Resumen.....	IX
Abstract.....	1
Índice de Figuras.....	4
Índice de tablas	6
Introducción	7
Problema	8
Antecedentes	8
Importancia y Alcances.....	9
Delimitación.....	9
Objetivos	10
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos.	10
Marco Teórico Referencial y Estado del Arte	11
Configuraciones en Vehículo Híbrido	11
Puerto de diagnóstico abordó (OBD II)	12
Parámetros de funcionamiento (PIDs)	14
Protocolos de Comunicación	15
Protocolo CAN	15
ISO 15765-4	16
Protocolo ISO 14230-4(KWP2000)	16
Protocolo SAE J1850.....	17
Metodología para la Obtención de Datos en Vehículo Híbrido Mediante el Desarrollo de un Software de Análisis de Datos por Medio del Uso de Señales PIDs	28
Vehículo Toyota Corolla Híbrido	28
Hardware	30
Escáner Automotriz.....	30
Software	33
Interfaz Nativa OBDWiz	34
Virtual Serial Port Drive.....	36
Metodología	37
Protocolo ISO 15765-4.....	41

Identificación de los PIDs.....	42
Fórmulas de voltaje y corriente	44
Experimentación para Comprobar los PIDs	44
Comprobación de los PIDs	44
Comprobación de PID de RPM del motor.....	45
Comprobación del PID de Velocidad.....	46
Comprobación del PID de Temperatura del Motor	47
PID de la Posición Relativa del Acelerador	48
PID del Torque en Porcentaje del Motor	49
PID de velocidad del combustible que ingresa al motor.....	49
PID del estado de carga de la batería HV (SOC)	50
Programación del Software	51
Programación en LabVIEW para la Adquisición de Datos	52
Ejecución y Análisis de Pruebas de Desempeño Utilizando el Software Desarrollado	60
Prueba de Desempeño	60
Métricas de Desempeño	60
Revoluciones del Motor de Combustión	61
Velocidad del Vehículo	61
Temperatura del Motor de Combustión.....	62
Posición del Pedal Acelerador	63
Torque Desarrollado por el Motor de Combustión	64
Velocidad del Combustible	65
Estado de Carga de la Batería.....	67
Voltaje de la Batería	67
Corriente de la batería.....	68
Comparación de Parámetros de Funcionamiento para Establecer Métricas de Desempeño	69
Revoluciones vs Velocidad	70
Revoluciones vs Temperatura del Motor de Combustión	70
Pedal Acelerador vs Revoluciones del Motor	71
Torque Desarrollado por el Motor de Combustión vs Revoluciones	72
Velocidad del Combustible vs Revoluciones	73
Estado de Carga vs Revoluciones.....	74

Voltaje vs Corriente.....	75
Conclusiones	77
Recomendaciones	80
Bibliografía	81

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación de UPS</i>	9
Figura 2 <i>Configuraciones en vehículo híbrido</i>	12
Figura 3 <i>Toyota Corolla</i>	28
Figura 4 <i>OBDLinkLX</i>	30
Figura 5 <i>Scanner MaxiSys</i>	31
Figura 6 <i>Kit MaxiflashVCM</i>	32
Figura 7 <i>Modos de conexión con el OBDLinkLX e interfaz OBDWiz</i>	34
Figura 8 <i>PIDs genéricos soportados por OBDWiz</i>	35
Figura 9 <i>Consola de OBDWiz</i>	36
Figura 10 <i>Interfaz de Virtual serial Port Driver Pro</i>	37
Figura 11 <i>Esquema de la metodología</i>	38
Figura 12. <i>Protocolos de comunicación implementados por fabricante Toyota</i>	40
Figura 13 <i>Gráfica del régimen del motor en tiempo real de funcionamiento en el experimento</i> .	46
Figura 14 <i>Gráfica de velocidad en tiempo real de funcionamiento</i>	47
Figura 15 <i>Gráfica de la temperatura del automóvil</i>	48
Figura 16 <i>Gráfica de la posición relativa</i>	48
Figura 17 <i>Gráfica del torque en porcentaje del motor</i>	49
Figura 18 <i>Gráfica de velocidad del combustible</i>	50
Figura 19 <i>Gráfica del estado de carga de la batería</i>	51
Figura 20 <i>Programación en LabVIEW</i>	52
Figura 21 <i>VISA Serial Port</i>	53
Figura 22 <i>Configuración del puerto serial en LabVIEW</i>	54
Figura 23 <i>Programación para comprobación de estructura de mensajes</i>	54
Figura 24 <i>Transformación de caracteres a decimal</i>	57
Figura 25 <i>Programación de monitoreo de parámetros en tiempo real</i>	57

Figura 26 Registro de datos en Excel	58
Figura 27 Interfaz del software	58
Figura 28 Estructura de los datos en hoja Excel	59
Figura 29 Gráfica de RPM de los datos recogidos con el software.	61
Figura 30 Gráfica de velocidad de los datos recogidos con el software.	62
Figura 31 Gráfica de temperatura de los datos recogidos con el software.	63
Figura 32 Gráfica del pedal de acelerador con los datos recogidos con el software.	64
Figura 33 Gráfica del torque del motor con los datos recogidos con el software.....	65
Figura 34 Gráfica de la velocidad del combustible con datos obtenidos por el software	66
Figura 35 Gráfica del estado de carga de la batería de alta tensión extraídos con el software ..	67
Figura 36 Gráfica de el voltaje se la batería de alta tensión de datos obtenidos con el software	68
Figura 37 Gráfica de la corriente de la batería con datos extraídos del software	69
Figura 38 Gráfica de Revoluciones vs Velocidad	70
Figura 39 Comparación entre datos de posición de pedal con rpm	71
Figura 40 Comparación entre datos de posición de pedal con revoluciones del motor	72
Figura 41 Comparación entre datos de Revoluciones vs Torque	73
Figura 42 Comparación entre datos de Velocidad del combustible vs revoluciones	74
Figura 43 Comparación entre datos de Estado de carga vs Revoluciones del motor	75
Figura 44 Comparación entre datos de Voltaje vs Corriente	76

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Modos de operación del OBD II</i>	14
Tabla 2	<i>Especificaciones del vehículo</i>	29
Tabla 3	<i>Características del escáner AUTEL maxisys-ms908cv</i>	31
Tabla 4	<i>Identificadores de cada unidad de control</i>	33
Tabla 5	<i>Trama OBD II</i>	40
Tabla 6	<i>Resumen de los PIDs y posición de bytes PIDs necesarios para las pruebas de rendimiento</i>	43
Tabla 7	<i>Estructura del mensaje leído en la programación</i>	55

Introducción

En los últimos años, la industria automotriz ha experimentado una transformación radical en respuesta de mitigar el impacto ambiental provocado por los vehículos de combustión. Los fabricantes han realizado grandes esfuerzos en el desarrollo y adopción de nuevas tecnologías con la misión de reducir las emisiones contaminantes y mejorar la eficiencia energética de los vehículos convencionales. Esta tendencia ha dado lugar a alternativas como los vehículos eléctricos e híbridos, los cuales destacan por la reducción notable de las emisiones contaminantes, al mismo tiempo que ofrece una alta eficiencia en el consumo de energía, adecuadas para diferentes situaciones de funcionamiento.(Robles-bykbaev, 2022)

Por otra parte, en el ámbito académico, surge la necesidad de formar a futuros profesionales y personal técnico capaces de adquirir datos sobre las funciones vitales del tren propulsión de esta nueva tecnología. Aunque se reconoce la alta eficiencia de los vehículos híbridos y eléctricos, evaluar su rendimiento en condiciones reales de manejo presenta dificultades, principalmente debido al costo de equipos o la falta de capacidad para recolectar datos en tiempo real. Por tanto, es fundamental una herramienta enfocada al análisis del rendimiento que sea accesible y efectiva que permita establecer métricas de desempeño del tren de propulsión que pueden ser útiles en otros estudios.

El análisis de rendimiento del tren propulsor híbrido requiere recopilar información de los parámetros de funcionamiento, identificados conforme el protocolo CAN. Por medio del software se selecciona aquellos parámetros requeridos para el análisis, obteniendo información de las condiciones del vehículo mediante la transferencia de datos a través del puerto de diagnóstico del vehículo. La finalidad del análisis de los datos es establecer métricas de rendimiento del vehículo conforme a las prestaciones requeridas en situaciones de manejo.

Problema

En los últimos años, tanto Estados Unidos como Europa han realizado grandes esfuerzos para comenzar con la transición de vehículos convencionales a vehículos eléctricos e híbridos. (Robles-bykbaev, 2022). En el caso de Ecuador, según el Boletín de Ventas junio 2023 AEADE, se ha observado un crecimiento en la adquisición de estos vehículos. En el primer semestre, la compra de vehículos eléctricos e híbridos aumentó un 55 % respecto al año anterior y la tecnología más demandada es la hibridación ligera con 2723 unidades (AEADE, 2023).

No obstante, en el ámbito académico se reconoce la exigencia para la formación de futuros profesionales y personal técnico para adaptarse a estas nuevas tecnologías. En este contexto nace una problemática sobre los equipos de diagnóstico, cuyos dispositivos no se pueden adecuar a los requerimientos de un vehículo en particular y en otros casos es necesario adquirir costosos equipos especializados para vehículos híbridos. Encontrando que la mayoría de los equipos existentes únicamente están enfocados en el diagnóstico de fallos en unidades de control y medición de magnitudes, sin posibilidad de analizarlos.

Antecedentes

Los vehículos híbridos representan la evolución de la tecnología en el campo automotriz, ofreciendo alternativas que permiten la reducción considerable en el consumo de combustibles y la emisión de gases contaminantes. Las configuraciones de estos vehículos varían según la disposición del motor eléctrico y motor de combustión, lo que hace fundamental entender cómo funciona el tren propulsor a través de los sistemas de comunicación. Es esencial tener la capacidad de interpretar los datos y evaluar el rendimiento del vehículo en función del modo de conducción. (Robles-bykbaev, 2022).

Importancia y Alcances

El desarrollo del software de adquisición de datos responde a la necesidad de la formación académica que requieren una herramienta asequible y capaz de adquirir datos de las funciones vitales de desempeño que compone un vehículo híbrido. Respecto a la adquisición de datos será posible visualizar en vivo las funciones vitales del vehículo para comprensión del usuario, así como recopilar los datos que se leen, enfocándose en el análisis. En el caso del proyecto para la generación de pruebas para analizar el desempeño.

Este proyecto técnico se enlaza con el objetivo de desarrollo ODS número 4, que aborda sobre la educación de calidad, debido a que el tema se centra en la parte académica, desarrollando una metodología para el estudio de tecnologías de hibridación que podría ser replicada en el ámbito académico para aplicaciones similares. Así mismo, se enlaza con el objetivo de desarrollo ODS número 7, que trata sobre la energía asequible y no contaminante, ya que es una herramienta que contribuye al proceso de transición hacia una movilidad amigable, mediante la difusión de estas tecnologías tanto en el ámbito académico como laboral.

Delimitación

El presente proyecto, se llevará a cabo en la Provincia del Azuay, Ciudad de Cuenca, ubicada al sur del Ecuador, la cual tiene una altitud de 2500 m.s.n.m, una extensión de 70.59 km^2 en la figura 1 se puede observar la ubicación de la universidad que es el lugar donde se realiza este proyecto.

Figura 1

Ubicación de UPS



Objetivos

Objetivo General.

Desarrollar un software para adquisición de datos en vehículo híbrido para la generación de pruebas de desempeño.

Objetivos Específicos.

- Generar una revisión del estado del arte sobre equipos y algoritmos de adquisición de datos desde las unidades de control del vehículo hacia el puerto de diagnóstico a bordo.
- Desarrollar un software especializado que utilice una interfaz mediante puerto de diagnóstico a bordo para la adquisición de datos de funciones vitales del vehículo híbrido.
- Realizar pruebas en condiciones reales de operación utilizando el software desarrollado, analizando los datos recopilados para generar métricas de desempeño que permitan analizar el desempeño del vehículo híbrido.

Marco Teórico Referencial y Estado del Arte

El vehículo eléctrico híbrido es un sistema que combina la energía eléctrica almacenada en la batería de alta tensión con la energía mecánica producida por el motor a combustión interna. Estas dos fuentes de energía se acoplan mediante un divisor de potencia (PSD) para transmitir potencia a las ruedas propulsoras (René Gabriel, 2022). La comunicación entre unidades es esencial tanto para la unidad de control de la batería (BMS), unidad de control del motor combustión (ECU) y motor eléctrico, permitiendo que el motor de combustión funcione eficientemente, aprovechando el exceso de energía que se produce a través de un generador y almacenarlo para que posteriormente ser utilizado para alimentar el motor eléctrico (Adirinarso, 2023).

Para profundizar en el tema, es necesario revisar el marco teórico referencial referente a las configuraciones del sistema de propulsión y el funcionamiento de la comunicación entre las unidades de control del vehículo.

Configuraciones en Vehículo Híbrido

Los modos de funcionamiento resultan muy beneficiosos en entornos urbanos, así mismo los modos de funcionamiento dependerán de la configuración del tren de potencia híbridos, que se subdivide en:

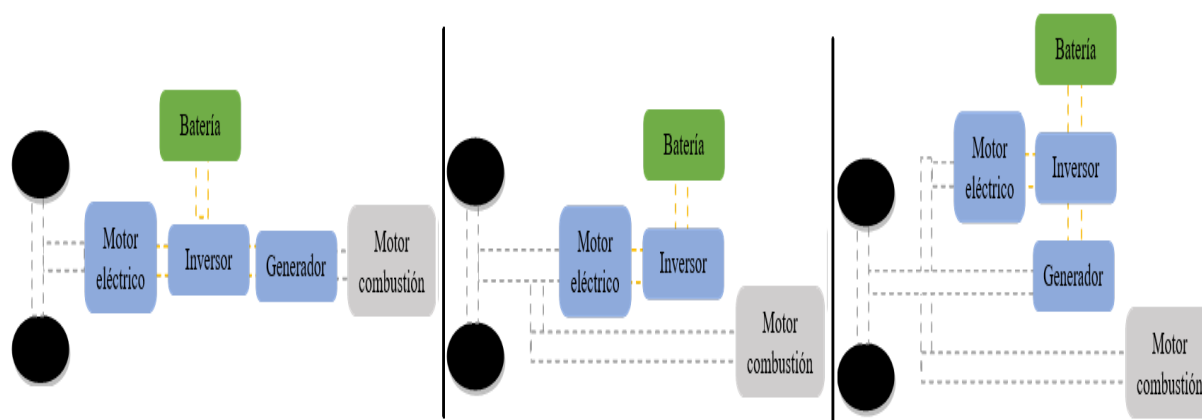
- Híbrido en Serie (S-HEV)
- Híbrido en Paralelo (P-HEV)
- Híbrido Serie-Paralelo (SP-HEV)

En la configuración en serie, el motor de combustión interna opera para recargar y mantener las baterías en estado óptimo de carga, asegurando la disponibilidad constante para suministrar la energía al motor eléctrico, cuyo motor es el único que genera el par propulsor para el desplazamiento del vehículo. Por otro lado, la configuración en paralelo conecta tanto el motor de combustión interna y motor eléctrico directamente a las ruedas motrices, permitiendo que ambas fuentes funcionen de manera conjunta o independiente.

Finalmente, la configuración serie-paralelo combina las características de ambas configuraciones anteriores, utilizando un divisor de potencia para permitir que los motores trabajen en modo serie o paralelo según sea necesario (Calispa Procel & García Suárez, 2022). Para mejor comprensión de las configuraciones, a continuación, en la figura 2 se observa las tres configuraciones posibles en un vehículo híbrido.

Figura 2

Configuraciones en vehículo híbrido



Puerto de diagnóstico abordo (OBD II)

Inicialmente antes de los 80, los fabricantes desarrollaron sus propios sistemas y señales de diagnóstico. Sin embargo, la Asociación de Ingenieros Automotrices (SAE) estableció la

necesidad de unificar estos sistemas mediante el mismo conector y un conjunto de señales estandarizadas. La estandarización fue adoptada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) con la finalidad de regular las emisiones en toda la industria automotriz, esto no fue hasta los principios de los años 80, con la introducción del sistema On Board Diagnostic (OBD), diseñado para verificar el funcionamiento de los motores y diagnosticar problemas a los mismos., así como cumplir con los estándares de emisiones de propuestos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

A largo de los años estos sistemas han evolucionado al sistema OBD II, tratándose de un nuevo estándar introducido en la década de los 90 que proporciona un control completo tanto del motor, así como posibilidad de monitorear otras partes del vehículo como del chasis y la carrocería, representando un avance significativo para capacidad de diagnóstico y control de emisiones de los vehículos automotores (Park et al., 2011).

El sistema OBD II, implementado para cumplir con estándares de emisiones, evolucionó desde los años 70 y 80 para unificar diagnósticos a través de un conector de 16 pines. Este sistema capta señales de diferentes sensores mientras el automóvil está encendido y compara estas señales con valores establecidos en la computadora del auto. Si se detecta un problema, se indica en el tablero y se almacena un código de falla. El conector de diagnóstico (DLC) permite la comunicación entre la ECU y los dispositivos de diagnóstico, facilitando el acceso a los 9 modos de operación del OBD II que podemos observar en la Tabla 1.

Estos modos incluyen monitoreo de sensores en tiempo real, registro de fallas, información del vehículo, borrado de códigos y pruebas de componentes.(Automotriz & Eduardo Arévalo Calderón Angel Geovanny Ortega Ulloa Director, 2016)

Tabla 1*Modos de operación del OBD II*

Modo	Descripción
01	Lectura de datos actuales
02	Datos de Freeze Frame
03	DTC Almacenados
04	Borrar códigos de diagnóstico almacenados
05	Resultados de monitoreo o emisiones monitoreo
06	Códigos de pruebas pendientes (otros componentes de monitoreo)
07	Resultados de diagnóstico, Prueba del funcionamiento del componente o sistema
08	Control del funcionamiento del componente o sistema
09	Solicitud de información del vehículo
0A	Códigos de diagnóstico permanentes

Parámetros de funcionamiento (PIDs)

Los PIDs son datos presentes en la ECU, la cual recopila en tiempo real los valores analógicos o digitales generados por los sensores. La función de los PIDs es informar a la ECU sobre el estado operativo del vehículo mediante diversas señales. En el sistema OBD, existen varios modos para cumplir diferentes funciones, destacando el modo 01 , utilizado para la

recolección de datos en tiempo real. Estos modos están estandarizados por la normativa SAE J1979, que define cada uno de los PIDs.

Es crucial comprender que los PIDs son esenciales para la adquisición de datos desde la unidad de control a través del puerto OBD-II, y su implementación se basa en protocolos de comunicación que varían según el país de origen del vehículo.(Guaman et al., 2023)

Protocolos de Comunicación

En los vehículos para tener comunicación entre dos o más entidades se han desarrollado los protocolos mencionados, ya que constituyen a los estándares de comunicación empleados por el sistema OBD-II, así como el DLC. Cada protocolo posee un conjunto específico de reglas y formatos de trama destinado a la transmisión de datos, al momento de verificar el protocolo que utiliza, basta con verificar los pines del conector que dependerá del fabricante. (Čabala & Gamec, 2013)

Protocolo CAN

En los años 80, se llevó a cabo una investigación sobre la viabilidad de sistemas de comunicación serial en los vehículos, dicha investigación dio lugar al desarrollo del protocolo CAN, el cual proporcionaba una manera eficaz de conectar componentes electrónicos en los vehículos. Las principales características del protocolo incluían un diseño robusto y rápido, aplicable para el control del motor hasta la gestión de energía. El protocolo fue adoptado por la Organización Internacional de Normalización (ISO), lo que amplió el alcance y aceptación global, gracias a ser una plataforma común y confiable para los dispositivos que integran los vehículos actuales(Morales, C., & Antonio, 2005)

ISO 15765-4

El Controller Area Network (CAN), desarrollado por Bosch, es un protocolo ampliamente utilizado en la industria automotriz, aeroespacial, industrial y de equipos médicos. Conocido como CAN Bus, permite la comunicación entre dispositivos sin necesidad de una computadora central. Algunas características clave del CAN son, Alta Velocidad de Transferencia. El CAN proporciona una alta velocidad de transferencia de datos, llegando hasta 1 Mbps (1 millón de bits por segundo). Esto permite una comunicación rápida y eficiente entre los dispositivos conectados. El sistema CAN utiliza un bus de dos cables (CAN-High y CAN-Low), lo que facilita la expansión de la red.

Puedes agregar nuevos dispositivos sin problemas, lo que lo hace flexible y escalable. Estándar ISO 15765-4. La transmisión de mensajes de control a través del CAN Bus se ha vuelto común en los vehículos modernos. Este está respaldado por la norma ISO 15765-4, que garantiza la interoperabilidad entre diferentes fabricantes.(Ortiz-López, 2014)

Protocolo ISO 14230-4(KWP2000)

El estándar ISO 14230, también conocido como KWP2000 o Protocolo de Palabras Clave 2000, es un protocolo de comunicación serie similar al ISO 9141, que utiliza una línea (K-line) para la comunicación, con la opción de añadir una segunda línea (L-line) para señales de llamada o wakeup. La velocidad de transmisión de datos puede variar entre 1,2 y 10,4 kbps. Este protocolo se basa en tramas similares a las de SAE J1850, pero con la diferencia principal en el tamaño del campo de datos, que puede contener hasta 255 bytes. Además, KWP2000 ofrece dos modos de inicialización diferentes: uno a 5 bit/s, similar a ISO9141-2 pero con palabras clave específicas, y otro de inicialización rápida que opera a 10,4 kbps, comenzando con un mensaje de “Wake-up”

seguido de una petición de StartCommunication y una respuesta correspondiente del vehículo (Villén Macías, 2016).

Protocolo SAE J1850

El protocolo SAE J1850 es una vía de comunicación estandarizada ampliamente utilizado en vehículos terrestres de carretera y todo terreno. Se aplica en áreas críticas del vehículo como el motor, la transmisión, el sistema de frenos antibloqueo (ABS) y la instrumentación, debido a su bajo costo y eficacia. Este protocolo presenta dos variantes principales: la modulación por pulso variable (VPW) y la modulación por ancho de pulso (PWM), diseñadas para clases A y B (velocidad de transmisión baja y media), respectivamente, que abarcan velocidades de transmisión baja y media. Aprobado por la SAE en 1988 y revisado en 1994, el protocolo combina elementos del SCP de Ford y del Protocolo Clase 2 de General Motors. Ambas variantes tienen diferencias en la codificación de bits y la velocidad de transmisión. La versión VPW, más lenta, emplea una codificación de modulación por ancho de pulso variable y alcanza 10,4 kbit/s, transmitiendo a través de un solo cable referido a masa. La versión PWM, que es más rápida, utiliza una codificación mediante modulación por ancho de pulso y alcanza una velocidad de 41,6 kbit/s, transmitiendo en modo diferencial con dos cables. El acceso al medio se realiza a través del procedimiento CSMA/CR (Carrier Sense Multiple Access/Collision Resolution), permitiendo que cualquier módulo intente transmitir cuando detecta que el bus está libre. Si varios módulos intentan transmitir simultáneamente, un proceso de arbitraje determina cuál continuará transmitiendo y cuál deberá reintentarlo posteriormente (Villén Macías, 2016).

En el contexto de la investigación de proyectos y artículos relacionados a programas de monitorización y lectura de parámetros de funcionamiento, tanto en vehículos híbridos como a combustión, se destaca repetidamente el uso de la tecnología CAN Bus y OBD-II. Estas dos tecnologías hoy en día son indispensables para diagnosticar vehículos a través de leer datos de las unidades de control, por lo que la revisión bibliográfica tiene como objetivo de recopilar información de los estudios recientemente realizados en el campo de la comunicación entre vehículo y dispositivos externos, con finalidad de reconocer metodologías, herramientas y resultados relevantes. Este proceso contribuirá al desarrollo del software relacionado a la recopilación y visualización de datos de los parámetros del funcionamiento del vehículo híbrido.

El artículo realizado por Ángel López, Diego Rojas, Efrén Fernández (2022) detalla la lectura de datos de los parámetros de funcionamiento, proponiendo una interfaz gráfica para adquisición de datos en tiempo real y monitoreo de funcionamiento de un vehículo híbrido se lo ha realizado a través del conector de enlace de datos del vehículo DLC OBDII. El objetivo de la interfaz es permitir la examinación de los datos transmitidos por las diversas unidades que componen el vehículo híbrido, por medio de la identificación de parámetros de funcionamiento recopilan información de las magnitudes físicas del funcionamiento del vehículo. La metodología empleada incluye la investigación de información técnica especializada sobre los módulos de control del vehículo, todo esto estableciendo una conexión al CAN BUS a través del puerto DLC, teniendo en cuenta el protocolo de comunicación según la norma ISO 1565-4. El paso siguiente es la identificación de los parámetros PID de los módulos de control mediante la interpretación y filtrado de datos de las unidades de control como la ECU, MTC y BCM. Finalmente se obtiene los datos para el análisis, el cual compararan la relación entre parámetros de funcionamiento, respecto

a la variación con el tiempo, asegurándose que las magnitudes coincidan con el comportamiento físico esperado como es voltaje, temperatura y presión. Para la identificación de parámetros PIDs restantes, proponen relacionar uno o dos bytes, o realizar ajustes matemáticos con ecuaciones simples para igualar las magnitudes esperadas. Los resultados principales que se estableció una conexión al CAN a 500kbaud, a través del software de programación Simulink y LabVIEW organizan los datos en un diseño específico con una carga útil de 8 bytes y un ID de la trama correspondiente, ya que un comparado lógico envía una solicitud para reconocer el ID y la posición del byte que lo convierte rápidamente en hexadecimal y representa en una magnitud en un medidor numérico con una frecuencia de 50 ms, destacando la velocidad de comunicación en comparación a un escáner convencional (Robles-bykbaev, 2022).

En 2010, se llevó a cabo un proyecto que detalla el diseño de una interfaz gráfica en el programa LabVIEW para visualizar parámetros de funcionamiento de vehículos a gasolina a través del puerto OBD-II. Juan Diamante y Pedro Gonzales desarrollaron esta herramienta que permite a los usuarios acceder a información del módulo de control de tren de potencia (PCM), comúnmente disponible solo en escáneres de alta gama. La interfaz es práctica y compatible con cualquier computadora, permitiendo leer códigos de error y monitorear gráficamente el funcionamiento del sensor de oxígeno respecto a los gases contaminantes. El programa fue probado en dos computadoras, una con LabVIEW 8.5 y otra con la versión 9.0, ambas cumpliendo con los requisitos mínimos y funcionando sin problemas. Las pruebas realizadas en dos vehículos mostraron datos coherentes y dentro del rango esperado, aunque algunos PIDs no disponibles generaron lecturas de “0”. Los indicadores de aguja presentaron un margen de error bajo y una respuesta adecuada. No se detectaron códigos de falla, reflejando el valor P0000, y se visualizaron correctamente las gráficas de los sensores de oxígeno. El desarrollo del sistema OBD2 abordó

varios puntos clave: se identificaron los principales protocolos de comunicación según las normativas SAE e ISO, y se utilizó el circuito integrado ELM327 por su capacidad multiprotocolo y accesibilidad, facilitando el diseño de hardware. Consultas con expertos del SENA y mecánicos automotrices resaltaron la necesidad de un programa de diagnóstico personalizado. La normativa SAE J1979 fue crucial para interpretar los datos de la PCM a través de la interfaz OBD2, utilizando inicialmente Hyperterminal y decodificando los datos con LabVIEW. Este estudio subraya la importancia de estos protocolos y la utilidad de LabVIEW para proyectos similares dando más posibilidades a un costo reducido. (Dimaté Cáceres, 2010).

Otras investigaciones en el ámbito de sistemas de comunicaciones, un artículo realizado por Diego Rojas, Efrén Fernández (2019) presenta resultados de la implementación de un modelo dinámico para una red de comunicación presente en un vehículo eléctrico Kia Soul mediante NI-XNET. Los autores han desarrollado un sistema de comunicación siguiendo un modelo dinámico para una red de comunicación para un vehículo eléctrico a través del protocolo de comunicación Controller Area Network (CAN), el cual es actualmente utilizado en los vehículos más nuevos, requiriendo un alto nivel de control para intercambiar la información entre los módulos de control del sistema. El modelo desarrollado les ha permitido el análisis de datos del sistema de comunicación CAN, a través de las tramas del BUS. Donde los principales módulos identificados para desarrollar el modelo fueron los módulos de tracción, velocidad y revoluciones por minuto (RPM). A la Esta identificación permite monitorear y adquirir datos sobre el funcionamiento. Para el desarrollo ha sido necesario una serie de herramienta como software de programación LabVIEW y una tarjeta de adquisición de datos NI-9862 para adquirir los datos de la trama de datos CAN previamente identificados los módulos. La metodología de la investigación se divide en dos

escenarios, un escenario en el laboratorio, para la configuración de la tarjeta de adquisición de datos según el análisis de las tramas con NI-XNET Bus Monitor, mientras que el segundo escenario es en tiempo real analizando el funcionamiento en tiempo real. Concluyendo que es posible obtener toda la información que proporcionan los módulos que integran el vehículo eléctrico Kia Soul a través del protocolo de comunicación CAN y la metodología dividida en dos pruebas permite validar el modelo desarrollado, donde se demuestra la eficacia de detección de fallos en la comunicación entre los módulos electrónicos y un aporte significativo desarrollo de sistemas de comunicación seguros y eficientes aplicable en el campo automotriz (Hiedra, 2019).

También se han realizado prototipos de adquisición de datos, proyecto realizado por Fabian Quito, Pedro Sarango (2021) proponen el diseño de un prototipo IOT para adquisición de datos por OBD-II, capaz de ser monitoreado en una web para la detección de fallas. El proyecto abarca el diseño de un prototipo (IOT) para la adquisición de datos por el sistema de diagnóstico a bordo del vehículo (OBD-II). Se ha utilizado una Raspberry Pi 4 como núcleo del sistema, el prototipo incluye un módulo ELM-327 para la comunicación con la Unidad de Control del Motor (ECU) vía Bluetooth y un módulo SIM900 para transmitir datos al servidor web mediante comunicación GPRS. El software del prototipo está desarrollado en Python, manejando tanto la interfaz gráfica como la comunicación entre módulos, mientras que el servidor web y la interfaz gráfica accesible desde cualquier dispositivo con internet están desarrollados con Node.js, JavaScript, HTML y CSS. Además, se empleó MySQL para almacenar las alertas tempranas, permitiendo a los usuarios monitorear el estado del vehículo en tiempo real y anticipar posibles fallas sin necesidad de amplios conocimientos técnicos automotrices. La metodología utilizada fue una serie de pruebas realizadas en un vehículo KIA Soluta, demostrando que la comunicación por Bluetooth entre el

prototipo y el módulo ELM-327 es muy estable, algunas limitaciones que tuvieron fue que algunos sensores no fueron posibles leerlos. En los resultados identificaron un retardo en la transmisión de datos al servidor web debido a las limitaciones de la red móvil 2G/EDGE, sugiriendo que se requiere una red más avanzada como 4G o 5G para mejorar el rendimiento. A pesar de las intermitencias en la comunicación GPRS, el servidor web mostró alta disponibilidad y capacidad para recibir y replicar los datos en el formato JSON establecido. (Quito & Sarango, 2021).

Otra investigación relacionada a la obtención de datos por el puerto OBD-II, proyecto realizado por Andrea Vivanco (2021) propone otro prototipo para registros telemáticos y detección de fallos del motor mediante el sistema OBDII. Utilizando una tarjeta Arduino Mega para el control y un módulo GSM para la transmisión de datos a la nube, este sistema permite un monitoreo constante y almacenamiento de datos, facilitando la detección de fallas con un error relativo bajo en sensores críticos como los de temperatura y RPM. La integración con plataformas como Datalogger y Thingspeak proporciona herramientas robustas para el análisis y visualización de datos en tiempo real, haciendo posible el acceso remoto y el análisis detallado del rendimiento del motor. Con el continuo avance en tecnologías como la inteligencia artificial, redes 5G y sensores avanzados, estos sistemas están en camino de volverse aún más exactos y eficaces. La implementación de protocolos abiertos y mejoras en la seguridad de los datos fortalecerán la confianza y adopción de estas soluciones en el mercado automotriz. Las pruebas de funcionamiento lograron extraer datos de los principales sensores del vehículo y se evidenció mediante análisis de error absoluto y relativo de los datos obtenidos un resultado entre 1% a 2% de error, considerando que mediante este análisis los datos extraídos son aceptables. Este prototipo no solo mejora la precisión del diagnóstico, sino que también facilita el mantenimiento predictivo

y permite realizar mantenimientos programados dependiendo de la política de mantenimiento de cada empresa automotriz o de transporte, reduciendo costos y tiempos de inactividad.(Montesdeoca Vivanco, 2021).

Una investigación relacionada al análisis de la eficiencia energética por medio de la recolección de datos, es el proyecto realizado por Joel Juca, Jonnathan Ortuño (2023) plantea una metodología para el análisis de la demanda energética de un vehículo híbrido Toyota Corolla por medio de pruebas de conducción. La metodología plantea como es proceso para analizar la demanda energética en diversas condiciones de manejo y modos de manejo del vehículo por medio de la obtención de datos por OBD-II y un analizador de gases. La metodología que consta de tres fases, la primera consta de realizar una investigación y revisión bibliográfica, con el propósito de comprender los conceptos relacionados con la demanda energética del vehículo híbrido. La segunda fase, se basa en recopilar los datos a través de los parámetros de identificación (PID) por el puerto OBD-II del vehículo. Estos datos son analizados para definir tres rutas para recolectar datos una de ellas basada en la extensión RDE de la EURO 6, la segunda parámetros aleatorios y la tercera otros conductores y con parámetros aleatorios. Finalizando con la fase tres, procesan los datos en un software de ingeniería para obtener resultados gráficos que representan de forma gráfica la demanda energética y a su vez cómo se comporta el sistema del tren híbrido en condiciones de manejo. Los autores del proyecto llegan a la conclusión de que, mediante la comparación de los datos obtenidos de los parámetros del funcionamiento por OBD-II del vehículo híbrido en las rutas establecidas. Han determinado según análisis, que bajo condiciones de máxima carga el motor eléctrico tiene una demanda energética de 81.5 %, mientras que el motor térmico

llega la demanda energética es de 65.41%, esto se sucede ya que el motor eléctrico suministra potencia al tren propulsor en todo momento. (Guaman et al., 2023).

Otra investigación relacionada al análisis de rendimiento por medio de la comunicación con sensores a través de puerto OBD-II, es el artículo realizado por Ming Goo Leem, Young Kuk Park, Kyung Kwon Jung, Jun Jae Yoo (2011) desarrollando una investigación para estimar el consumo de combustible utilizando datos de los parámetros de funcionamiento del vehículo. En su estudio proponen un método para estimar el consumo de combustible a partir de datos de comunicación obtenidos a través de OBD-II, postulando que las revoluciones del motor (RPM) y señal posición del pedal del acelerador (TPS), tienen relación directa con el consumo del combustible. Para la obtención de dichos parámetros realizaron una fase de experimentación investigando sobre escáneres para OBD-II, seleccionando como herramienta OBD Link, que es compatible con todos los vehículos que cuenten con el puerto de diagnóstico y compatible con software de diagnóstico basado en la interfaz ELM327, la herramienta está diseñada para actuar como puente entre el puerto OBD-II y la interfaz RS-232. La etapa final consiste en el análisis de la estimación del consumo de combustible, desarrollada por medio de la utilización ecuaciones polinómicas. Para ello, siguieron un modelado con funciones cuadrática y funciones de superficie, basándose en los datos obtenidos del vehículo y respaldado por datos previos de consumo de combustible respaldado por el fabricante. Para la validación del método propuesto, realizaron pruebas en carretera con recorridos de 5 km, cuyos resultados indican que el método que han propuesto es eficaz para estimar con alta precisión del consumo de combustible a partir de la lectura de múltiples datos del vehículo. El estudio proporciona una visión muy detallada sobre los modelos que utilizan para obtener datos instantáneos de RPM y TPS del motor obtenidos a través

del puesto de diagnóstico, afirmando que la estimación del consumo es bastante efectiva, con un coeficiente de determinación entre el 76% y el 88%, permitiendo entender los efectos reales de la conducción ecológica en el impacto del consumo de combustible.(Park et al., 2011)

En el siguiente trabajo se ha podido identificar las restricciones en cuanto a compatibilidad basadas en los protocolos admitidos. Si un vehículo utiliza un protocolo no especificado en este contexto, no será posible supervisar sus datos mediante el dispositivo de comunicación serial según los autores Fabián Arévalo, Ángel Ortega (2016), desarrollaron la investigación titulada “Estimación del consumo de combustible utilizando parámetros del vehículo “, realizado en la ciudad de Cuenca. El estudio presenta el desarrollo de una interfaz capaz de mejorar la visualización de datos obtenidos de diversos sensores del sistema de control del motor y del control de emisiones de gases, para ello han recurrido a un dispositivo serial y analizador de gases QROTECH6000. La metodología propuesta es similar, basándose en la recopilados de datos del funcionamiento de los sensores del motor y gases resultantes de la combustión, los cuales se almacenan para realizar un análisis detallado, ya sea de manera conjunta o individual. Para la lectura de los datos, han necesitado establecer la comunicación entre la ECU y un dispositivo serial, cuya función será recopilar información a través de utilizar programa de monitoreo permitir la captura de la información intercambiada entre el dispositivo serial y el software de adquisición, utilizando el software de programación electrónica LabVIEW. La finalidad de la interfaz es recopilar y comprender los datos de funcionamiento proporcionados por los sensores y emisiones de manera gráfica, permitiendo observar fácilmente el rendimiento del automóvil bajo diferentes condiciones ambientales con determinada humedad, temperatura y presión atmosférica, además de la geografía del lugar. La investigación finaliza con la validación de los datos obtenidos mediante

el software de análisis estadístico Minitab, revelando diferencias significativas entre los resultados entre la interfaz de adquisición y la instrumentación externa. Concluyendo que los datos de la instrumentación externa resultan ser más dispersos, indicando una pérdida importante de información en comparación de los datos adquiridos por la interfaz, la cual es una opción más eficiente para almacenar datos provenientes del puerto OBD-II (Automotriz & Eduardo Arévalo Calderón Angel Geovanny Ortega Ulloa Director, 2016).

Encontramos también en el siguiente proyecto que abarca conceptos bases acerca del puerto de diagnóstico OBD-II, por el autor Julio César Ortiz López (2017), su investigación titulada” DISEÑO DE ESCÁNER AUTOMOTRIZ OBDII MULTIPROTOCOLO”. La investigación muestra los diferentes modos del escáner con los 4 modos de un escáner, como modo 1 lectura en vivo de los parámetros, modo 3 lectura de DTC y modo 4 utilizado para borrar códigos de error, utilizando el intérprete de protocolos OBDII ELM327 y un microcontrolador 18f4550 como unidad de procesamiento. El desarrollo de este escáner se aplicó una metodología de investigación. Se realizaron investigaciones bibliográficas, se definieron objetivos y requerimientos, se implementó y probó un prototipo utilizando microcontroladores y módulos de comunicación, en base de la deliberación de componentes, algoritmos y estrategias de comunicación basada en los objetivos del proyecto . Además de Adaptación y ajustes según los hallazgos durante la implementación y pruebas. Para lograr una conexión y comunicación efectiva entre la ECU y el usuario a través de un escáner capaz de manejar múltiples protocolos. El dispositivo es compacto, no más grande que una mano, lo que facilita su manejo y reduce costos gracias al uso de microcontroladores. Esto lo convierte en una herramienta potente y de tamaño reducido, ideal para su aplicación en el sector automotriz.(Ortiz-López, 2014)

La propuesta de nuestro proyecto consiste en el desarrollo un software destinado a la adquisición de datos de un vehículo híbrido, con el objetivo de obtener pruebas de desempeño. Lo que nos distingue a diferencia del enfoque de otras investigaciones y proyectos previos en este tema es la implementación de un programa capaz de recopilar los datos en tiempo real y presentarlos de manera legible para el usuario. Para la recolección de los datos, se empleará la lectura a través del puerto de diagnóstico OBD-II mediante un dispositivo compatible con tecnología Bluetooth para su conexión a equipos externos. Esto simplificará la comunicación entre el vehículo y el software de programación, eliminando la necesidad de instrumentación externa que pueda interferir en la transferencia de datos. Además, el programa permitirá visualizar los parámetros de funcionamiento, con la posibilidad de almacenar dichos datos, facilitando el análisis de los resultados obtenidos en pruebas de conducción en condiciones reales, con el fin de establecer métricas de rendimiento para el vehículo híbrido objeto de estudio.

El proyecto tiene la finalidad de formación educativa el cual el proyecto pueda ser aplicado en otras investigaciones en el campo de las tecnologías en energías limpias gracias a un software amigable con el usuario y factible para ser replicado en investigaciones o como material de apoyo para profundizar en los temas de comunicación de los módulos de los vehículos.

Metodología para la Obtención de Datos en Vehículo Híbrido Mediante el Desarrollo de un Software de Análisis de Datos por Medio del Uso de Señales PIDs

En este capítulo se detallará el proceso seguido para la extracción de datos de funcionamiento del vehículo Toyota Corolla Hybrid. En dicho capítulo se especifican los equipos y herramientas utilizados para la obtención de los datos PID a través del puerto OBD II del vehículo. Además, se describe la metodología desarrollada para identificar aquellos parámetros requeridos para el desarrollo del software de adquisición de datos en tiempo real del funcionamiento del vehículo. Para desarrollar la metodología se deberá tener conocimiento previo sobre la red comunicación entre las unidades del vehículo, como también de la estructura de las tramas CAN Bus que se comunican todo el tiempo. Después de identificar aquellos parámetros de funcionamiento de la red de comunicación se desarrollará el software que cumpla la función de grabar el funcionamiento del sistema a través de la información que se extrae de los datos del Bus CAN, finalidad del software es de analizar el rendimiento del vehículo en condiciones de manejo.

Vehículo Toyota Corolla Híbrido

El vehículo ocupado para este trabajo es un Toyota corolla híbrido del año 2022 equipado con dos motores, uno de combustión interna de ciclo Atkinson y un motor eléctrico que intentan satisfacer los mejores rendimientos en la figura 3 podemos observar el automóvil utilizado para el proyecto

Figura 3

Toyota Corolla

**Tabla 2***Especificaciones del vehículo*

Dimensiones Toyota Corolla Híbrido	
Largo/Ancho/Alto (mm)	4630/1780/1435
Distancia entre ejes (mm)	2700
Motor de combustión interna	
Versión	1,8
Cilindrada (cc)	1798
Diámetro x Carrera (mm)	80.5 x 88.3
Relación de compresión	13:01
Potencia Máxima (kW/rpm)	72/5200
Torque Máximo (Nm/rpm)	131/3600
Motor eléctrico	
Potencia Máxima (kW)	53
Torque Máximo (Nm)	163
Batería	
Tipo	Níquel Metal Hidruro

Voltaje nominal (V)	201.6
Capacidad	6,5

Nota: Toyota. (2022). *Ficha técnica del Toyota Corolla Híbrido 2022*. Recuperado de <https://pressroom.toyota.com/vehicle/2022-toyota-corolla/>.

Hardware

En la tarea de leer datos de las unidades control del vehículo se lo realizar por el conector físico conocido como puerto de diagnóstico OBD II, la función del puerto es proporcionar la comunicación entre el sistema BUS de comunicación serial y dispositivos externos de diagnósticos, como son los escáneres automotrices los cuales cuentan con estos protocolos normados para un mejor y libre acceso al diagnóstico de diferentes automóviles y marcas dando al usuario la opción de poder realizar el diagnostico sin la necesidad de acudir a un taller de la marca (Martin Falch, 2023). Se ha seleccionado el dispositivo OBDLinkLX, un dispositivo de diagnóstico, Bluetooth, mostrado en la Figura 4, cuya función será la lectura de los PID, gracias a su compatibilidad universal con los protocolos de comunicación detallados en capítulo 1.

Figura 4

OBDLinkLX



Nota. Adaptado de OBDLinkLX, de OBD Solutions, 2024. Recuperado de <https://www.obdlink.com/products/obdlink-lx/>

Escáner Automotriz

El scanner automotriz es una herramienta fundamental para el diagnóstico y monitoreo de los sistemas del vehículo, permitiendo acceder a la información de las unidades de control que posee el vehículo. Para acceder a los datos, el equipo requiere un dispositivo que establezca la conexión al puerto de diagnóstico, para enlazar el equipo con el vehículo, permitiendo acceder a información de los módulos. En este caso, se utilizó el scanner MaxiSys de la empresa AUTOSCAN, como se muestra en la Figura 5. El escáner cuenta con un menú multiplicación y soporte para todos los protocolos de comunicación, permitiendo realizar un mapeo dinámico de los módulos que posee el vehículo, con la opción de monitorear los módulos de control del sistema de propulsión híbrido y funciones avanzadas.

Figura 5

Scanner MaxiSys



Nota: Adaptado de (Autel, n.d.),2024,recuperado de<https://www.autel.com/es>

Tabla 3

Características del escáner AUTEL maxisys-ms908cv

Sistema Operativo	Android 7.0
--------------------------	-------------

Pantalla	TFT-LCD 12.7 pulgadas, resolución 2732x2048
Conexión	WiFi2
Batería	Lithium-polymer, 18000 mAh, 3.8 V
Protocolos Soportados	BMW DS1, BMW DS2, Byte de eco UART, DoIP, Ford UBP, ISO-11898-2, ISO-11898-3, ISO-14229 UDS, ISO-14230, ISO-15765, ISO-9141, KW82, Nissan DDL UART con reloj, PLC J2497, SAE-J1567 (CCD BUS), SAE-J1708, SAE-J1850 PWM (Ford SCP), SAE-J1850 VPW (GM Class2), SAE-J1939, SAE-J2411 Single Wire Can (GMLAN), SAE-J2610 (Chrysler SCI), SAE-J2740 (GM ALDL), SAE-J2809 (Honda Diag-H), SAE-J2819 (TP20), SAE-J2819 (VAG KW81)

Nota: Especificaciones técnicas del escáner Maxisys MS908CV (Autel, n.d.). Recuperado de <https://autel.com/us/product/maxisys-ms908cv/>

El accesorio requerido para la conexión al puerto físico de diagnóstico es el kit MaxiflashVCMI, el cual se observa en la Figura 6. Este equipo es un accesorio complementario con el escáner MaxiSYS, el cual cumple la función de puente de comunicación con vehículo, además es un dispositivo que se utiliza para la comprobación de señales de CAN-Bus con la función de osciloscopio.

Figura 6

Kit MaxiflashVCMI



Nota. Imagen del kit MaxiflashVCMI. Recuperado de <https://autel.com/us/product/maxiflash-vcmi-kit/>

Para el desarrollo de la interfaz, era necesario obtener información sobre las unidades de control que poseía el vehículo. Por medio del scanner y el accesorio de conexión, se accedió al modo de información del vehículo, donde se detalla información importante, como se detalla en la tabla .

Tabla 4

Identificadores de cada unidad de control

	Nombre Unidad de Control
Bite Identificador	
\$7E8	Módulo de control del motor (ECM)
\$7EA	Módulo de control del tren motriz híbrido (HPCM)
\$7EE	Módulo de control del motor de accionamiento (DMCM)

Nota: tabla de identificadores de cada unidad de control presente en el automóvil

Software

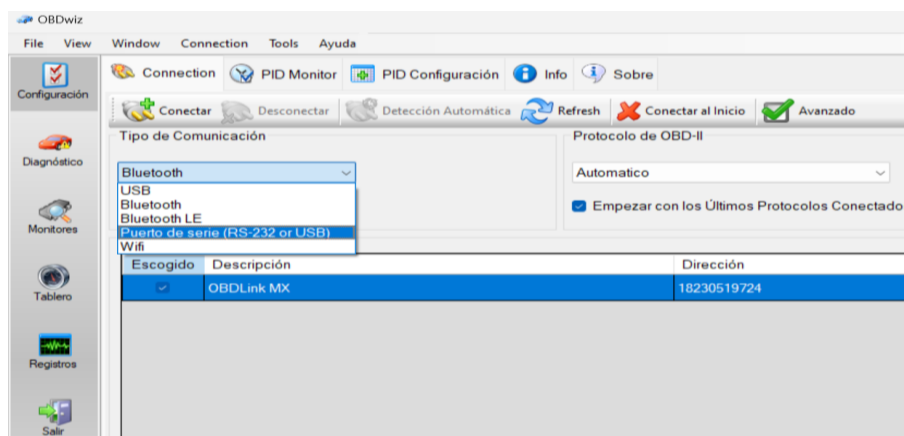
En el siguiente apartado veremos los diferentes softwares ocupados para la elaboración del proyecto algunas de sus características y algunas de sus funciones y algunas razones por las cuales se ocupó dicho software.

Interfaz Nativa OBDWiz

La interfaz OBDWiz es un software potente que simplifica la comunicación con el conector OBDLinkLX. Puedes utilizar este software tanto en tu smartphone como en tu ordenador para conectar y diagnosticar vehículos a través del puerto OBD2. Esto se puede hacer mediante Bluetooth o a través de una conexión serial. En la Figura 7, se puede apreciar que OBDWiz brinda distintas alternativas de conexión una vez realizada la conexión el software establece una comunicación con el vehículo y muestra los PIDs soportados, estos son códigos identificadores de parámetros generales de los vehículos. Además, con este programa podemos ver los datos en tiempo real y también es posible generar gráficos que hacen más fácil la interpretación de la información recopilada, es posible identificar y leer los códigos de error que están guardados en la ECU, así como eliminarlos una vez que se han resuelto los problemas. es imprescindible para cualquier persona que quiera realizar un diagnóstico detallado y preciso de su vehículo con este conector no puede prescindir de este software, esta hace accesible el poder diagnosticar automóviles sin la necesidad de comprar costosos equipos de diagnóstico.

Figura 7

Modos de conexión con el OBDLinkLX e interfaz OBDWiz



Gracias a esta interfaz pudimos identificar los PID del Vehículo en la opción PID configuración y nos mostrara los PID soportados por el software nos mostrara una lista y nos dejara escoger cuales queremos visualizar en tiempo real además de poder visualizar a la hora de experimentar.

Figura 8

PIDs genéricos soportados por OBDwiz

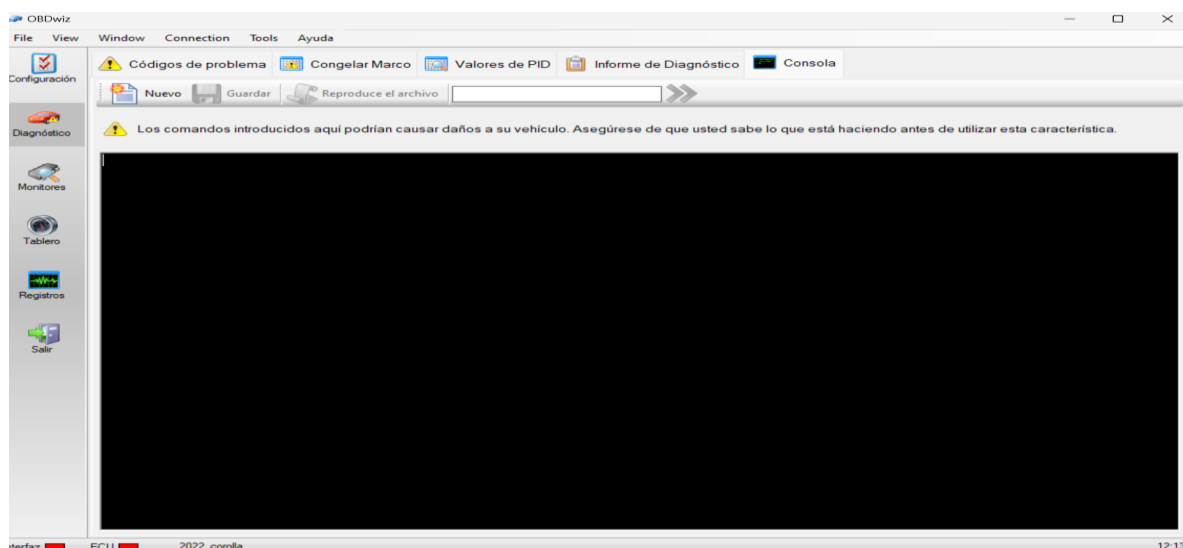
PID	Descripción	Velocidad de Encuentro
SAE 0401	Oil Temperature Data	25
SAE 0402	Pressure Range DTC	25
SAE 0403	Fail system 1 status	1
SAE 0403	Fail system 2 status	1
SAE 0404	Calculated load value	1
SAE 0405	Engine coolant temperature	25
SAE 0406	Short-term fuel % trim - Bank 1	1
SAE 0406	Short-term fuel % trim - Bank 3	1
SAE 0407	Long-term fuel % trim - Bank 1	1
SAE 0407	Long-term fuel % trim - Bank 3	1
SAE 0408	Short-term fuel % trim - Bank 2	1
SAE 0408	Short-term fuel % trim - Bank 4	1
SAE 0409	Long-term fuel % trim - Bank 2	1
SAE 0409	Long-term fuel % trim - Bank 4	1
SAE 040A	Fuel-air pressure (gauge)	1
SAE 040B	Intake manifold absolute pressure	1
SAE 040C	Engine RPM	1
SAE 040D	Vehicle speed	1
SAE 040E	Ignition timing advance for #1 cylinder	1
SAE 040F	Intake air temperature	4
SAE 0410	Mass air flow rate	1
SAE 0411	Absolute throttle position	1
SAE 0412	Commanded secondary air status	1
SAE 0413	Location of oxygen sensors	25
SAE 0414	O2 voltage (Bank 1, Sensor 1)	1
SAE 0414	Short-term fuel trim (Bank 1, Sensor 1)	1
SAE 0415	O2 voltage (Bank 1, Sensor 2)	1
SAE 0415	Short-term fuel trim (Bank 1, Sensor 2)	1
SAE 0416	O2 voltage (Bank 1, Sensor 3)	1
SAE 0416	Short-term fuel trim (Bank 1, Sensor 3)	1

Estos PIDs son genéricos de la SAE aquí podremos identificar los PIDs que necesitamos y para la consola tendremos que solicitarlos en la consola con el modo 01 seguido del PIDs que

vamos a llamar para que este nos dé una respuesta en la consola y nos dirigimos al software en el apartado de diagnóstico y luego consola.

Figura 9

Consola de OBDWiz



Una vez en consola enviaríamos en la casilla el modo y el PIDs para poder solicitar una respuesta del mismo PIDs y podremos visualizar los datos en formato OBD posterior mente se explicará cómo podemos interpretar estos datos para poder llegar al dato requerido.

Cuando se envía una solicitud al OBD-II utilizando el modo 01 junto con un PID específico, la respuesta se recibe en una trama CAN que contiene varios campos en formato OBD el cual se compone de bits, primero nos muestra la computadora seguido de la longitud seguido del modo, los bytes de respuesta seguido del PIDs y seguido de los datos en bytes.

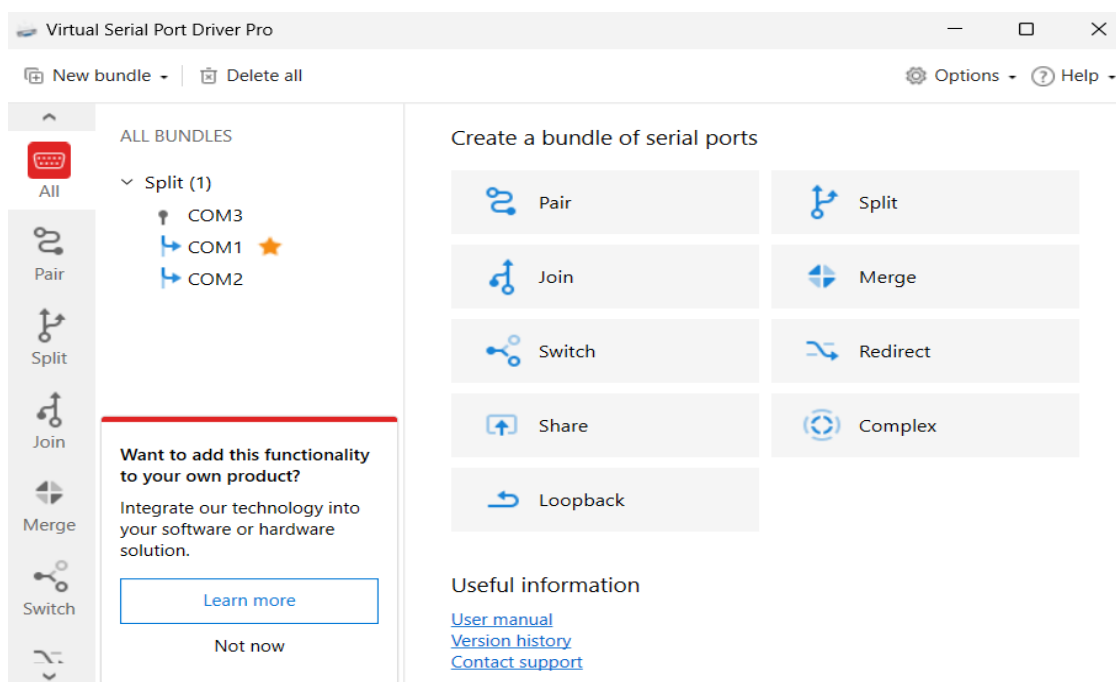
Virtual Serial Port Drive

Para poder iniciar con la programación y extracción de los datos, fue necesario identificar en que puerto estaba conectado el dispositivo OBDLinkLX el cual con la aplicación OBDWiz y se determinó que este ocupaba el puerto COM3 y debido a que este puerto ya estaba ocupado con el software dificultaba la obtención a través de del mismo.

Se optó por ocupar un puerto virtual a través de un Split. Esto nos permitiría la extracción de datos en LabVIEW y a la vez el OBDWiz estaría ejecutando y nos permitiera el extraer datos. Este programa nos permite la comunicación entre dos aplicaciones entre si estos se pueden conectar tanto de manera inalámbrica y a través de cables además puede dividir los canales y redireccionar puertos en serie es una herramienta muy fácil de usar podemos observar la interfaz de este programa en la Figura 10.

Figura 10

Interfaz de Virtual serial Port Driver Pro

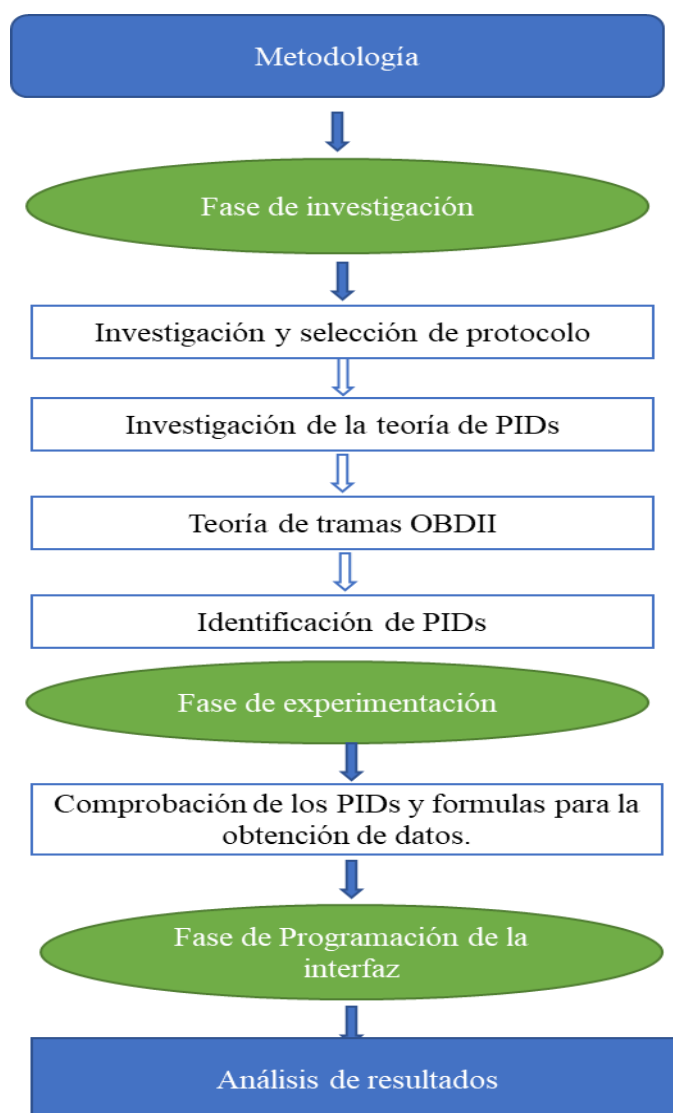


Metodología

Se muestra de forma esquematizada la metodología que se ocupó para este trabajo en la Figura 11 podemos observar esta metodología de manera resumida.

Figura 11

Esquema de la metodología



La Metodología utilizada para este trabajo es de carácter investigativo y experimental. Se inicia por conocer sobre los protocolos del OBDII y luego decidir cuál es el que se apega a los autos de la marca Toyota. Adicionalmente se realiza un estado de arte que nos proporciones valiosa

información que nos servirá a lo largo del desarrollo de la interfaz facilitándonos entender la estructura en formato OBD, estuvimos recopilando PIDs que nos brindó el software de OBDWiz gracias a esto obtuvimos algunos PIDs y se complementó la información con búsquedas en internet e información referente a híbridos anteriores al modelo algunos PIDs adicionales.

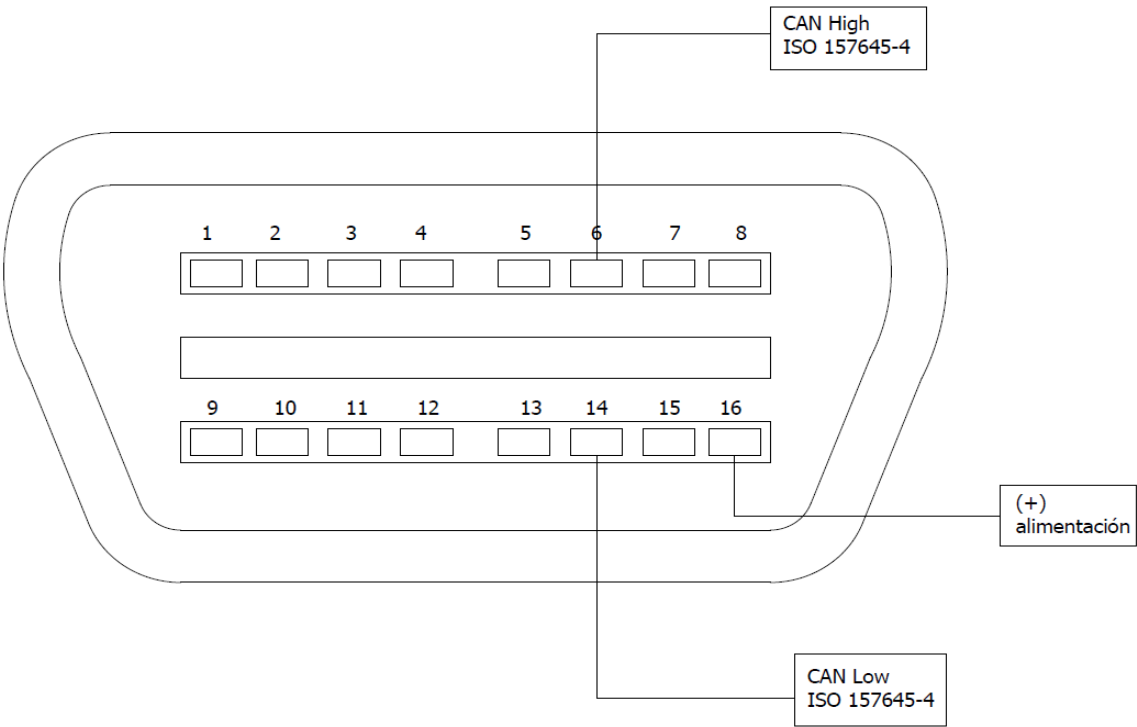
Posteriormente, se procede con la etapa de experimentación para comprobar estos PIDs comprobando con la ayuda de las respuestas dadas por la consola del OBD para obtener los datos, una vez teníamos esto y la ayuda del análisis de la trama OBD y a las fórmulas con las cuales se puede llegar a la magnitud real reemplazando estos datos dados en tramas OBD se realizó experimentos en parking y en pequeños trayectos para verificar con un Escáner automotriz, y luego convirtiendo los datos de hexadecimal a decimal para utilizarlos en las fórmulas las cuales también encontramos gracias a foros e internet pudimos comprobar el que son utilizables lo cual es un factor clave ya que para la programación es algo que necesitamos para poder a través de comunicación serial o bluetooth a continuación tenemos los PIDs que necesitamos para la recolección de datos para la realización de pruebas de rendimiento.

En relación al conector, existen dos tipos según la tensión que manejan, variando según el fabricante. En los vehículos livianos de Toyota, se utiliza el conector tipo A, que opera con una tensión de salida de 12V y velocidades de transferencia de información de 500 baudios Este conector es ampliamente utilizado por su capacidad para proporcionar una comunicación estable y eficiente durante las pruebas y diagnósticos. Su diseño específico permite una integración precisa con los sistemas electrónicos del vehículo, garantizando que se obtengan datos confiables y detallados durante el proceso de diagnóstico.(Olga, n.d.)

Específico para la marca Toyota suelen equipar conector estándar de 16 pines, a través del cual se implementan habitualmente protocolos de comunicación, dependiendo de la posición de los pines del puerto OBD-II, tal como se detalla en la Figura 12.

Figura 12.

Protocolos de comunicación implementados por fabricante Toyota



Nota: Especificación de los pines del protocolo ISO. Imagen de autoría propia, 2024.

Tabla 5

Trama OBD II

	Identificador (ECU)	Longitu d Bytes	Modo	PID	Bite A	Bite B	Bite C	Bite D
Ejemp lo	7E8	4	01	9 ^a	AA	AA	AA	AA

En los mensajes OBD2, el identificador de 11 bits distingue entre mensajes de solicitud (ID 7DF) y mensajes de respuesta (ID 7E8 a 7EF), siendo el ID 7E8 generalmente de la ECU principal. La longitud indica el número de bytes de los datos restantes (de 03 a 06 bytes). Los modos de solicitud van del 01 al 0A, y en las respuestas el dígito 0 se reemplaza por un 4 (por ejemplo, 41, 42, ..., 4^a). Cada modo tiene una lista de PID OBD2 estándar, con descripciones específicas y, en algunos casos, valores mínimos/máximos y fórmulas de conversión correspondientes. Los bytes de datos A, B, C y D están en formato hexadecimal y deben convertirse a decimal antes de usarse en las fórmulas del PID; el último byte de datos (después de D) no se utiliza. (Alejandro Bautista Gómez, 2018)

Protocolo ISO 15765-4

Este protocolo sigue la versión 2.0 de CAN, permitiendo tramas con hasta 8 bytes de datos y un identificador de 11 o 29 bits. También sigue el protocolo ISO CAN-TP, que delimita una capa de transporte para enviar mensajes de más de 8 bytes en varias tramas, añadiendo una sobrecarga de control según Cazorla. La estructura del mensaje incluye:

- Bytes de cabecera (bytes): ID bits (11 o 29) y PCI.
- Bytes de datos: 7 bytes de datos.
- El modelo ISO 15765-4 para la comunicación en redes CAN de 11 bits.

En esta trama, la dirección 7DF se usa como conexión datos desde el vehículo a cualquier dispositivo conectado que esté escuchando en el mismo canal de comunicación. Las direcciones físicas para peticiones a una ECU se encuentran en el rango de 7E0 a 7E7, y la respuesta se obtiene sumando 8 (de 7E8 a 7EF). Esto permite hasta 8 ECUs respondiendo a peticiones OBD-II. Con identificadores de 29 bits, hay tres opciones y un ejemplo de cada una de estas según Cazorla :

- Peticiones funcionales: 17 FB 33 F1
- Petición física: 19 DA ## F1
- Contestación: 19 DA F1 ##

Las asignaciones específicas de direccionamiento físico se consultan en el estándar SAE J2178-1, permitiendo a los fabricantes definir más direcciones para otros módulos fuera de la norma OBD-II. En OBD-II, es necesario utilizar una cabecera para describir el tipo y la prioridad de la información enviada, el dispositivo que la envía y los destinatarios del mensaje. Hay dos tipos de mensajes: los que siguen el estándar ISO 15765-4, que usan el identificador CAN, y otros. (Cazorla, n.d.).

Identificación de los PIDs

La identificación del PID es fundamental en la comunicación serial, así como la estructura de los bytes que contiene los datos de funcionamiento de los distintos módulos que compone el vehículo. Por tanto, antes del desarrollo de la interfaz era necesario identificar los códigos de identificación de los datos respectivos para el análisis del rendimiento. Sin esta información, no sería posible filtrar los datos contenidos en los mensajes transmitidos a través de la red CAN Bus, cuya información es indispensable para filtración de los datos y para el monitoreo en tiempo real para realizar el análisis del rendimiento del vehículo. Respecto a los PID relacionados al funcionamiento del motor de combustión, estos se pueden encontrar fácilmente, ya que, la mayoría de los identificadores de parámetros son códigos estándar regulados que se utilizan para transferencia de datos entre las unidades de control del vehículo.

Tabla 6

Resumen de los PIDs y posición de bytes PIDs necesarios para las pruebas de rendimiento

PID	UNIDAD	# BYTES	BYTE POSITION	FÓRMULA
#0C Rpm	[rpm]	2	A&B	$(256^a+B) / 4$
#0D Velocidad	[km/h]	1	A	A
#05 Temperatura del líquido de enfriamiento	[°C]	1	A	A-40
#45 Posición del acelerador relativa	[%]	1	A	A/2.55
#62 Porcentaje de torque del motor combustión	[%]	1	A	A-125
#9D Velocidad del combustible del motor	[L/h]	2	A&B	$(256^a+B)/20$
#5B Estado de carga de la batería (SOC)	[%]	1	A	$(A*20/51)$

La información relevante para el desarrollo del software de adquisición de datos para el vehículo seleccionado se presenta en la siguiente tabla. En ella se especifica los PID que se utilizarán para el análisis, dividido por columnas, siguiendo el orden de la primera columna contiene el ID identificador del dato en el marco de los mensajes CAN cuando se lo llama. La segunda columna muestra la unidad del parámetro, seguido del número de bytes que contiene el dato, así como la posición de los bites. Finalmente, se incluye la fórmula de conversión necesaria para

transformar de los datos contenidos en los bites en formato hexadecimal para conversión a decimal y obtener el dato convertido.

Fórmulas de voltaje y corriente

Para realizar una aproximación de los valores de voltaje y corriente se hicieron por medio de regresiones las cuales con ayuda de datos recojidos con el escaner se realizó una tabulación de estos datos y se realizó una curva de tendencia para obtener las siguientes fórmulas. Para el voltaje se relaciono las variables de voltaje y estado de carga de la batería y nos quedo con la siguiente Fórmula 1:

$$\textbf{Voltage} = 1.7163(soc) + 137.87 \quad (1)$$

Y para el valor de corriente se relaciono esta con la velocidad de manera siguiendo la logica de que a mas velocidad se requiere mayor consumo de corriente y nos quedo la siguiente Formula 2:

$$\textbf{Corriente} = 0.1(velocidad) + 1.6862 \quad (2)$$

Experimentación para Comprobar los PIDs

Para realizar la comprobación se hizo uso de le Hardware ya mencionado de la manera siguiente primero con el uso de OBDLinkLX y las respuestas de la consola del OBDWiz convirtiendo de hexadecimal a decimal y aplicando la fórmula y cogiendo diferentes puntos en las gráficas del escáner pudimos comprobar los PIDs a continuación se detallará de mejor manera con las gráficas.

Comprobación de los PIDs

Es de vital importancia el comprobar estos PIDs para poder seguir a la fase de programación. De esta manera podremos sacar estos datos ya convertidos a sistema decimal que es necesario para poder comprender la magnitud medida por el sensor a cargo de cada una de las siguientes variables.

- Régimen de giro del motor(RPM)
- Velocidad
- Temperatura
- Posición del acelerador relativa
- Porcentaje de torque del motor de combustión
- Velocidad del combustible del motor
- Estado de carga de la batería (SOC)
- Corriente de la batería de alta tensión
- Voltaje de la batería de alta tensión

Comprobación de PID de RPM del motor

El PID 0C es el que nos da las RPM para comprobar en este caso tenemos el automóvil parado por lo tanto no hay RPM en ese instante luego por lo tanto la conversión del bite de respuesta dado por OBDWiz debería ser 0 RPM.

En respuesta tenemos lo siguiente 7EA04410C0000 haciendo la conversión del bite A y B de Hexadecimal a Decimal Aplicando la fórmula 3.

$$RPM = \frac{(256A+B)}{4} \quad (3)$$

$$RPM = \frac{(256(0) + 0)}{4}$$

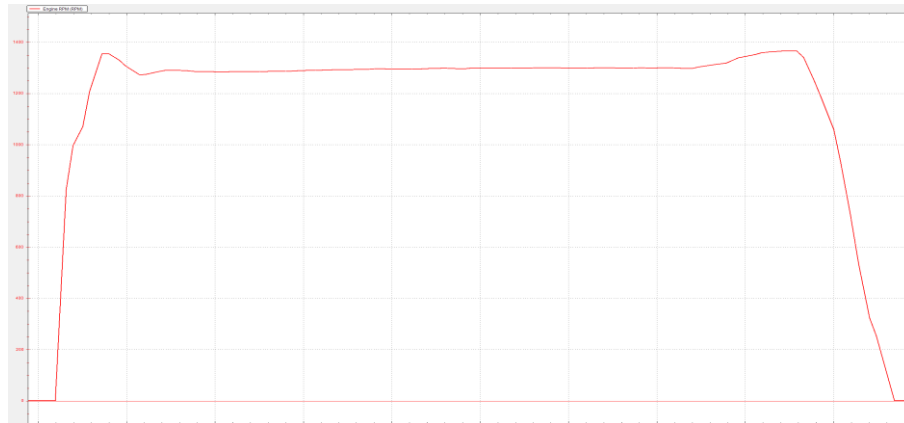
$$RPM = 0$$

Así se tomaron más puntos y se comprobó visualmente en la grabación del Monitor de OBDWiz moviendo leve mente el automóvil se puede observar su variación en Figura 13.

- 7E804410C0000 = 0 RPM
- 7E804410C143D = 1295 RPM
- 7E804410C150 = 1300 RPM

Figura 13

Gráfica del régimen del motor en tiempo real de funcionamiento en el experimento



Comprobación del PID de Velocidad

El PID de velocidad 0D con un único byte es el dato directo según la formula 4 fórmula convertido en decimal y corroboramos con la Figura 14.

$$Velocidad = A \quad (4)$$

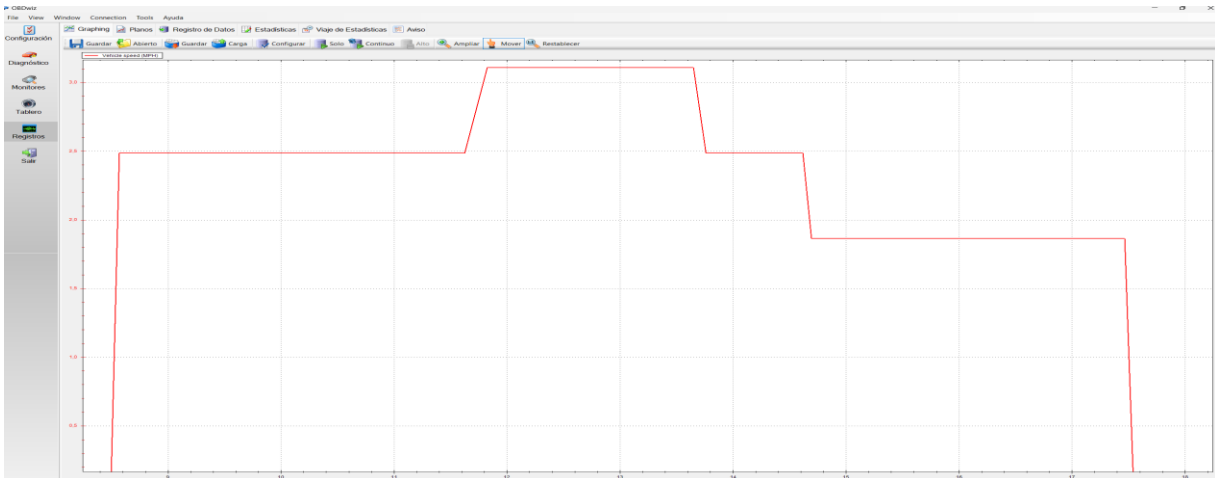
Hexagesimal 04 = 4 Decimal

$$V = 4 \frac{km}{h}$$

- 7E803410D00 = 0 km/h
- 7E803410D04 = 4km/h = 2.49 mph
- 7E803410D05 = 5km/h = 3.11 mph

Figura 14

Gráfica de velocidad en tiempo real de funcionamiento



Comprobación del PID de Temperatura del Motor

Continuaremos con el PID de Temperatura del motor con el PID 05 seguido de un bit A este caso ocuparemos el bite A y nos concuerda la temperatura con la del OBDWiz y el Escáner y gráficamente coinciden los datos con la única variación que en el software nos da la temperatura en grados Fahrenheit como podemos visualizar en la Figura 15 y ocuparemos la fórmula 5 .

$$Temperatura_{motor} = A - 40 \quad (5)$$

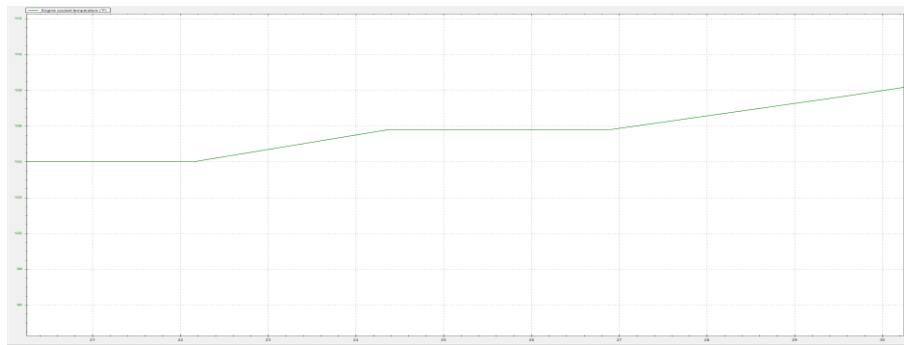
Hexadesimal 4E = 78 Decimal

$$temperatura_{motor} = 78 - 40 = 38 \text{ C}^{\circ}$$

- 7E80341054E = 100.4 F° = 38 C°
- 7E80341054F = 102.2 F° = 39 C°
- 7E803410550 = 104 F° = 40 C°
- 7E803410551 = 105.8 F° = 41 C°

Figura 15

Gráfica de la temperatura del automóvil



PID de la Posición Relativa del Acelerador

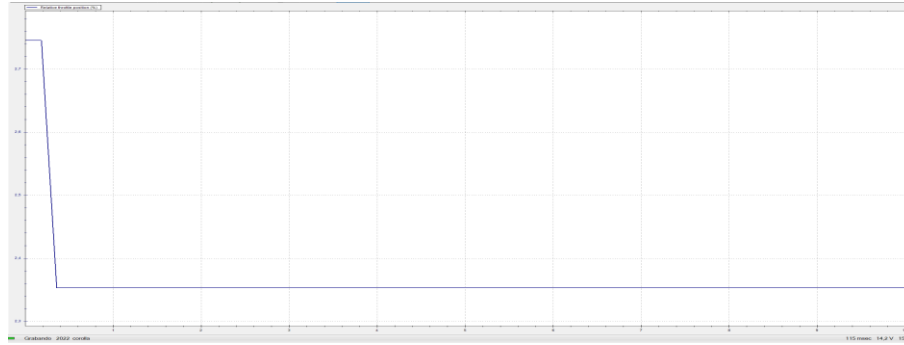
Para la corroboración se realizó de manera que al pisar el acelerador enviar una solicitud de respuesta con el PID 45 y la respuesta nos dio un byte A el cual nos da un dato el cual vamos usar para saber la posición en una unidad de porcentaje como veremos en la figura 16.

$$Posición_{Rel} = \frac{A}{2.55} \quad (6)$$

- 7E803414500 = 0%
- 7E803414506 = 2,35%

Figura 16

Gráfica de la posición relativa



PID del Torque en Porcentaje del Motor

En el caso del porcentaje de torque actual del motor tenemos la siguiente fórmula y el PID 62 nos proporciona un bite A de respuesta el cual remplazaremos ya transformado de hexadecimal a decimal y tendríamos este dato igual a la Figura 17.

$$\%torque_{motor} = A - 125 \quad (7)$$

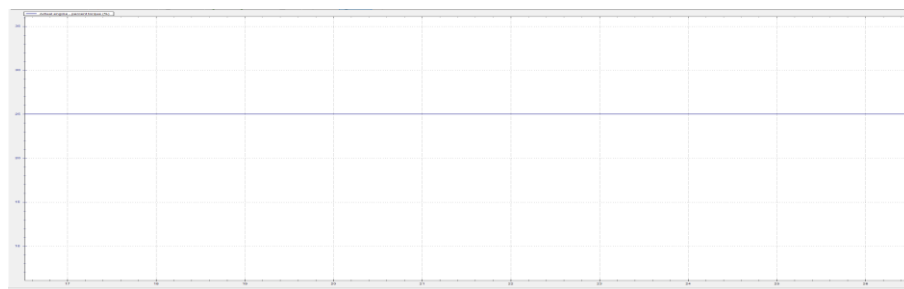
$$7D = 125$$

$$125 - 125 = 0$$

- 7E80341627D = 0%

Figura 17

Gráfica del torque en porcentaje del motor



PID de velocidad del combustible que ingresa al motor

$$V_{combustible} = 256A + B \quad (8)$$

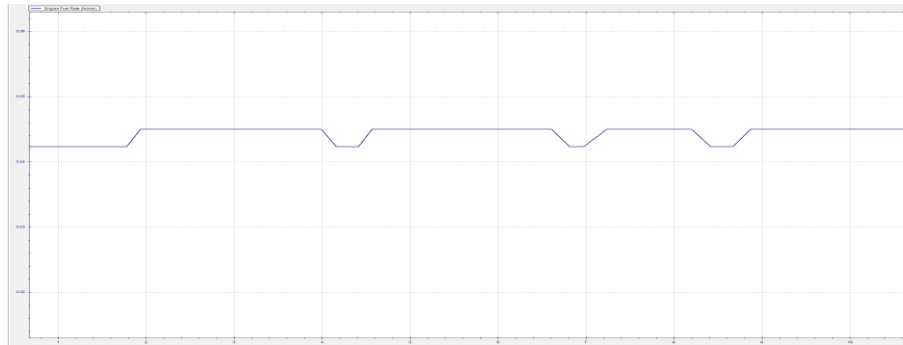
$$V_{combustible} = 256(0) + 17 = 0.85$$

- 7E806419D0011011=0.85 L/h

En la Figura 18 se pide observar la gráfica con la cual se comparó los valores en tiempo real de la velocidad del combustible.

Figura 18

Gráfica de velocidad del combustible



PID del estado de carga de la batería HV (SOC)

Para identificar este PID se hizo uso del escáner con el cual nos muestra siempre al ingresar al automóvil los PIDs son mostrados en la pantalla por leves segundos así que se grabó la pantalla y probamos con los diferentes descartando los que ya habíamos comprobado y también asegurándonos con certeza de que teníamos los PIDs correctos en este caso el PID del SOC sería el 5B el cual nos dio un bite de respuesta A el cual nos serviría para la siguiente fórmula en la Figura 19.

$$SOC = A * 20/51 \quad (9)$$

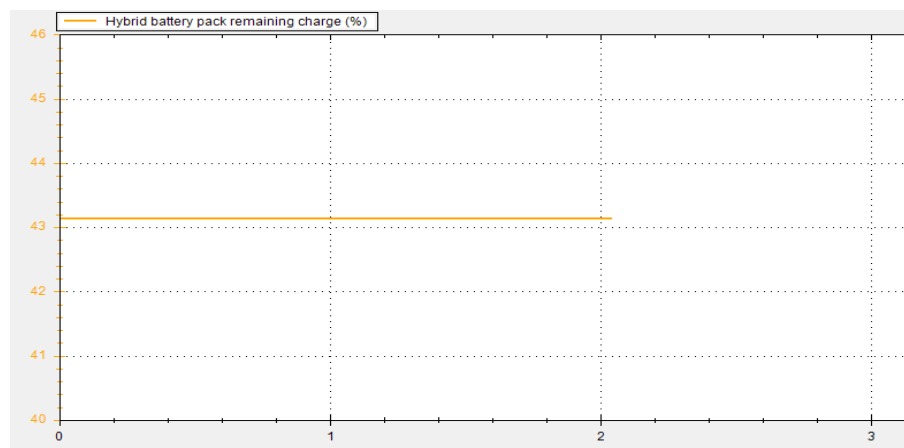
$$SOC(\%) = \frac{107 * 20}{51}$$

$$SOC(\%) = 41.96\%$$

$$7EA03415B6E = 43.13\%$$

Figura 19

Gráfica del estado de carga de la batería



Programación del Software

Para la programación se ocupó LabVIEW el cual funciona mediante programación gráfica, pudimos realizar. Primero, se desarrolló un módulo de comunicación de tipo serial de manera que la información pueda llegar a través de los puertos COM de la computadora al que añadimos un módulo en el cual se pudiera pedir en específico el PID como si fuera una consola de manera que luego se pueda observar la respuesta de este PID para posteriormente realizar conversión de estos datos hexadecimales a decimales y mediante otro módulo para que sea posible interpretar el dato

de manera decimal y poder poner tacómetros para las diferentes variables así se consiguió realizar la interfaz.

Programación en LabVIEW para la Adquisición de Datos

En la programación del software se utilizó LabVIEW, ya que es una herramienta para la programación y debido al método de programar que se realiza de forma gráfica, lo que hace mucho más intuitiva para el desarrollo de programas. El programa fue desarrollado y diseñado por National Instruments, usado comúnmente para la adquisición de datos, control, análisis y presentación de datos. Una de las principales ventajas del programa es la compatibilidad con hardware, gracias a sus arquitecturas de software de instrumentación virtual permitiendo enlazar el dispositivo con la programación fácilmente. Entre las arquitecturas que incluye son DAQmx, IVI, Modbus, EtherCAT y VISA, permitiendo un amplio soporte para dispositivos.

Figura 20

Programación en LabVIEW

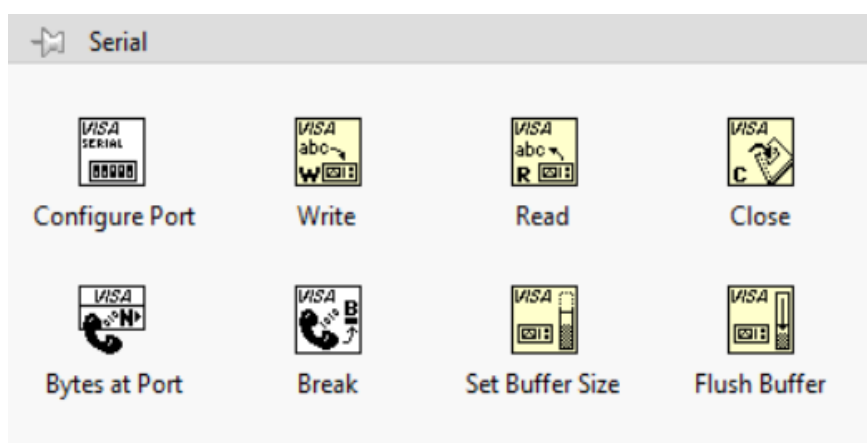


Nota: Ícono de LabVIEW. Adaptado de "What is LabVIEW and Why Do I Care?", por Wiresmith Technology, 2023, <https://www.wiresmithtech.com/articles/what-is-labview-and-why-do-i-care/>. Copyright 2023 por Wiresmith Technology.

En la tarea de enlazar el dispositivo de diagnóstico que funciona por bluetooth se requirió a la utilización de la arquitectura VISA, la cual cuenta con el bloque de programación “Serial” el cual incluye una serie de bloques de programación con ciertas funciones, cuyo propósito es de permitir la comunicación con el dispositivo con el puerto serial que cuentas la computadora (COM).

Figura 21

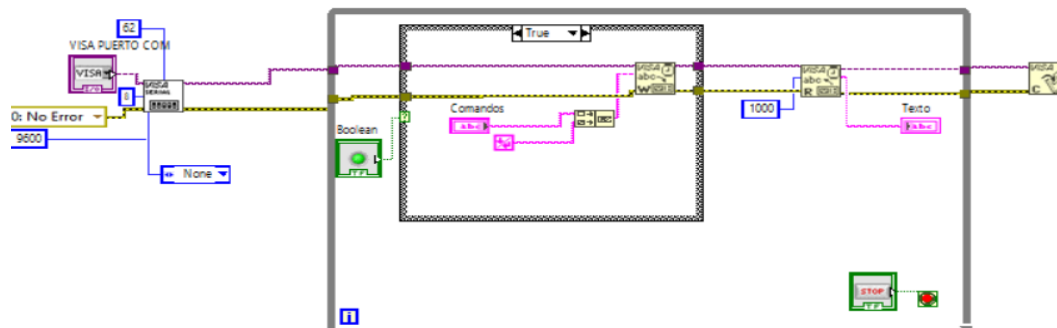
VISA Serial Port



Es necesario configurar el puerto al cual el dispositivo está conectado a la computadora para poder recibir la información que se tramite a través del CAN Bus. Para esto, se debe crear un controlador que especifique el número de puerto al cual se desea conectar, así como la velocidad de 9600 baud rates que es a la velocidad estándar que utilizan los dispositivos de diagnóstico. Adicional se utiliza los comandos Write, Read y Close del bloque Serial Port tanto para mandar el comando necesarios para leer el PID específico cuestión. En la Figura 22 se puede observar la programación previa para la comprobación de la estructura de los mensajes CAN que se estaba leyendo.

Figura 22

Configuración del puerto serial en LabVIEW

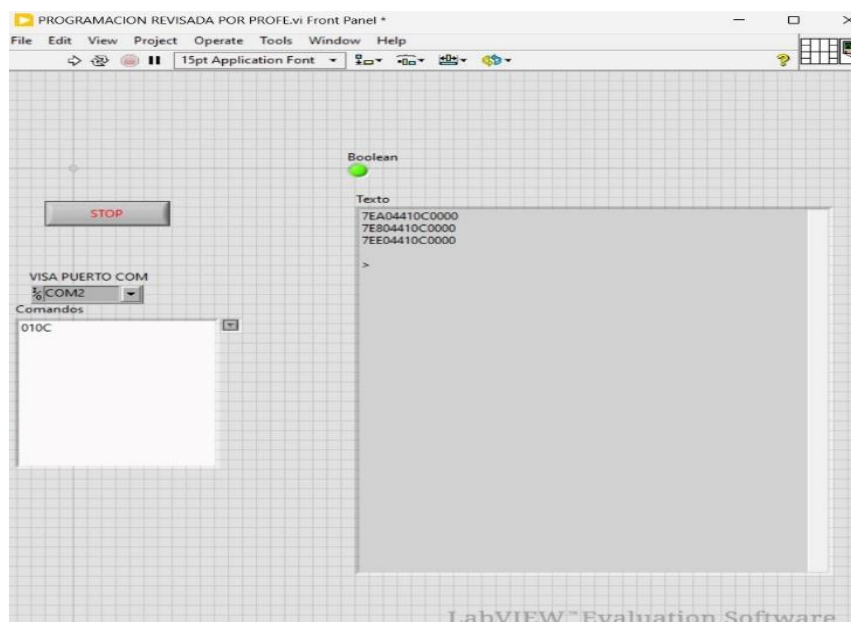


Se desarrollo la programación anterior para comprender cómo el programa recibe datos del puerto de diagnóstico. Importante para solicitar un mensaje específico es ingresar el PID que nos interesa, se realiza a través del bloque “Write” para el puerto serial, que solo recibe datos en formato string. Entendiendo que un string es un tipo de dato que representa una serie de caracteres, los cuales no tienen un valor numérico, y se utiliza para enviar o recibir información a través de la comunicación serial.

Por ejemplo, se ingresa el comando 0105, donde “01” indica la solicitud de lectura de datos y “05” que especifica el PID. Además, es necesario configurar el puerto serial para que lea los datos antes de signo mayor, dado por el número 62 que representa el carácter “>” en formato ASCII, la Figura 23 podemos ver un ejemplo del mensaje que leía el programa.

Figura 23

Programación para comprobación de estructura de mensajes



Una vez que comprobada que la comunicación y lectura de los datos es efectiva, es fundamental comprender la estructura de los mensajes recibidos. Para ello, presentamos en la siguiente tabla que detalla la estructura del PID que se ingresa, la longitud del dato que se lee del puerto serial en formato string, esto para cada uno de los mensajes de los datos que vamos a analizar.

Tabla 7

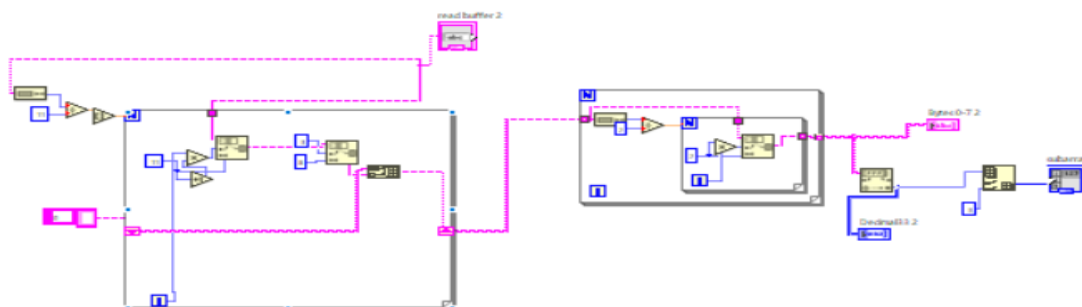
Estructura del mensaje leído en la programación

COMANDO Y PID	LONGITUD	EJEMPLO
010C	39	7EA04410C0000
		7E804410C0000
		7EE04410C0000
		>
010D	33	7EA03410D00
		7E803410D00
		7EE03410D00
		>

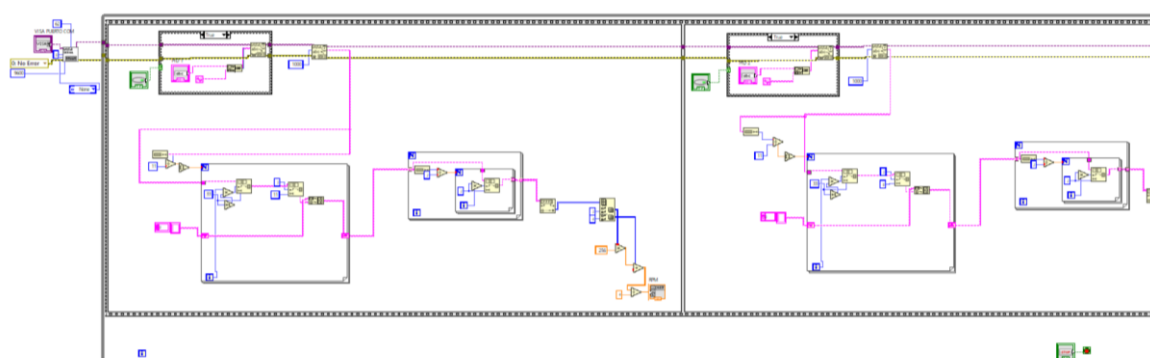
0145		7E803414500
	11	>
0162	11	7E80341627D
		>
0105		7EA03410572
	33	7E803410572
		7EE03410572
		>
015B	11	7EA03415B67
		>
019D	17	7E806419D00100010
		>

Tabla . Estructura del mensaje leído en la programación

Una vez comprendida la estructura de los mensajes recibidos del vehículo, se desarrolló una programación intermedia antes de la implementación final. Esto se realizó con el propósito de poder estructurar mejor la lectura de los datos, a través del recibido según la estructura analizada, para que basándonos en la longitud del mensaje y la selección de la posición de los bites específicos que requerimos, como se detalla en la tabla 6. A través de bucles FOR y bloques “String Subset” cuya función es extraer una subcadena de una cadena en este caso de caracteres formato string y finalmente convirtiendo en un valor numérico real en formato hexadecimal convirtiendo al valor decimal para que pueda ser transformado a la unidad correspondiente.

Figura 24*Transformación de caracteres a decimal*

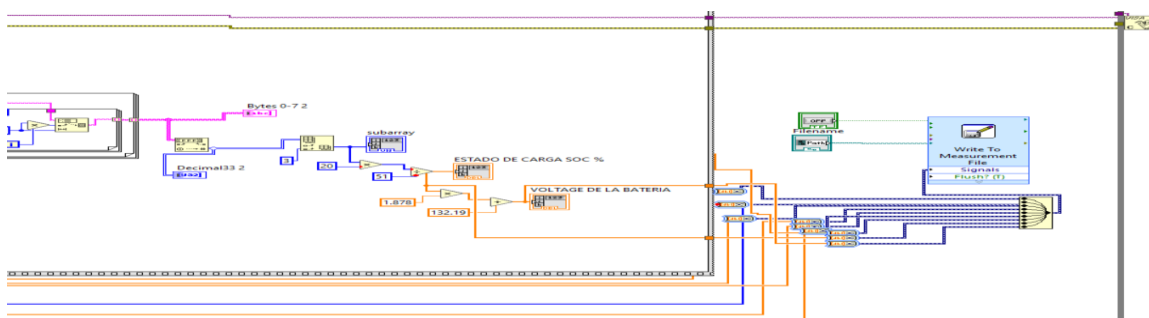
Una vez comprobado los pasos anteriores, se procede con la programación final, la cual leerá en tiempo real los parámetros de funcionamiento del vehículo. Utilizando un bucle WHILE y una estructura de control secuencial “Flat Sequence Structure”, basado en la programación detallada tanto en la Figura 24 y Figura 25, donde se integra tanto la escritura del comando y lectura del mensaje. Además, la programación incluye la transformación del mensaje al dato real según la unidad correspondiente del parámetro utilizando la fórmula de transformación.

Figura 25*Programación de monitoreo de parámetros en tiempo real*

Una función adicional del software es la capacidad de registrar los datos leídos para su análisis posterior. Para esta tarea se utilizó el bloque “Write to Measurement File”, que permite guardar datos de manera estructurada en un archivo Excel.

Figura 26

Registro de datos en Excel



Finalmente, el software cuenta con una interfaz básica que permite seleccionar el puerto COM correspondiente al dispositivo bluetooth conectado. Además, cuenta con indicadores para visualizar gráficamente los diferentes parámetros que se están leyendo en la Figura 27. En la parte superior se proporciona una función para registra los datos en un documento Excel.

Figura 27

Interfaz del software



En relación con los datos almacenados en formato Excel, esto se estructuran según un formato predeterminado. La primera columna digita el tiempo en el que se guarda correspondiente al momento en que se registra el dato, y las siguientes diez columnas contiene los valores de los distintos parámetros medidos que se van registran. La disposición de las columnas de datos viene dada por la siguiente orden respectivamente revoluciones del motor, velocidad del vehículo, temperatura del motor, porcentaje de presión del pedal del acelerador, porcentaje de torque que desarrolla el motor a combustión, torque que desarrolla el motor de combustión, velocidad del combustible, estado de carga de la batería, voltaje de la batería y corriente de la batería, como se puede observar en la Figura 28.

Figura 28

Estructura de los datos en hoja Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Time	Untitled	Untitled 1	Untitled 2	Untitled 3	Untitled 4	Untitled 5	Untitled 6	Untitled 7	Untitled 8	Untitled 9
2	17/7/2024 00:50:47.565	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
3	17/7/2024 00:50:48.077	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
4	17/7/2024 00:50:48.665	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
5	17/7/2024 00:50:49.163	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
6	17/7/2024 00:50:49.682	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
7	17/7/2024 00:50:50.281	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
8	17/7/2024 00:50:50.905	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
9	17/7/2024 00:50:51.401	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
10	17/7/2024 00:50:51.907	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
11	17/7/2024 00:50:52.453	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
12	17/7/2024 00:50:53.023	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
13	17/7/2024 00:50:53.515	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
14	17/7/2024 00:50:54.045	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
15	17/7/2024 00:50:54.615	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
16	17/7/2024 00:50:55.200	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
17	17/7/2024 00:50:55.809	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
18	17/7/2024 00:50:56.244	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
19	17/7/2024 00:50:56.763	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
20	17/7/2024 00:50:57.329	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
21	17/7/2024 00:50:57.822	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
22	17/7/2024 00:50:58.362	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
23	17/7/2024 00:50:58.899	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
24	17/7/2024 00:50:59.516	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688
25	17/7/2024 00:51:00.095	0	6	80	0	0	0	0	47.45098	219.310118	2.0688

Ejecución y Análisis de Pruebas de Desempeño Utilizando el Software Desarrollado

En este capítulo, se pone a prueba el software de adquisición de datos en tiempo real para recopilación la recopilación de datos de los parámetros de funcionamiento del vehículo híbrido Toyota Corolla. La prueba que se realizó se basa en recopilar los datos de estos parámetros de funcionamiento con el objetivo de almacenar los datos y analizar posteriormente. A través del análisis de los datos se podrán establecer métricas de desempeño del vehículo y comprender el funcionamiento en las distintas situaciones de la prueba. Además, con base a las métricas que se obtengan se puede analizar otro análisis que resulta útil para determinar parámetros adicionales de desempeño.

Prueba de Desempeño

En la prueba de desempeño, se almacenará los datos de los parámetros de funcionamiento del vehículo utilizando el software de adquisición de datos desarrollado en LabView. A través de la interfaz, se verifica que todos los parámetros se registren en sincronía con el funcionamiento del vehículo mediante los distintos medidores que cuenta la interfaz para los respectivos parámetros. Una vez se confirmó la correcta recepción de los datos, se procedió a la grabación de los datos a través de los controles de la interfaz.

La prueba de desempeño se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana. Esta prueba tuvo una duración aproximada de 10 minutos, cuyo intervalo de tiempo es aceptable para evaluar los parámetros de rendimiento.

Métricas de Desempeño

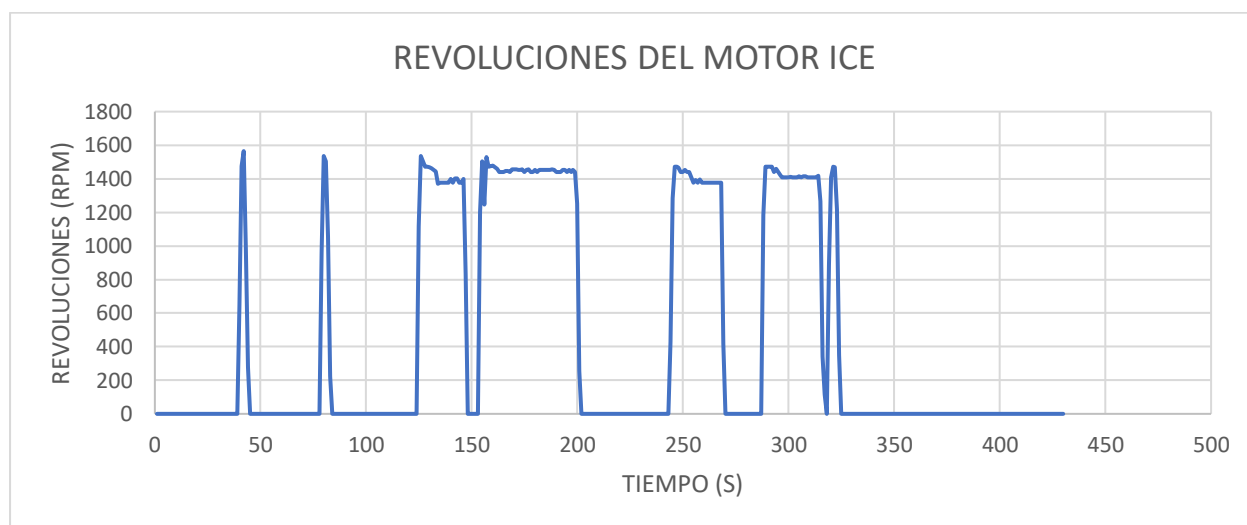
En este apartado se presentan los diversos parámetros de operación que obtuvieron del vehículo, cuyos datos recopilados por el software de adquisición fue registrada para el análisis. A continuación, se detalla los datos obtenidos.

Revoluciones del Motor de Combustión

La recopilación de datos sobre las revoluciones del motor durante la prueba de desempeño es crucial para el análisis ya que permite controlar los momentos en el que el motor de combustión se activa. Esto ocurre en dos situaciones: cuando la carga de la batería de alta tensión cae por debajo del nivel mínimo de carga, activando el motor para recargar las baterías, y al momento que el vehículo haya superado cierta velocidad el motor de combustión proporciona asistencia de potencia al motor eléctrico desarrollando conjuntamente potencia al tren motriz.

Figura 29

Gráfica de RPM de los datos recogidos con el software.

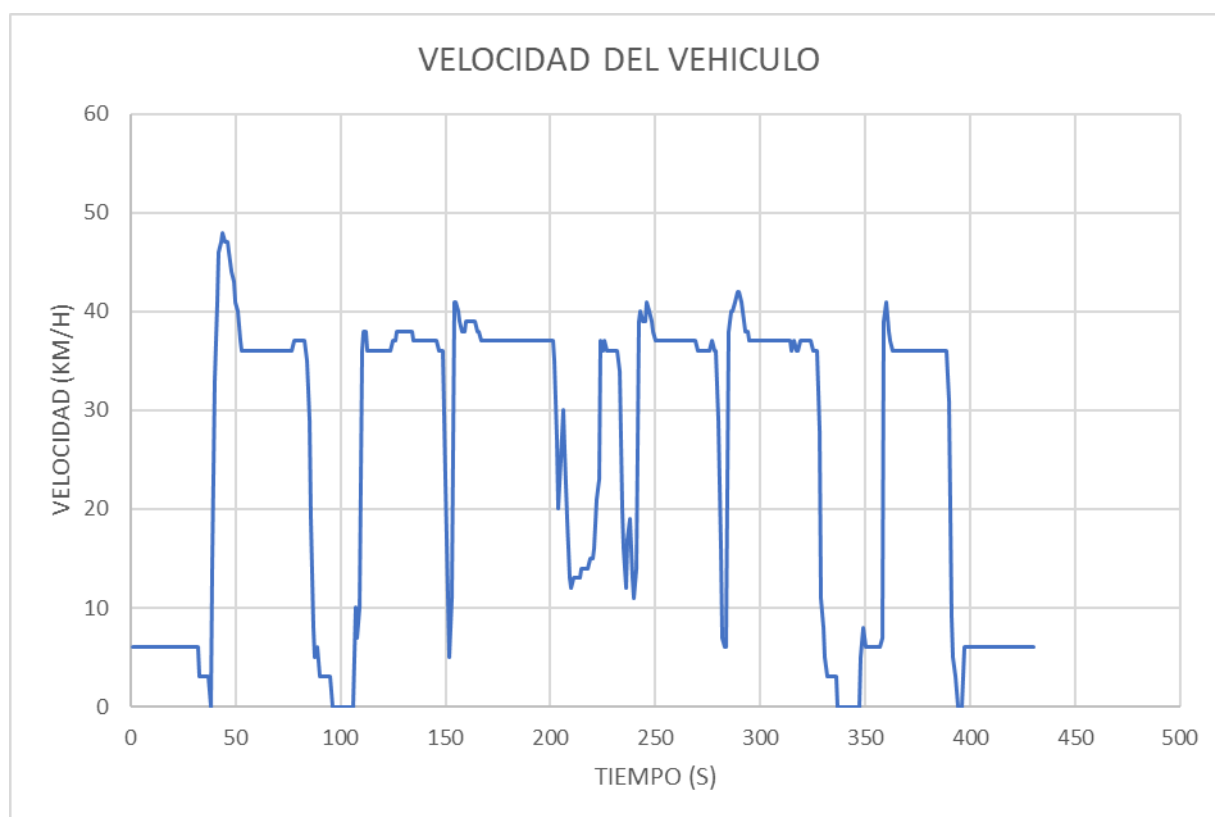


Velocidad del Vehículo

La prueba de desempeño como se llevó a cabo en un área con alta densidad de personas, lo que resultó en velocidades de prueba relativamente bajas. Para propósito de análisis, se realizaron aceleraciones bruscas para simular condiciones de mayor demanda, tanto se exige una mayor demanda de energía de la batería al motor eléctrico y del motor de combustión interna consumiendo combustible en apoyo al motor eléctrico respectivamente. Según se observa en la Figura 30 la velocidad viene dado en km/h respecto al tiempo en segundos.

Figura 30

Gráfica de velocidad de los datos recogidos con el software.

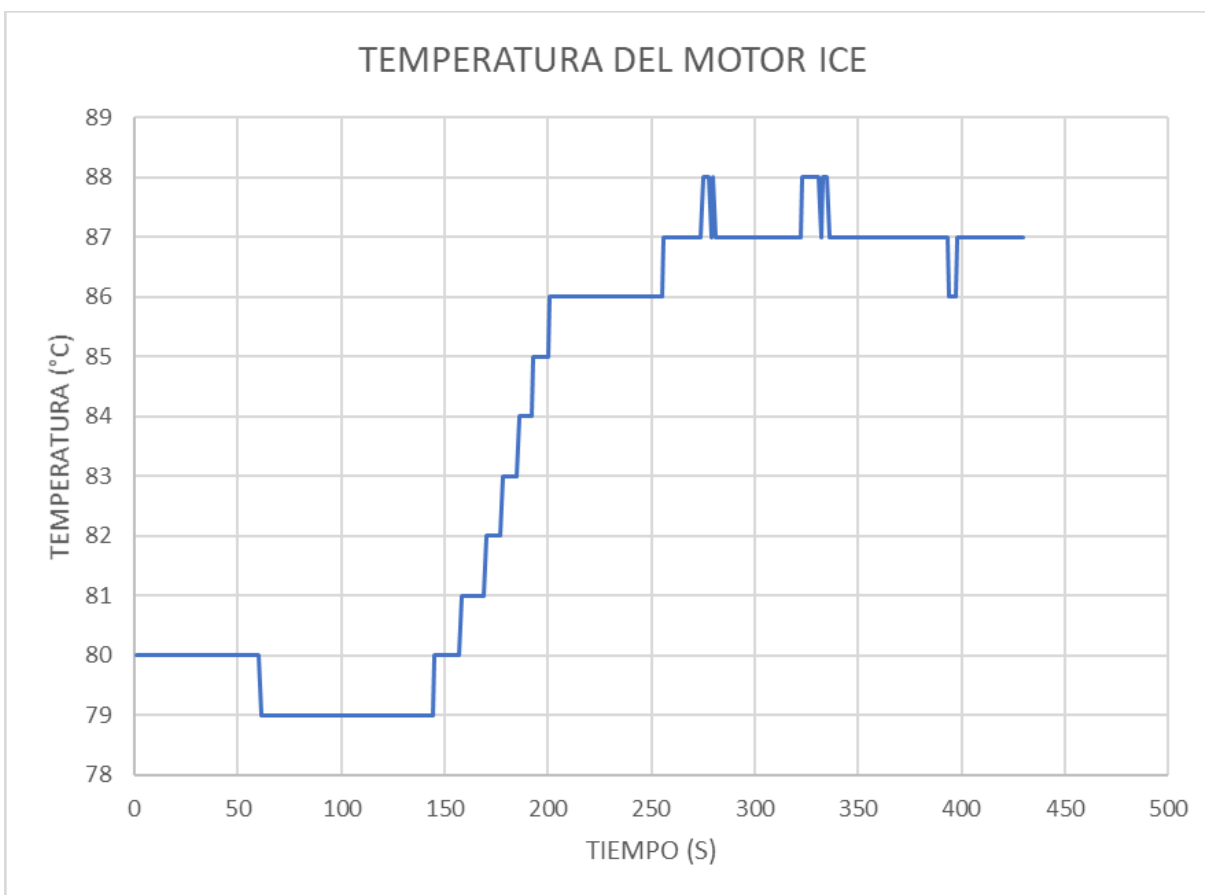


Temperatura del Motor de Combustión

El dato de la temperatura del motor nos proporciona información adicional para conocer y verificar que el motor, al momento de encenderse, opera dentro del rango normal de temperatura de funcionamiento. Esta información nos ayudara a garantizar que el desempeño del motor sea el óptimo y sin fallas. Según se observa en la Figura 31 el dato de temperatura del motor de combustión viene dado en la unidad de centígrados.

Figura 31

Gráfica de temperatura de los datos recogidos con el software.

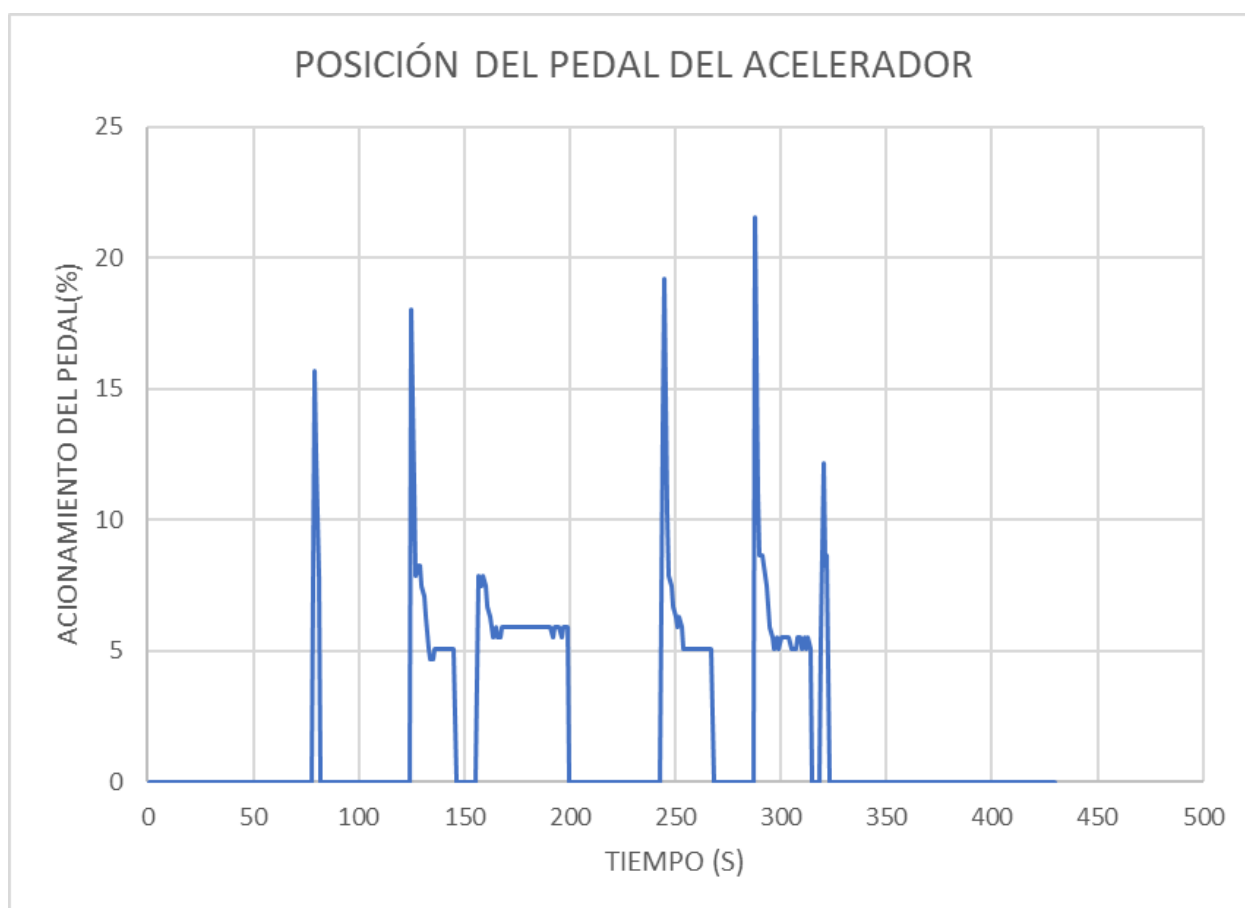


Posición del Pedal Acelerador

Los datos de la posición del pedal del acelerador son fundamentales para el análisis del desempeño, ya que permiten establecer una correlación entre el accionamiento del pedal y la respuesta del motor eléctrico. Esto nos permite entender cuál es la estrategia de la gestión de la energía del sistema de propulsión híbrido, identificando en que situaciones de aceleración o de frenado el motor de combustión se encenderá o apagará, según sea la condición de manejo que es gestionado por el sistema, así optimizando el uso de la energía.

Figura 32

Gráfica del pedal de acelerador con los datos recogidos con el software.

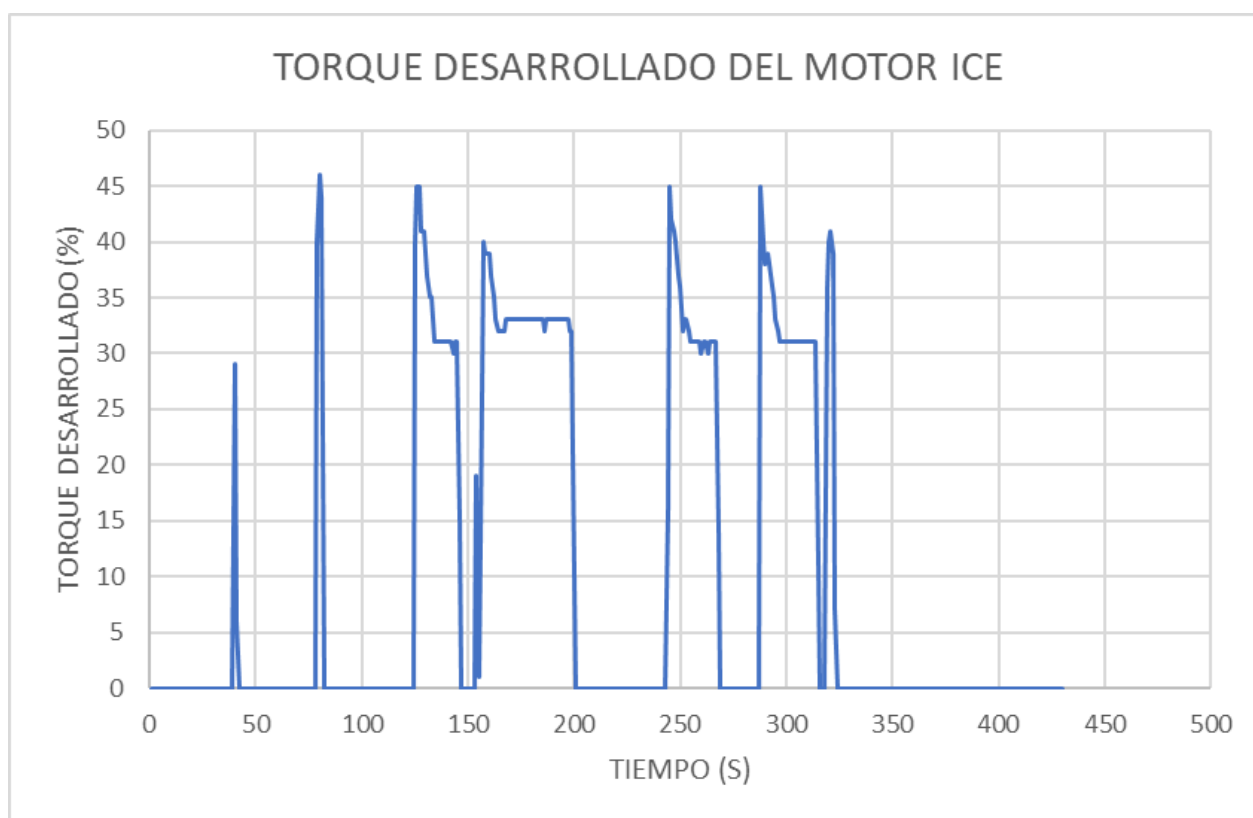


Torque Desarrollado por el Motor de Combustión

La recopilación de los datos del torque desarrollado por el motor de combustión será útil para evaluar la potencia que el motor transmite a la tracción del vehículo. Esto facilita la identificación de las condiciones en las cuales el motor entrega la mayor potencia durante el desplazamiento del vehículo. En la Figura 32 y Figura 33 figura respectivamente se representan los datos respecto al torque que desarrolla el motor donde se presenta el porcentaje del accionamiento del pedal y medida del torque desarrollado del motor en base al tiempo.

Figura 33

Grafica del torque del motor con los datos recogidos con el software.

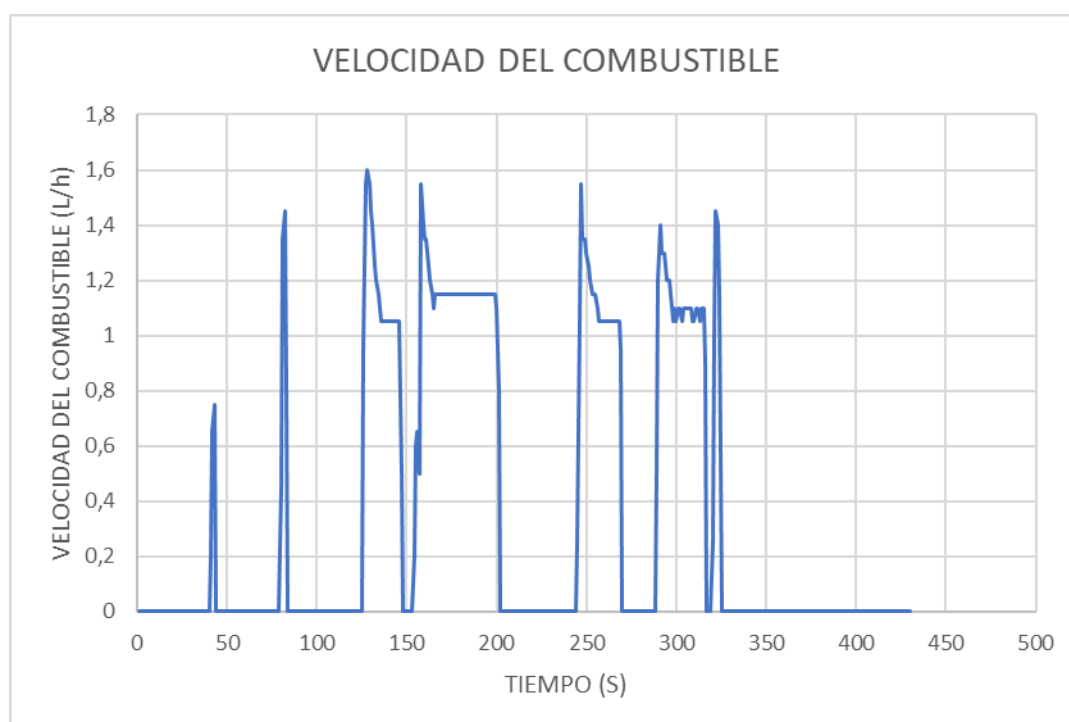


Velocidad del Combustible

La velocidad del combustible es un parámetro relevante para analizar el desempeño del motor de combustión, ya que permite evaluar el consumo de combustible en las diversas condiciones de operación del motor. Esto va a incluir que se permita identificar en aquellas condiciones en las que el vehículo requiere mayor cantidad de combustible según sea el comportamiento del vehículo con respecto la velocidad o accionamiento del acelerador y carga de la batería. Según se observa en la Figura 34 los datos de la velocidad de combustible viene dado por la unidad de litros sobre hora porque para analizar el consumo se ha de requerir cual tiempo que se ha recorrido.

Figura 34

Gráfica de la velocidad del combustible con datos obtenidos por el software

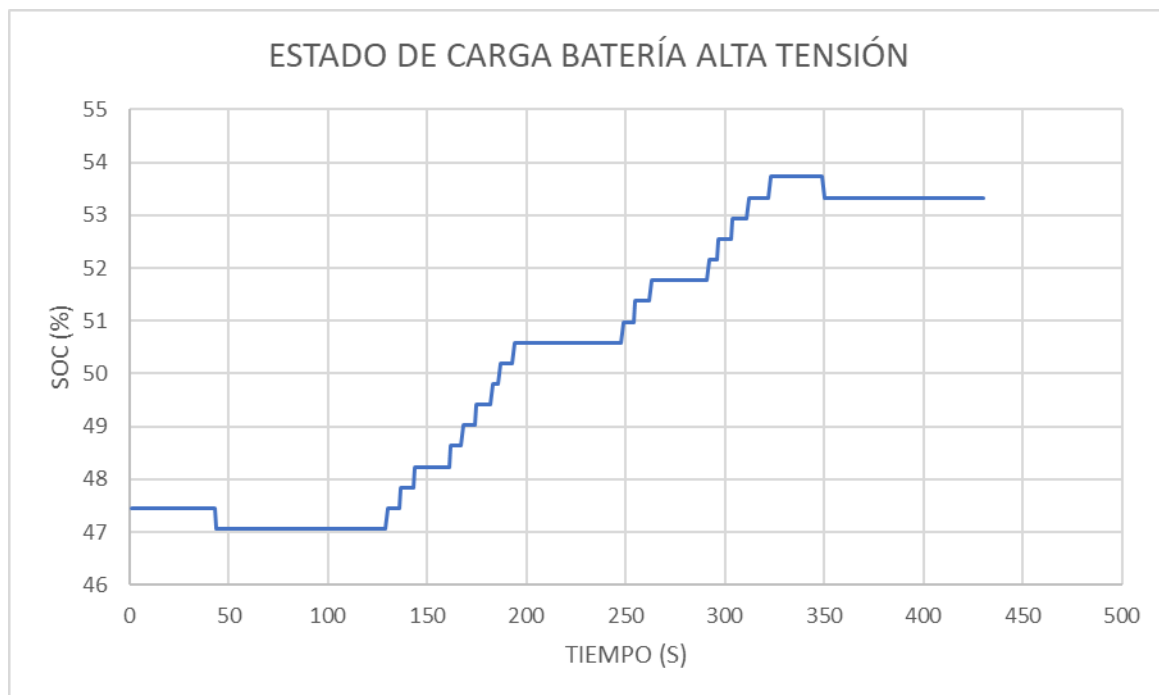


Estado de Carga de la Batería

El conocimiento del estado de carga de la batería de alta tensión es importante, ya que proporciona información relevante sobre el comportamiento bajo diversas condiciones de manejo y según estrategias de funcionamiento del sistema híbrido. Esto incluye asegurarse que el sistema de gestión de la batería evite que este alcance un estado de carga del 0%. Además, permite observar cómo se gestiona la carga y descarga en respuesta al accionamiento del motor eléctrico o del motor de combustión, que actúa como generador para recarga de las baterías. También se puede identificar que, ante situaciones de desaceleración o de frenado, se evidencia que el sistema híbrido a través de la gestión entra en un modo de frenado regenerativa que ayuda a la carga de la batería.

Figura 35

Gráfica del estado de carga de la batería de alta tensión extraídos con el software

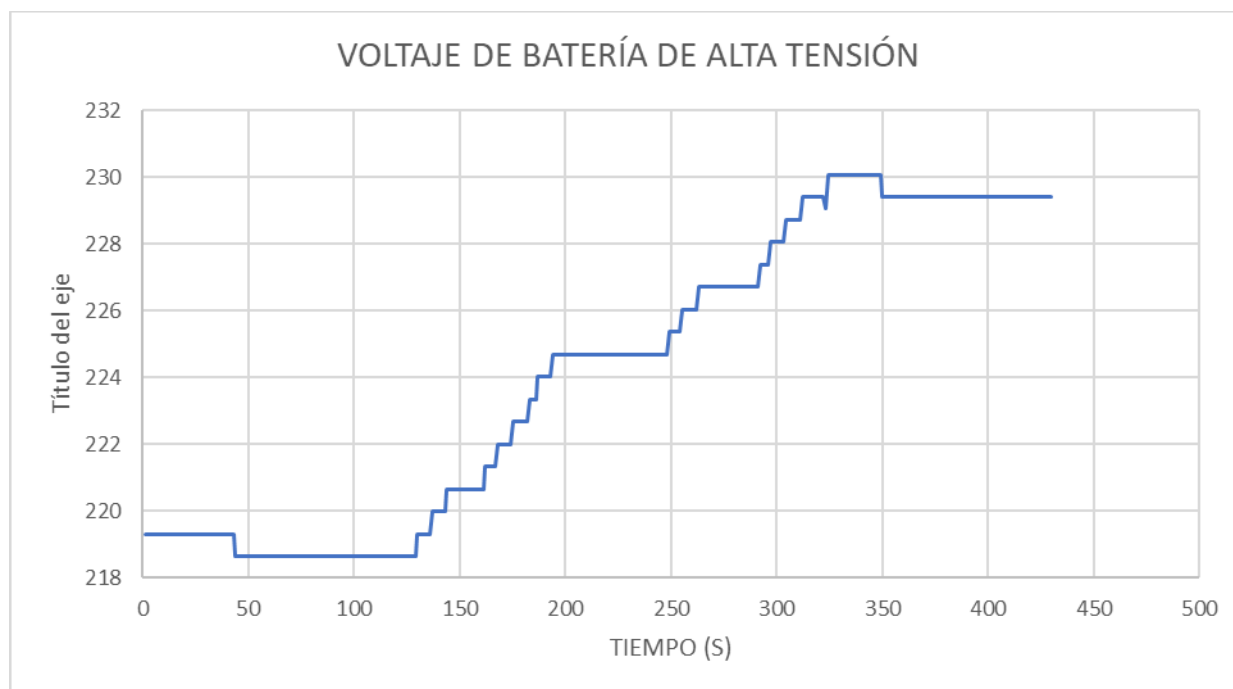


Voltaje de la Batería

El voltaje de la batería de alta tensión es un parámetro crítico para determinar el rendimiento del motor eléctrico en la propulsión del vehículo. Junto a los datos de corriente consumida, permite establecer la demanda de potencia en diversas situaciones de conducción. El voltaje de la batería, al ser controlado por el sistema de propulsión híbrido, está directamente relacionado con el estado de carga de la batería, operando de manera proporcional a este parámetro.

Figura 36

Gráfica de el voltaje se la batería de alta tensión de datos obtenidos con el software



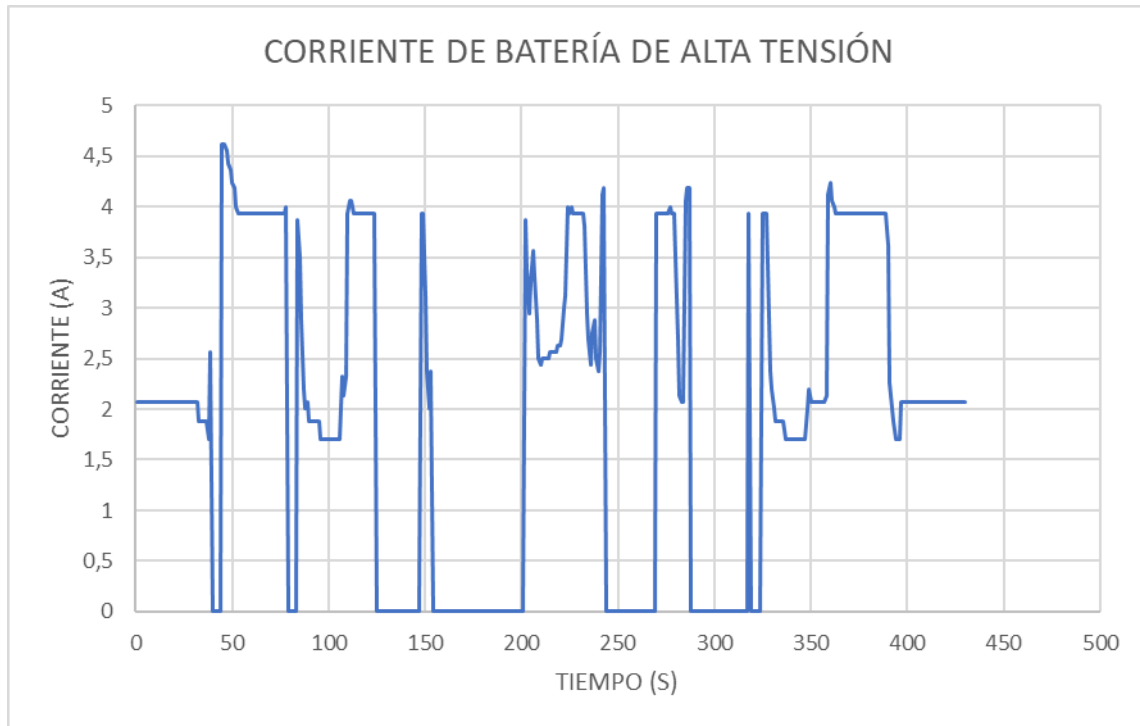
Corriente de la batería

La medición de la corriente es fundamental para el análisis, pues se correlación con el voltaje de la batería de alta tensión, ambos datos de corriente y voltaje de la batería son indispensables para determina la potencia eléctrica utilizada por el motor eléctrico. Además, permite comprobar la estrategia de gestión de energía del sistema propulsión híbrido. Se observa que el consumo de energía es proporcional a la velocidad del vehículo, resultado en una corriente de consumo. Al momento que el sistema detecta que el estado de carga de la batería está por debajo del mínimo,

activa el motor de combustión para recarga de la batería, momento en el cual la corriente consumida será cero o al momento que el motor a combustión suministra directamente la energía a la batería para accionar el motor eléctrico.

Figura 37

Gráfica de la corriente de la batería con datos extraídos del software



Comparación de Parámetros de Funcionamiento para Establecer Métricas de

Desempeño

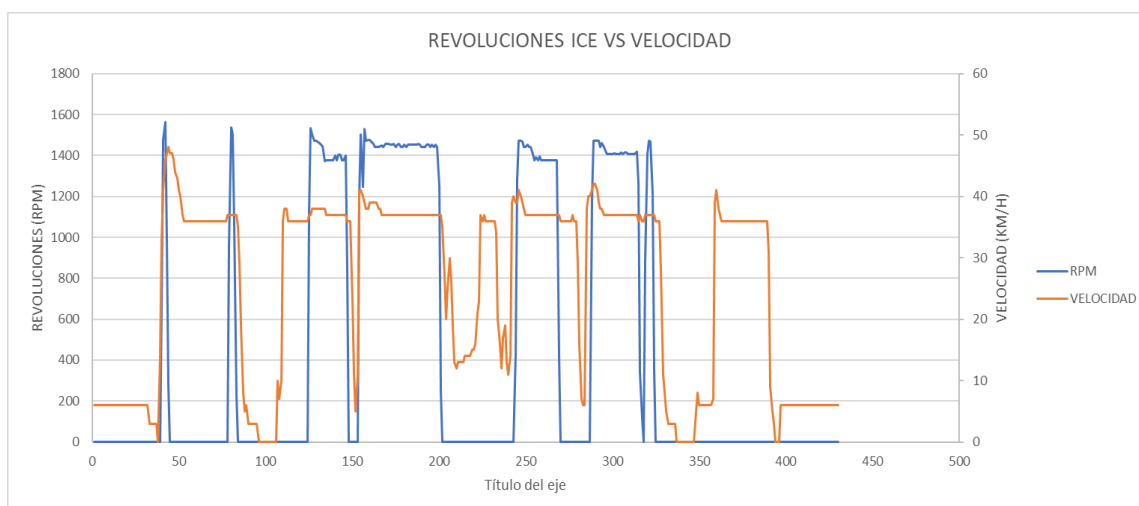
La comparación de los datos recopilados de los parámetros de funcionamiento facilitará contrastar los resultados de desempeño a través de la evaluación entre parámetros recopilados. La idea central es de obtener resultados más relevantes y significativos del desempeño del vehículo. A continuación, se plantean las siguientes comparaciones entre parámetros:

Revoluciones vs Velocidad

La comparación entre las revoluciones del motor de combustión y la velocidad del vehículo se busca contrastar a qué velocidad el motor de combustión contribuye al sistema de propulsión eléctrica del vehículo. Como se observa en la Figura 38 en aceleraciones bruscas desde 5km/h hasta 45 km/h se evidencia que el motor a gasolina se enciende para suministrar más potencia al tren propulsor, manteniéndose en 1400 rpm para mantener dicha velocidad y al momento de disminuir la velocidad el motor se vuelve a apagar.

Figura 38

Gráfica de Revoluciones vs Velocidad

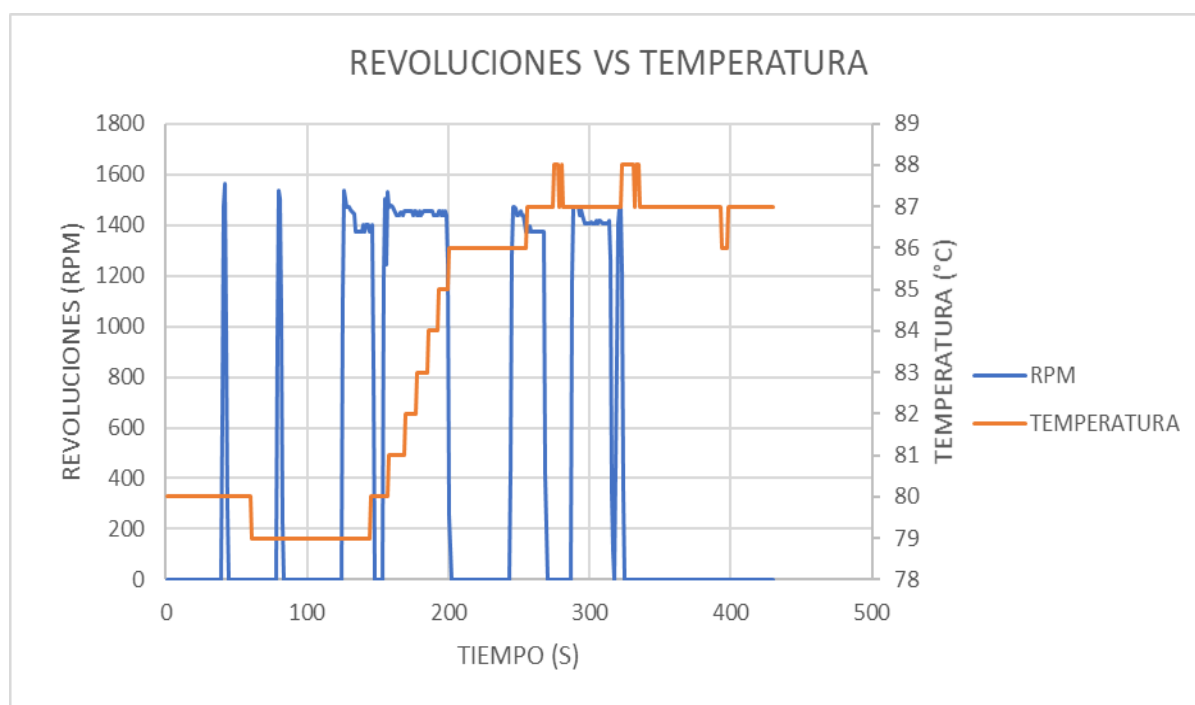


Revoluciones vs Temperatura del Motor de Combustión

La correlación entre la temperatura del motor y las revoluciones del motor se utilizó principalmente para verificar la temperatura de operación del motor de combustión cuando el sistema de control de propulsión híbrido requería encenderlo. Para la evaluación del desempeño basada en la temperatura se analiza entre la temperatura y revoluciones. Como se observa en la Figura 39 la prueba se comenzó con una temperatura de 80 °C, alcanzando un pico de 88°C y manteniéndose en 87°C después de haberse encendido el motor.

Figura 39

Comparación entre datos de posición de pedal con revoluciones



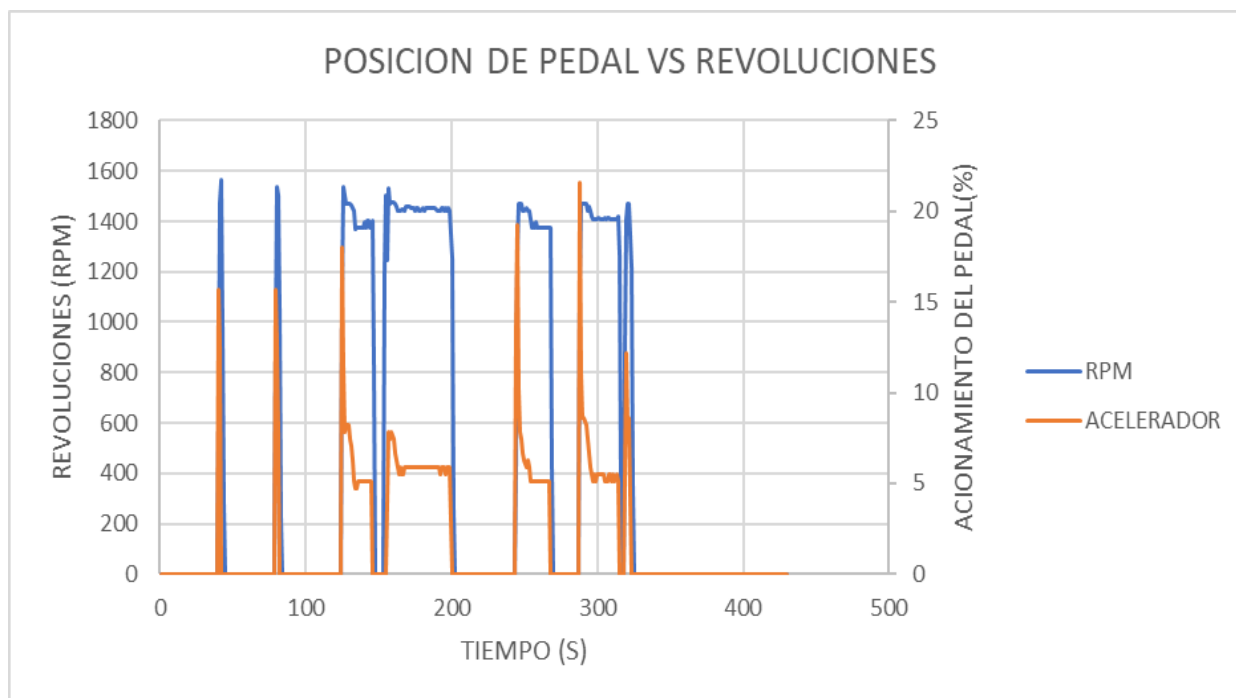
Pedal Acelerador vs Revoluciones del Motor

En el análisis del desempeño, la evaluación de la posición del pedal del acelerador en relación con las revoluciones del motor es fundamental para comprender la demanda de potencia, según se observa en la Figura 40 se confirma según los analizado el parámetro velocidad y revoluciones que el sistema propulsión híbrido al momento de detectar un cambio brusco, como

se observa en la Figura 40 al momento que se acciona el pedal del 0% a un 20% del recorrido se encenderá el motor a combustión para apoyar al motor eléctrico.

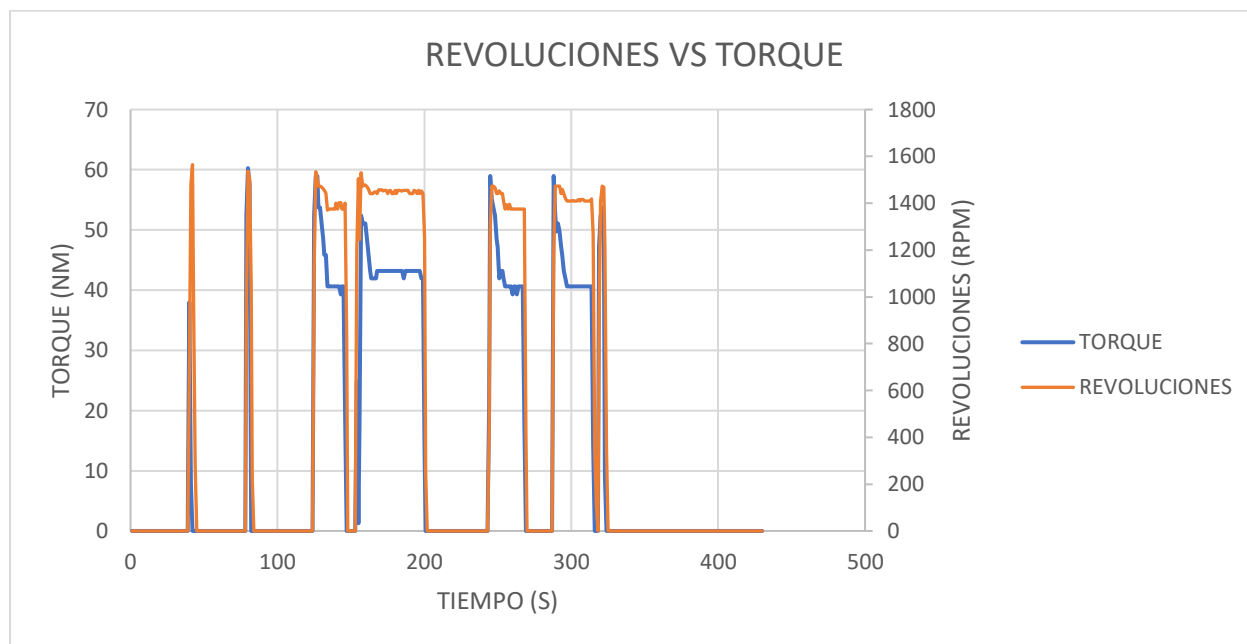
Figura 40

Comparación entre Datos de Posición de Pedal con Revoluciones el Motor



Torque Desarrollado por el Motor de Combustión vs Revoluciones

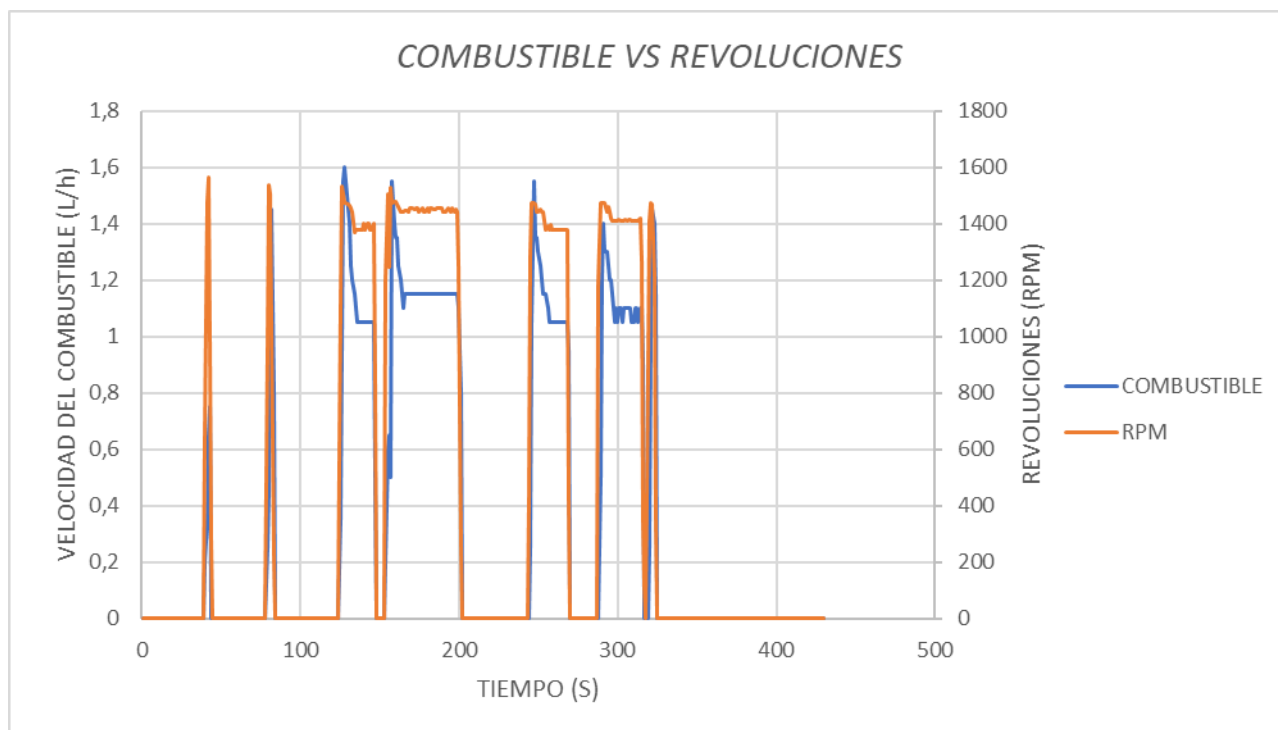
En cuanto al desempeño del motor de combustión, se analiza cual es la potencia desarrollada para la propulsión del vehículo. Tomando en cuenta el parámetro del torque generado por el motor en relación con las revoluciones del motor, se obtiene la potencia. Como se observa en la Figura 41, el torque máximo desarrollado fue de 60 Nm, lo cual representa el 45% del par total a un régimen de 1500 rpm, equivalente a 9,4 kW de potencia.

Figura 41*Comparación entre datos de Revoluciones vs Torque****Velocidad del Combustible vs Revoluciones***

Otro análisis de desempeño se enfoca en el consumo, particularmente en el consumo de combustible. Para ello, se analiza el parámetro de la velocidad del combustible en relación con las revoluciones. Como se muestra en la Figura 42, la inyección de combustible aumenta a medida que sube las revoluciones, considerando el tiempo en el que el motor se mantuvo encendido y velocidad del combustible se estimó que en la prueba realizada hubo un consumo de 1.43 litros de combustible que podemos observar en la figura 42.

Figura 42

Comparación entre Datos de Velocidad del combustible vs revoluciones

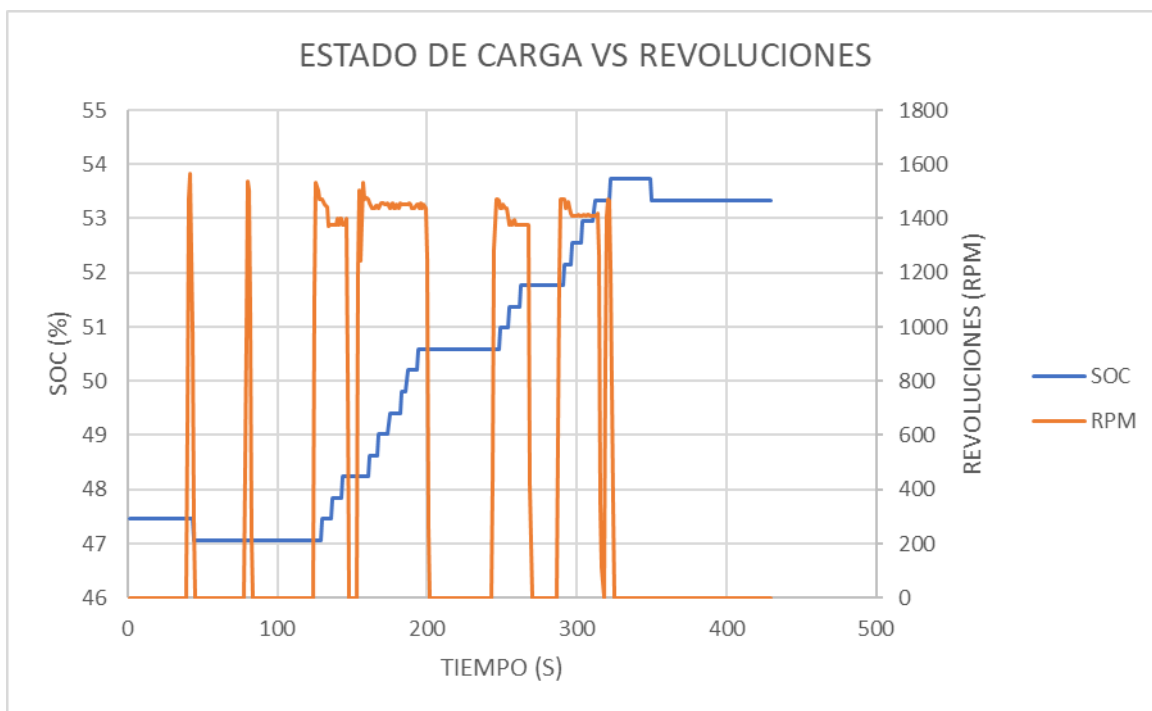


Estado de Carga vs Revoluciones

En el contexto de desempeño del sistema eléctrico, se observa que el nivel de carga de la batería de alta tensión varía conforme el accionamiento del motor de combustión en modo de generador de energía, ya que se requiere mayor energía por el motor eléctrico a medida que aumenta la velocidad. En la Figura 43 se identifica los momentos en los cuales el estado de carga de la batería aumenta al encender el motor a combustión y permanecer estado carga constante al momento que no se acciona. Durante la prueba, se registró un aumento del 6% en la carga de la batería durante los 2 minutos y 33 segundos de operación del motor de combustión.

Figura 43

Comparación entre datos de Estado de carga vs Revoluciones del motor

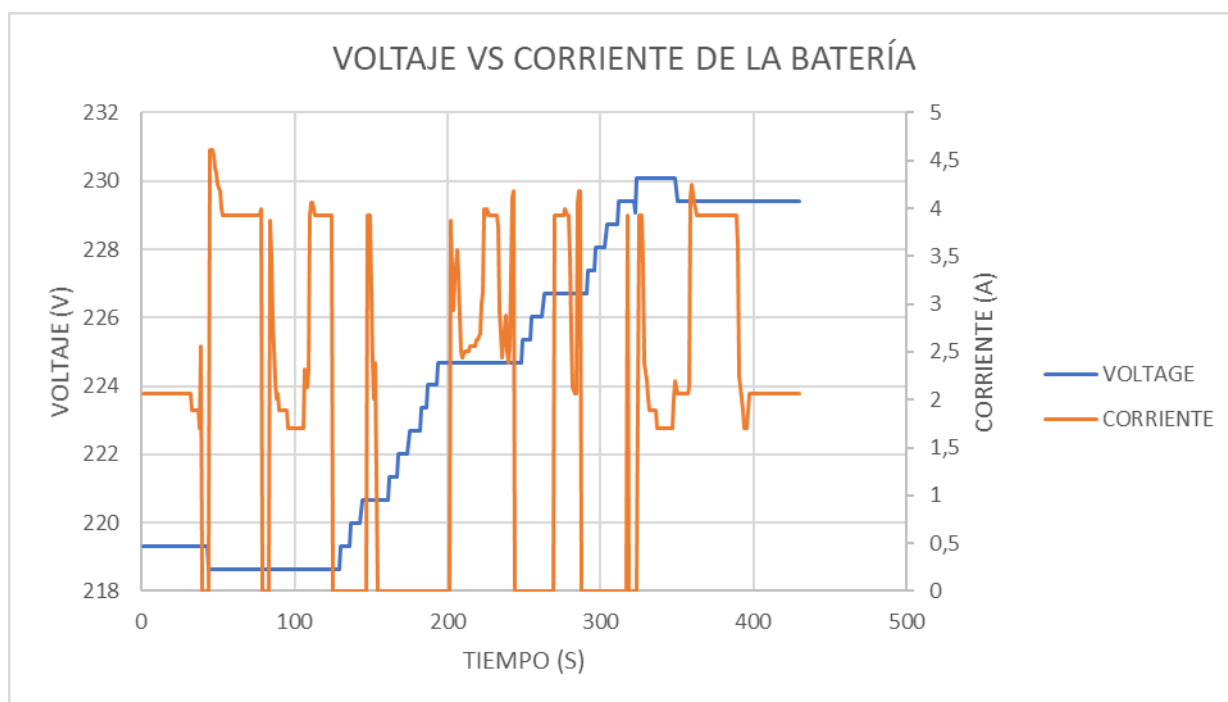


Voltaje vs Corriente

Otro de los resultados de desempeño a considerar, derivado de los parámetros de funcionamiento de la batería en el sistema eléctrico, es la potencia suministrada por la batería al motor eléctrico. El análisis del desempeño se obtiene a partir de la corriente consumida y el voltaje de la batería de alto voltaje, que ambos están relacionados directamente con el estado de carga de la batería. Al analizar los datos obtenidos según se observa en la Figura 44, se determina que la potencia suministrada al motor eléctrico, al momento que la batería tenía un estado de carga del 47.5 %, alcanzaba picos de potencia de 876 watts. Posterior a la recarga de la batería, con un estado de carga del 53.5 % , la batería alcanzaba picos de 920 watts.

Figura 44

Comparación entre datos de Voltaje vs Corriente



Conclusiones

En este proyecto técnico, se resaltó inicialmente la importancia del marco teórico para comprender las configuraciones y modos de operación del tren propulsor híbrido, así como las estrategias de gestión de energía. También se abordó la función del puerto de diagnóstico OBD II en los vehículos, esencial para la comunicación entre dispositivos de diagnóstico externo, permitiendo la observación de códigos de fallo y funciones como el modo 01, para la lectura de datos en tiempo real. Otra consideración importante fue el protocolo CAN, se verificó que el protocolo utilizado por el vehículo bajo el estándar ISO 15765-4, fundamental para comprender la estructura de las tramas CAN. En cuanto al estado de arte, se investigó a profundidad los equipos y algoritmos utilizados para la adquisición de datos en tiempo real a través del puerto de diagnóstico. La comunicación entre dispositivos y unidades del vehículo se ha logrado por medio de la comunicación serial, donde las tramas de datos en formato CAN sigue una estructura y responden a un PID solicitado, que a través de seguir una metodología se puede entender aquellos datos contenidos en bytes, para así obtener a través de una conversión matemática una unidad comprensible para su evaluación.

La investigación previa proporcionó las bases para el desarrollo del software, implementado una metodología basada en la investigación de proyectos relacionados con la comunicación serial. Así como la selección de equipos adecuados, incluyendo el dispositivo OBD Link, que actúa como un puente para lectura de datos del CAN Bus y la transferencia al software de lectura de datos. Para poder obtener datos precisos, fue crucial comprender la estructura de la trama CAN, la que incluye un identificador al inicio de tres unidades: 7E8 (Unidad de control del motor), 7EA (Unidad de control del sistema híbrido) y 7EE (unidad de control de sistemas a bordo). Las unidades críticas para el análisis son la del motor de combustión y el sistema de

propulsión híbrido. Así mismo la trama especifica la longitud de los bytes de datos y el modo de operación 01, y el resto de bytes restantes dependen del PID solicitado, donde los bytes que contienen los datos se clasifica en A, B, C y D respectivamente. Entendiendo la estructura del mensaje, se utiliza un software que recolecta los datos al ingresar los comandos de lectura, realizando conversión de los datos contenidos en los bytes en unidades compresibles de los parámetros a evaluar, dichos datos recibidos están sincronizados con el estado del vehículo. Al final del capítulo 2 se detalla la estrategia para el desarrollo del software, explicando cómo se recibió, interpreto y almaceno la información en tiempo real.

Finalmente, el software desarrollado nos ha permitido monitorear en tiempo real y registrar datos para análisis posteriores. Según la prueba realizada, se analizó los parámetros como: velocidad del vehículo, revoluciones del motor de combustión, temperatura de funcionamiento del motor de combustión, posición del pedal del acelerador y velocidad de combustible. En cuanto al sistema de propulsión eléctrica, se obtuvieron datos del estado de carga, voltaje y corriente de la batería para evaluar el desempeño del motor eléctrico. Los resultados mostraron que las revoluciones del motor y la velocidad del vehículo actúan de manera proporcional. Entendiendo que cuando la velocidad excede los 5km/h, el motor de combustión contribuye al desplazamiento, manteniéndose a un régimen de giro casi estable de 1400 revoluciones. Respecto a la temperatura del motor se mantuvo en una temperatura de 80 °C a una velocidad máxima de 45 km/h y como máximo de 88 °C . Además, al analizar la relación entre el pedal de acelerador respecto a las revoluciones, se obtuvo que el motor de gasolina es activado al momento que detecta un cambio brusco en la posición del pedal ,específicamente de 0% a 20% del recorrido. De tal forma que al torque máximo desarrollado por el motor de gasolina fue de 60 Nm, lo cual representa el 45% del par total a un régimen de 1500 rpm, traduciéndose a una potencia de 9,4 kW. Por último, respecto

al desempeño del motor, tenemos el consumo de combustible, obteniendo que en las 7 ocasiones que se activó en el transcurso del tiempo, el consumo fue de 1.43 litros. Respecto al desempeño del sistema eléctrico, se obtuvo que el estado de carga en los momentos que el motor se activó, aumentó un 6% de carga en un periodo de 2:33 minutos, entendiendo que se necesitaría 18 minutos aproximados para llegar al 100% de carga de la batería. La última métrica es la potencia que suministra el motor eléctrico, viene dado por la corriente consumida y el voltaje de la batería, obteniendo que, a mayor carga de la batería, mayor será la potencia suministrada al motor, específicamente se obtuvo que a un 53.5 % de carga de la batería el motor desarrollo una potencia de 920 watts. Para concluir respecto a los parámetros analizados a través de la adquisición de datos por el software desarrollado, fue posible analizar para establecer métricas de desempeño referente al motor de combustión y motor eléctrico, según las estrategias de manejo de energía para el vehículo híbrido Toyota Corolla, donde la utilización del software puede ser útil en otros estudios relacionados al rendimiento o eficiencia en el campo de los vehículos híbridos de nuestro parque automotor.

Recomendaciones

Para aplicar el software en alguna aplicación similar de adquisición de datos mediante el puerto OBDII se recomienda probar los PIDs(identificadores de parámetros) que se quieran analizar ya que algunos PIDs son genéricos por normativa y hay algunos específicos de la marca del automóvil por lo que es crucial investigar esta información. Además, es importante verificar la estructura de la trama CAN recibida, ya que puede variar según la marca del vehículo y el protocolo de comunicación utilizado. Una programación incorrecta podría no ser adecuada para la estructura específica, lo que afectaría la adquisición de datos.

También se recomienda es que para aplicación en ruta es necesario montar la computadora en el vehículo y tenerla lo más cerca del dispositivo de Bluetooth para evitar desconexiones y lecturas erróneas si esta se encuentra fuera del rango de comunicación del dispositivo.

Bibliografía

- AEADE. (2023). Boletín de Ventas. *Aeade*.
- Adirinarso, D. (2023). No Title. *Nucl. Phys.*, 13(1), 104–116.
- AEADE. (2023). Boletín de Ventas. *Aeade*.
- Alejandro Bautista Gómez. (2018). *Proyecto Fin de Carrera Trabajo Fin de Grado Ingeniería Telecomunicación Grado de en Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación Formato de Publicación de la Escuela Técnica Reconocimiento facial basado en redes Superior de Ingeniería neuronales con*.
- Autel. (n.d.). *MaxiSYS MS908CV Heavy Duty* | Autel. 2024. Retrieved July 4, 2024, from <https://autel.com/us/product/maxisys-ms908cv/>
- Automotriz, M., & Eduardo Arévalo Calderón Angel Geovanny Ortega Ulloa Director, F. (2016). “*Desarrollo De Una Interfaz Para La Visualización Y Adquisición De Datos Provenientes De La Ecu a Través De Obd-II Mediante Un Dispositivo De Comunicación Serial Y Del Analizador De Gases Qrotech6000*.” 1–82.
- Čabala, M., & Gamec, J. (2013). Wireless Real-Time Vehicle Monitoring Based on Android Mobile Device. *Acta Electrotechnica et Informatica*, 12(4), 7–11. <https://doi.org/10.2478/v10198-012-0039-x>
- Calispa Procel, I. A., & García Suárez, S. A. (2022). *Análisis económico del consumo energético de un vehículo híbrido al moverse dentro del Distrito Metropolitano de Quito*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23443>
- Cazorla, D. A. (n.d.). *Proyecto Fin De Carrera*. <http://docplayer.es/3758361-Proyecto-fin-de-carrera.html>
- Guaman, J., Alexander, J., Samaniego, O., & Ismael, J. (2023). *I Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Carrera De Ingeniería Automotriz Análisis De La Demanda Energética Del Vehículo Toyota Corolla Híbrido Según Diferentes Condiciones De Manejo*.
- Martin Falch. (2023). *OBD2 Explained - A Simple Intro [2023]* – CSS Electronics. CSS Electronics. <https://www.csselectronics.com/pages/obd2-explained-simple-intro>
- Morales, C., & Antonio, C. (2005). *Desarrollo de un sistema educativo para la enseñanza del protocolo de comunicaciones CAN*.
- Olga, W. (n.d.). *Conectores OBD2 explicados. Conectores de las principales marcas de automóviles*. 12 Abril 2023. Retrieved June 27, 2024, from <https://www.flexihub.com/es/oobd2-pinout/>
- Park, C.-R., Jung, K.-K., & Eom, K.-H. (2011). Estimation of Fuel Consumption using Vehicle Diagnosis Data. *The Journal of the Korean Institute of Information and Communication Engineering*, 15(12), 2582–2589. <https://doi.org/10.6109/jkiice.2011.15.12.2582>
- René Gabriel, R. G. (2022). *Estudio del Consumo de Combustible en Carretera de un Vehículo*

Híbrido en Modo de Manejo Económico y Deportivo (GUAYAQUIL/UIDE/2022 (ed.); Issue 8.5.2017). <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/5017>

Robles-bykbaev, V. (2022). *Lecture Notes in Networks and Systems 607 Intelligent Technologies : Design and Applications for Society*.

Villén Macías, J. P. (2016). Simulador de la ECU de un vehículo con protocolo ISO 9141-2. *Universidad de Sevilla*, 80. [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/48672/Simulador de la ECU de un vehículo sobre OBDII con protocolo ISO 9141-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/48672/Simulador%20de%20la%20ECU%20de%20un%20veh%C3%ADculo%20sobre%20OBDII%20con%20protocolo%20ISO%209141-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

