



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**“Reprogramación de ECU’s de vehículos híbridos empleando un estándar de
interfaz (J2534)”**

Línea de investigación: Producción industrial y tecnología sostenible



AUTOR: Erick Anthony Puga Cumbal

DIRECTOR: Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc.

Ibarra-Ecuador

2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1726537135	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	PUGA CUMBAL ERICK ANTHONY	
DIRECCIÓN:		GUAYLLABAMBA, BARRIO BELLAVISTA, PANAMERICANA NORTE LOTE 4	
EMAIL:		eapugac@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	N/A	TELF. MOVIL	0979671670

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	REPROGRAMCIÓN DE ECU's DE VEHICULOS HÍBRIDOS EMPLEANDO UN ESTANDAR DE INTERFAZ (J2534)
AUTOR:	PUGA CUMBAL ERICK ANTHONY
FECHA:	12/05/2024
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AUTOMOTRIZ
DIRECTOR:	ING. IGNACIO BAYARDO BENAVIDES CEVALLOS MSc.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Erick Anthony Puga Cumbal, con cédula de identidad Nro. 1726537135, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 12 días del mes de mayo del 2025.

EL AUTOR:

Firma

Nombre: Erick Anthony Puga Cumbal



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 12 días del mes de mayo del 2025.

EL AUTOR:

Firma.....

Nombre: Erick Anthony Puga Cumbal



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

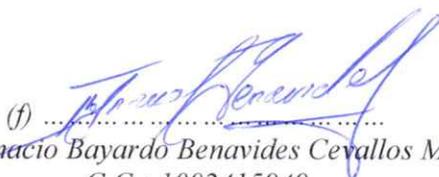
Ibarra, 12 de mayo del 2025.

Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) 
Ing. Ignacio Bayardo Benavides Cevallos MSc.
C.C.: 1002415949



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular **“REPROGRAMACIÓN DE ECU’S DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS EMPLEANDO UN ESTANDAR DE INTERFAZ (J2534)”** elaborado por Erick Anthony Puga Cumbal, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 
 MSc. Ignacio Benavides
 C.C.:1002415949

(f): 
 MSc. Paúl Hernandez
 C.C.:1002978060



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



DEDICATORIA

A mi madre, que ha sido mi mayor fuente de amor y apoyo incondicional. Gracias por tu paciencia, tus sacrificios y por enseñarme siempre a luchar por mis sueños. Eres mi mayor inspiración y no hay palabras suficientes para expresar lo agradecido que estoy por tenerte en mi vida.

A mi hermano, por ser mi compañero y aliado en cada etapa de mi vida. Tu apoyo constante y tus consejos me han impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por darme el valor de continuar en este camino.

A mis abuelitos, por su amor, sabiduría y fortaleza.

A toda mi familia, ustedes siempre han sido un pilar fundamental en mi vida, brindándome enseñanzas valiosas que atesoro profundamente. Gracias por su amor constante y por estar siempre presentes en mi vida.

Este logro es el reflejo de su amor y apoyo, y no habría sido posible sin ustedes.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por ser mi fuente de fuerza, sabiduría y paciencia durante todo este proceso.

A mi madre, quien ha sido mi mayor fuente de amor incondicional y apoyo constante. Gracias por siempre estar a mi lado, por enseñarme a ser perseverante y por brindarme la seguridad que necesitaba en los momentos más difíciles. Tu fe en mí y tu ejemplo de vida han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

A mi hermano, quien ha sido un pilar inquebrantable en todo este proceso. Gracias por tu respaldo, por tu paciencia y por estar siempre dispuesto a apoyarme con tu amor y consejos. Tu presencia en mi vida ha sido una bendición.

A mis abuelitos, especialmente a mi mamita María, por su amor y sabiduría que siempre me han orientado en los momentos más complejos de mi vida. Sus palabras y ejemplo me han mostrado el verdadero valor de la dedicación, la paciencia y el amor que no conoce límites.

A mis tías, a mi tía Nancy y a mi tía Luci, quienes con su cariño incondicional y palabras de aliento fueron una fuente constante de motivación para seguir adelante. Su presencia ha sido muy valiosa para mí y siempre llevaré en el corazón todo lo que han hecho por mí

A la Universidad Técnica del Norte, por proporcionarme una formación académica que ha sido esencial para el desarrollo de este proyecto. Agradezco a mi tutor, el Ingeniero Ignacio Benavides, por su dedicación, paciencia y valiosos consejos que me han guiado durante toda esta etapa. Al Ingeniero Andrés Cevallos, por sus consejos, su amistad y su apoyo en este proceso.



RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo describe el proceso de reprogramación de ECUS en un vehículo híbrido utilizando un estándar de interfaz J2534. Esta investigación se efectúa debido a la escasa información que existe sobre el proceso a seguir durante una reprogramación en un vehículo híbrido y así mismo cual es el impacto que esta presenta en el desempeño del vehículo. Para ejecutar la reprogramación se verificó que el vehículo cuente con actualizaciones disponibles en sus módulos para lo cual se utilizan los portales oficiales de la marca. Una vez comprobado que el vehículo cuente con actualizaciones se procedió a ejecutar las pruebas de rendimiento antes y después de reprogramar los módulos, las pruebas realizadas fueron dinamométricas y otra tomada a velocidad constante en la cual se registraron los datos del consumo de corriente del paquete de baterías. La actualización mediante el sitio oficial del fabricante se aplicó al módulo de control híbrido (ECU HV) mediante el software CUW (Calibration Update Wizard) y en caso para el ECM (Engine Control Module) se utilizó el software BitBox. De este modo se pudo notar que el impacto de la reprogramación hizo que el par tenga un incremento del 17,6 % y en el consumo del paquete de baterías existió una reducción del 24,31% lo que indica que la calibración pretende mejorar la eficiencia logrando alargar la vida útil del paquete de baterías.

Palabras clave: Reprogramación J2534, Toyota Prius, Interfaz J2534, Vehículos Híbridos, ECU HV.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**



ABSTRACT

This work describes the process of ECU reprogramming in a hybrid vehicle using the J2534 interface standard. This research was carried out due to the limited information available regarding the procedures to follow during reprogramming in a hybrid vehicle, as well as the impact this process has on vehicle performance. To carry out the reprogramming, it was first verified that the vehicle had available updates for its modules, for which the official manufacturer portals were used. Once confirmed, performance tests were conducted before and after reprogramming the modules. The tests included dynamometer measurements and another test at a constant speed, during which data on the current consumption of the battery pack was recorded. The update via the manufacturer's official website was applied to the hybrid control module (HV ECU) using the CUW (Calibration Update Wizard) software, and for the ECM (Engine Control Module), BitBox software was used. As a result, it was observed that the reprogramming had an impact, increasing torque by 17.6%, and reducing battery pack consumption by 24.31%, which indicates that the calibration aims to improve efficiency and extend the lifespan of the battery pack.

Keywords: J2534 Reprogramming, Toyota Prius, J2534 Interface, Hybrid Vehicles, ECU HV.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
 APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



LISTA DE SIGLAS

SAE. Society of Automotive Engineers - Sociedad de Ingenieros de Automoción.

CRDI. Common Rail Direct Injection - Inyección Directa por riel común.

ECU. Electronic Control Unit - Unidad de Control Electrónico.

ECM. Engine Control Module - Módulo de Control del Motor.

ECU HV. Unidad de control electrónico del sistema híbrido.

MG. Motogenerador.

DTC. Diagnostic Trouble Codes - Códigos de Avería.

OEM. Original Equipment Manufacturer - Fabricante de Equipo Original.

MCI. Motor de Combustión Interna.

MID. Multi-Information Display - Pantalla de información múltiple.

PWR. Power Mode – Modo de Potencia.

GTS+. Global TechStream Plus.

CAN. Controller Area Network - Red de área del controlador.

CUW. Calibration Update Wizard - Asistente de actualización de calibración.

Nm. Newton metros.

CID. Calibration Identification - Identificación de la calibración.

CSV. Comma Separated Values - Valores separados por comas.

FID. File Identifier – Identificador de archivo.

DLC. Data Link Connector - Conector de enlace de datos.

VIN. Vehicle Identification Number - Número de Identificación del Vehículo.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	19
INTRODUCCIÓN	19
1.1 Problema de investigación.	19
1.2 Objetivos	20
1.2.1. Objetivo General.....	20
1.2.2 Objetivos Específicos	20
1.4 Alcance.....	20
1.4 Justificación.....	21
CAPÍTULO II.....	22
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 Antecedentes	22
2.2 Toyota Prius	23
2.2.1 Historia del Prius	23
2.2.2 Transeje del vehículo Toyota Prius 3ra generación.....	25
2.2.2.1 Motogenerador 1	26
2.2.2.2 Motogenerador 2.....	26
2.2.2.3 Unidad de engranaje compuesto	27
2.2.3 Modos de manejo	28
2.2.3.1 Modo Normal.....	28
2.2.3.2 Modo EV.....	29
2.2.3.3 ECO.....	29
2.2.3.4 Modo PWR	29
2.3 Módulos encargados de la tracción en el Toyota prius 3G.	30
2.3.1 ECM	30
2.3.2 ECU HV	32
2.4 Protocolo J2534.....	33
2.4.1 J2534 – 1.....	33



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



2.4.2 J2534 - 2	34
2.4.3 Interfaz J2534	34
2.4.5 Techstream Lite	35
2.4.6 BitBox.....	36
2.4.7 Reprogramación de Módulos mediante J2534	37
CAPÍTULO III.....	38
MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1 Materiales.....	38
3.1.1 Interfaz Mongoose Plus	38
3.1.2 Software GTS+	39
3.1.3 Software BitBox	41
3.1.4 Toyota Prius 3ra Generación	42
3.1.5 Dinamómetro de chasis marca Vamag	43
3.2 Métodos	44
3.3 Proceso Metodológico.....	44
3.3.1 Estudio de interfaces J2534	46
3.3.2 Selección de la interfaz J2534	46
3.3.3 Selección del vehículo a reprogramar	48
3.3.4 Ejecución de la prueba de rendimiento antes y después de la reprogramación.....	51
3.3.5 Recolección de datos	53
3.3.6 Reprogramación del ECM.....	54
3.3.7 Reprogramación de la ECU HV	59
3.3.9 Análisis de Datos.....	64
CAPÍTULO IV.....	65
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1 Reprogramación del ECM.....	65
4.2 Reprogramación de la ECU HV.....	66
4.3 Resultados de las pruebas de rendimiento antes y después de la reprogramación.....	66



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



4.3.1 Resultados de prueba dinamométrica obtenida antes de reprogramación.....	69
4.3.2 Resultados de prueba dinamométrica obtenida después de reprogramación.	71
4.4 Análisis de resultados.....	73
4.4.1 Pruebas Dinamométricas.....	73
4.4.2 Prueba de Consumo de Corriente.	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
Conclusiones	78
Recomendaciones.....	80
Referencias Bibliográficas	81
ANEXOS.....	84



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Especificaciones del Toyota Prius</i>	24
Tabla 2. <i>Indicadores LED Mongoose – Plus</i>	39
Tabla 3. <i>Información y Requisitos de GTS+</i>	41
Tabla 4. <i>Características del Toyota Prius 3ra generación</i>	42
Tabla 5. <i>Especificaciones técnicas del dinamómetro</i>	43
Tabla 6. <i>Características de las interfaces J2534 que recomienda Toyota</i>	46
Tabla 7. <i>Resultado de prueba par/potencia antes de ser reprogramado</i>	71
Tabla 8. <i>Resultado de prueba par/potencia después de ser reprogramado</i>	73



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Toyota Prius 2010.</i>	24
Figura 2 <i>Transeje de Toyota Prius 2010.</i>	25
Figura 3 <i>MG1 toyota prius 3G.</i>	26
Figura 4 <i>MG2 toyota prius 2010.</i>	27
Figura 5 <i>Conjunto de Engranajes.</i>	28
Figura 6 <i>Modos de Manejo Prius 2010.</i>	30
Figura 7 <i>ECU Automotriz.</i>	31
Figura 8 <i>ECU HV de Toyota Prius 3ra generación.</i>	32
Figura 9 <i>Comunicación de ECU a través de un dispositivo Pass-Thru.</i>	33
Figura 10 <i>Módulo de control de carrocería.</i>	34
Figura 11 <i>Interfaz Mongoose - Plus J2534.</i>	35
Figura 12 <i>GTS+ Software lite kit.</i>	36
Figura 13 <i>Ventana del software Bitbox.</i>	36
Figura 14 <i>Interfaz J2534 conectada a un pc.</i>	37
Figura 15 <i>Ventana de GTS+</i>	40
Figura 16 <i>Flujograma de la Metodología.</i>	45
Figura 17 <i>Interfaz J2534 seleccionada.</i>	48
Figura 18 <i>Resultado de verificación de salud de Toyota Prius 3G.</i>	49
Figura 19 <i>Consulta de Actualización en prius 3G en la página de toyota.</i>	50
Figura 20 <i>Toyota Prius 3ra Generación.</i>	50
Figura 21 <i>Punto de sujeción.</i>	51
Figura 22 <i>Toyota Prius sobre dinamómetro marca Vamag</i>	52
Figura 23 <i>Ingreso de datos en el software del dinamómetro.</i>	53
Figura 24 <i>Interfaz J2534 conectada al puerto DLC.</i>	54
Figura 25 <i>Selección de ECU en BitBox.</i>	55
Figura 26 <i>Identificación de la ECU en BitBox.</i>	56
Figura 27 <i>Conexión con servidor para instalar otra calibración con BitBox.</i>	57
Figura 28 <i>Escritura de calibración en el ECM.</i>	58
Figura 29 <i>Captura de calibraciones disponibles del control híbrido.</i>	59
Figura 30 <i>Ventada de CUW+ Conectar al vehiculo.</i>	60
Figura 31 <i>Actualización de calibración 1</i>	61
Figura 32 <i>Actualización de calibración 2.</i>	62
Figura 33 <i>Preparación para reprogramación calibración 3.</i>	63
Figura 34 <i>Verificación de Actualización.</i>	64
Figura 35 <i>Comparación de las calibraciones del ECM.</i>	65
Figura 36 <i>Verificación de calibraciones instaladas en el módulo de control híbrido.</i>	66
Figura 37 <i>Gráfica de prueba 1 Par/Potencia de Prius 3G antes de ser reprogramado.</i>	69
Figura 38 <i>Gráfica 2 Par/Potencia de Prius 3G antes de ser reprogramado.</i>	70



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 39	<i>Gráfica 3 Par/Potencia de Prius 3G después de ser reprogramado</i>	71
Figura 40	<i>Gráfica 4 Par/Potencia de Prius 3G después de ser reprogramado.</i>	72
Figura 41	<i>Consumo de Corriente a 30 km/h antes de la reprogramación.</i>	76
Figura 42	<i>Consumo de Corriente a 30 km/h después de la reprogramación.</i>	76



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Factor de corrección ISO 1585.</i>	67
Ecuación 2 <i>Ecuación barométrica internacional simplificada.</i>	67
Ecuación 3 <i>Potencia corregida.</i>	68



CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de investigación.

Los vehículos híbridos han ganado una gran aceptación debido a su capacidad para combinar un motor de combustión interna y un sistema de propulsión eléctrico, lo que da como resultado reducción de emisiones contaminantes y una eficiencia energética mayor a las de un vehículo de combustión interna. Sin embargo, para aprovechar al máximo el potencial que presentan los vehículos híbridos, es necesario estar informado del impacto que presentan las diferentes reprogramaciones de los módulos que posee el vehículo ya que con eso puede mejorar tanto su rendimiento de combustible, potenciación y reducción de emisiones contaminantes. Así como en algunos casos existen averías, DTC's que no se pueden solucionar más que con una simple reprogramación.

Existen investigaciones relacionadas a reprogramaciones utilizando interfaces J2534, pero es escasa la información con respecto a reprogramaciones de módulos del ECM y ECU HV en vehículos híbridos, por este motivo, se plantearon las siguientes preguntas de investigación.

¿Cuál es proceso por seguir para realizar una reprogramación a través de una interfaz J2534 satisfactoriamente en un vehículo híbrido?

¿Cuál es el impacto de una reprogramación de los módulos ECM y ECU HV en un Toyota Prius 3G?



1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Reprogramar los módulos ECM y ECU HV del vehículo híbrido Toyota Prius 3G mediante el uso de una interfaz J2534.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudiar el uso de las interfaces J2534 basándose en el estado del arte para conocer su correcto funcionamiento.
- Realizar la reprogramación J2534 – 1 del módulo ECM.
- Realizar la reprogramación J2534 – 2 de la ECU HV.
- Evaluar el desempeño del vehículo Toyota Prius 3G, antes y después de la reprogramación de los módulos ECM y ECU HV.

1.4 Alcance

La electrónica de los vehículos es más notoria con el pasar de los años, es más, si se trata de un vehículo híbrido, estamos hablando de un vehículo que incorpora sistemas que funcionan con una gestión electrónica muy avanzada debido a la gran cantidad de módulos que se comunican entre sí para lograr un correcto funcionamiento dentro del vehículo. Es por esta razón que el presente proyecto se enfoca en la reprogramación de los módulos ECM y ECU HV. La reprogramación se realizará mediante una interfaz J2534 Mongoose-Plus MFC3 debido a su fácil manejo y seguridad en cuanto a operaciones como reflash de algún módulo descargando las calibraciones desde las páginas de cada fabricante. El vehículo en el que se efectuará las reprogramaciones será un Toyota



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Prius de 3G. Las pruebas que se realizarán en el vehículo serán dinamométricas, en las cuales se obtendrán las curvas respectivas de par y potencia. También se tomará el consumo de corriente del paquete de baterías durante un minuto a 30 km/h para poder realizar un análisis de los resultados obtenidos.

1.4 Justificación

El presente proyecto proporciona información confiable en cuanto a cómo se realiza el proceso de reprogramación de los módulos ECM y ECU HV de un vehículo híbrido a través de una interfaz J2534 y de igual manera los cambios que esta presenta en el desempeño del vehículo, cumpliendo de esta manera con una de las primicias del Plan de Creación de Oportunidades 2021 - 2025. El cual explica, en el Eje 2. Denominado, “Económico”. Resaltando en el objetivo 1. “Incrementar y fomentar, de manera inclusiva, las oportunidades de empleo y las condiciones laborales” mediante la adquisición de conocimiento para posteriormente fomentar el emprendimiento y así cumplir con una de las metas de este eje denominada “Reducir la tasa de desempleo juvenil (entre 18 y 29 años) de 10,08% a 8,17% [1]

Logrando que los lectores tomen interés sobre el procedimiento que se debe realizar para ejecutar una reprogramación en un vehículo híbrido utilizando una interfaz J2534 y los beneficios que este tipo de intervención aporta en el desempeño del vehículo, logrando que los amantes del mundo automotor, mecánicos o cualquier persona se incentive en prestar estos servicios en sus talleres o iniciar su propio negocio.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

El protocolo SAE J2534 estándar, nace a consecuencia de la regulación gubernamental en el país de Estados Unidos. Estas normas tienen como objetivo que los fabricantes no impongan restricciones al acceso de la información y deban garantizar la prestación de servicio a todos los vehículos sin excepciones ni ocultamientos. Es por esta razón que por medio del protocolo J2534, se posibilita la interacción entre un ordenador y un automóvil. A través de un equipo denominado Pass Thru, esté equipo actúa como una llave de acceso y otorga la posibilidad de acceder al software de calibración del vehículo [2].

[3] S. A. Hernández Pantoja en su proyecto de tesis explican que su investigación presenta demostrar las diferentes técnicas de diagnóstico y programación de módulos, es así que se lleva a cabo el diagnóstico de los vehículos Toyota Prius, Hyundai Ioniq y Toyota Highlander utilizando tres tipos de interfaces compatibles con el protocolo de comunicación J2534, con el fin de realizar un diagnóstico de los vehículos que se reprogramaron para un óptimo funcionamiento.

[4] P. B. Celi Vélez y D. F. Montesdeoca Montesdeoca en su proyecto de investigación muestran la mejora del rendimiento del Hyundai Getz 1.5 CRDI a través de la reprogramación de la unidad de control electrónica (ECU) original utilizando la conexión OBD II, con el objetivo de lograr un aumento en la eficiencia del motor, considerando la altitud de la ciudad de Cuenca. Como primeros resultados de su proyecto, obtuvieron un incremento de potencia de alrededor de 10 caballos de



fuerza y un aumento de torque de aproximadamente 30 Nm, al mismo tiempo que se minimiza el incremento de emisiones contaminantes y se logra una reducción en otras.

[5] E. E. Moreno expone que su proyecto abarca una investigación exhaustiva sobre la reprogramación total de la unidad de control electrónico (ECU) con el objetivo de obtener un aumento de potencia en un Volkswagen Golf 5 1.4 TSI de 122CV. El autor siguió una serie de ensayos para poder llevar a cabo esta modificación. Como resultado de esta modificación en la centralita, se consiguió incrementar la potencia del vehículo en un 19% y el par motor en un 29%.

2.2 Toyota Prius

2.2.1 Historia del Prius

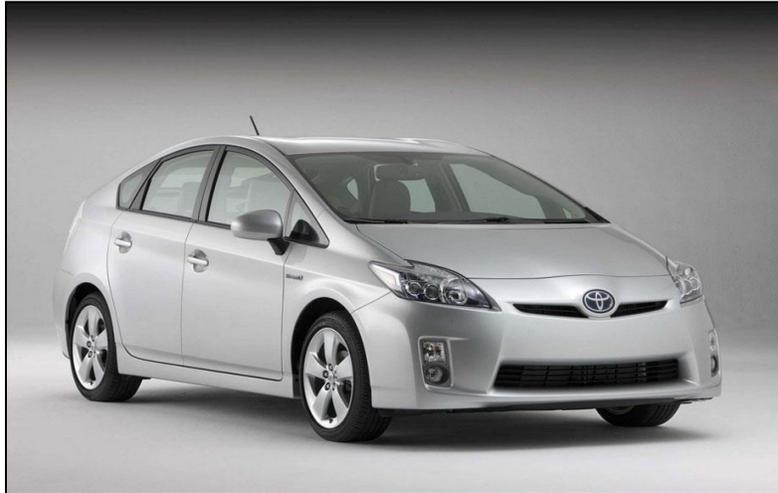
La primera generación del Toyota Prius se produjo entre 1997 y 2003 mientras que los años de fabricación de la segunda generación abarcan desde 2004 hasta 2009, en el presente trabajo de investigación se estará tratando acerca del vehículo toyota prius 3G el cual se lo puede apreciar en la Figura 1 que pertenece al primer año de producción de esta tercera generación. En cuanto a la eficiencia de combustible, se reporta que este último modelo mencionado ha mejorado en comparación con el prius de segunda generación, con una estimación 21 kilómetros por litro (km/l) para condiciones de uso en ciudad y 20.4 km/l para condiciones en carretera[6].



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
 APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 1
Toyota Prius 2010.



Tomado de: TopSpeed[7].

Tabla 1.

Especificaciones del Toyota Prius.

	1ra Gen	2da Gen	3ra Gen
Años de Producción	1997-2003	2004-2009	2009-2013
Cilindraje	1,5 litros	1,5 litros	1,8 litros
Par	115 Nm	115 Nm	142 Nm
Relación de compresión	13:1	13:1	13:1
Potencia Motor Eléctrico	44 Hp	68 Hp	82 kW
Par Máximo Motor Eléctrico	350 Nm	400 Nm	207 Nm
Tensión Máxima Baterías	273,6 V	201,6 V	202 V
Capacidad baterías	6,5 Ah	6,5 Ah	6,5 Ah
Numero de Celdas(módulos)	38	28	28
Densidad de Potencia (W/kg)	1000 W/kg	1300 W/kg	1310 W/kg



Densidad de Energía (Wh/kg)	46 Wh/kg	46 Wh/kg	44 Wh/kg
Cx	0,29	0,26	0,25
Consumo medio (l/100km)	5,1 litros	4,3 litros	3,9 litros
Peso del vehículo	1326 kg	1315 kg	1495 kg

Obtenido de: AutoData [8], [9], [10].

2.2.2 Transeje del vehículo Toyota Prius 3ra generación.

El sistema de transmisión del Toyota Prius o también llamando transeje incluye un conjunto de engranajes planetarios que regulan y combinan la potencia del motor de combustión interna y uno o más motores eléctricos según lo requieran las ruedas delanteras. De igual manera incorporan sensores de revoluciones y temperatura que son gestionados por una ECU.

Figura 2
Transeje de Toyota Prius 2010.





2.2.2.1 Motogenerador 1

MG1 suele ser más pequeño que MG2, ya que no es el responsable de proporcionar tracción al vehículo. Su función principal es recargar el paquete de baterías de alta tensión utilizando el movimiento generado por el Motor de Combustión Interna (MCI). Además, suministra energía eléctrica para la activación de MG2 y actúa como motor de arranque del MCI.

Figura 3

MG1 toyota prius 3G.



Tomado de: Technician Handbook [11].

2.2.2.2 Motogenerador 2

MG2 y el MCI pueden colaborar en conjunto para propulsar el vehículo dependiendo de la condición de funcionamiento en la que se encuentre o simplemente a bajas velocidades lo propulsa MG2 logrando una movilidad netamente eléctrica. La integración de las notables características de torque del MG2 (207 Nm) contribuye a alcanzar un rendimiento dinámico sobresaliente, que se refleja en un arranque y una aceleración suave. En el proceso de frenado regenerativo, el MG2



transforma la energía cinética en energía eléctrica, la cual se almacena en el paquete de baterías de alta tensión.

Figura 4

MG2 toyota prius 2010.



Tomado de: Technician Handbook [11].

2.2.2.3 Unidad de engranaje compuesto

Esta unidad es un tren de engranajes epicicloidales (también conocido como “dispositivo de división de potencia”), lo que permite que los dos motores-generadores se encuentren en una única unidad de transmisión que está unida al motor. Además, hay acoplamientos especiales y sensores que monitorean la velocidad de rotación de cada eje y el par total en los ejes de transmisión, proporcionando información de retroalimentación a la unidad de control[12].

El conjunto de engranajes compuestos también comprende el engranaje de retroceso y el engranaje de bloqueo de estacionamiento.



Figura 5
Conjunto de Engranajes.



Tomado de: Prius dispositivo repartidor de potencia [13].

2.2.3 Modos de manejo

2.2.3.1 Modo Normal

El sistema Hybrid Sinergy Drive detectará y activará la forma de propulsión más eficiente en cada momento en función diferentes factores como la carga que demanda el conductor, el estado de carga del paquete de batería de alta tensión y temperatura del sistema. Si la opción eléctrica es más conveniente, se utilizará electricidad, y si la opción de gasolina es más adecuada, se empleará gasolina.



2.2.3.2 Modo EV

El automóvil funciona exclusivamente con el motor MG2 y el motor de gasolina permanece inactivo. La distancia que se puede recorrer en modo EV varía. Antes de que el vehículo pueda cambiar al modo EV, deben cumplirse ciertas condiciones:

- El nivel de carga de la batería HV es del 50 % o superior.
- La velocidad del vehículo es inferior a 25 mph.
- El pedal del acelerador no está siendo presionado a fondo.
- El climatizador y el sistema de control de cruceo están desactivados.

El modo EV puede desactivarse automáticamente y mostrar un mensaje de cancelación en la pantalla MID bajo diversas condiciones, como cuando el nivel de carga de la batería cae por debajo del mínimo, la velocidad del vehículo excede ciertos límites en función de la temperatura del refrigerante del motor, o cuando se presiona firmemente el pedal del acelerador.

2.2.3.3 ECO

El modo ECO, ajusta la aceleración y el rendimiento del aire acondicionado para mejorar la economía de combustible volviéndolo más amigable con el medio ambiente. Este modo es el más recomendable de utilizar en el Toyota Prius 3G.

2.2.3.4 Modo PWR

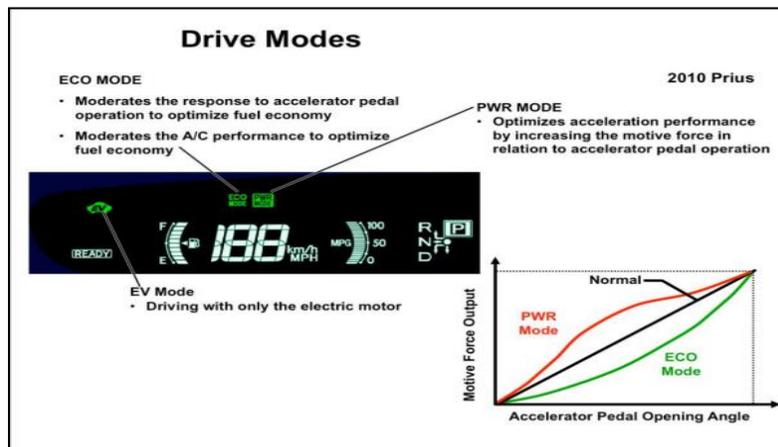
El modo Power de Toyota emplea una variedad de tecnologías para modular la entrega de potencia y torque. Esta función se realiza mediante una red de sensores ubicados estratégicamente en el



motor y en el sistema de transmisión. Dichos sensores monitorean factores como la aceleración, la velocidad, la temperatura y la presión de aire que ingresa al motor, enviando datos al sistema electrónico de control del vehículo. Permitiendo las ECUs realicen ajustes en cuanto a la cantidad de combustible a inyectar como la cantidad de energía necesaria para el funcionamiento del MG2. Estos ajustes optimizan la entrega de potencia y torque, lo que resulta en una aceleración más rápida y una mejor respuesta al manejo del vehículo[14].

Todos estos modos de manejo mencionados se pueden apreciar en la Figura 6.

Figura 6
Modos de Manejo Prius 2010.



Tomado de: Technician Handbook [11].

2.3 Módulos encargados de la tracción en el Toyota prius 3G.

2.3.1 ECM

El ECM (Engine Control Module) como se ilustra en la Figura 7, supervisa todos los sensores ubicados en el conjunto del motor para administrar la mezcla de aire y combustible en el MCI, así como para regular los sistemas de control de emisiones.

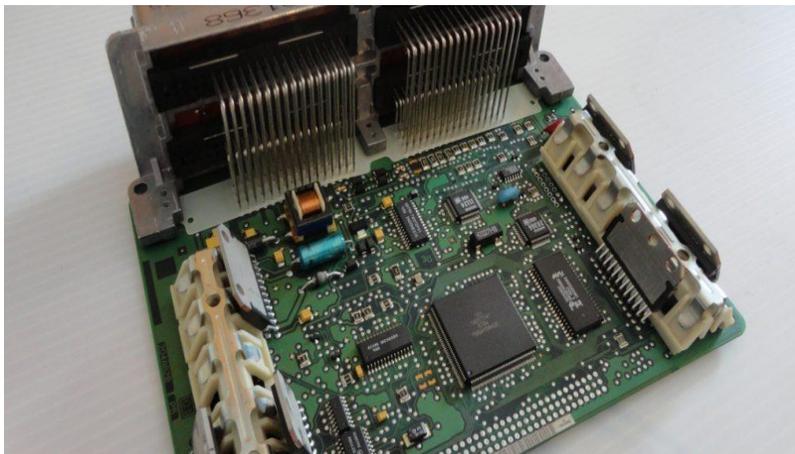


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



El ECM es el encargado de regular los siguientes aspectos fundamentales para el correcto funcionamiento del motor: la relación aire-combustible, la velocidad de ralentí, el manejo del control variable de válvulas si el vehículo lo incorpora y la sincronización de encendido. En cuanto a la relación aire-combustible, el ECM emplea diversos sensores para ajustar la proporción de oxígeno y combustible, lo que permite identificar si el motor se encuentra en una condición rica o pobre en mezcla. Entre estos sensores se encuentran los de flujo de aire, los de oxígeno, los de presión y combustible. Para controlar la velocidad de ralentí, el ECM se basa en sensores situados en el cigüeñal y el árbol de levas, que se encargan de monitorear las revoluciones por minuto (RPM) del motor y la carga de este. Por su parte, el sistema de sincronización variable de válvulas es el que se encarga de regular el momento en que las válvulas del motor se abren o se cierran, lo que puede incrementar la potencia o favorecer a la economización de combustible [15].

Figura 7
ECU Automotriz.



Tomado de: Academia Automotriz AutoSoporte [16].



2.3.2 ECU HV

La ECU HV o conocida como power management control (control de administración de energía) en los Toyota Prius de tercera generación se puede observar en la Figura 8, es la encargada de controlar y gestionar los elementos electrónicos y eléctricos del inversor, así también, es la encargada de realizar la gestión energética de todo el conjunto híbrido como el control del MG1 y MG2 para poder generar cualquier tipo de diagnóstico mediante códigos de falla llamado DTCs. De igual manera controla el funcionamiento del MCI como del paquete de baterías de alta tensión [17].

Figura 8
ECU HV de Toyota Prius 3ra generación.



Tomado de: DENSO TEN [18].



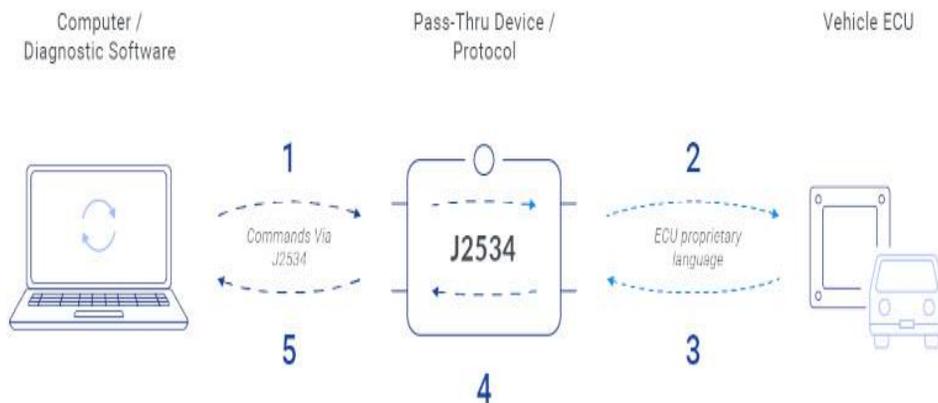
2.4 Protocolo J2534

2.4.1 J2534 – 1

El objetivo de este protocolo es posibilitar la reprogramación de los módulos de control vinculados con las emisiones en vehículos fabricados a partir del modelo 2004[19].

El propósito de este protocolo es asegurar que el software de reprogramación de cualquier marca de vehículos sea compatible con la interfaz proporcionada por cualquier fabricante de herramientas. Contar con una interfaz estándar para todos los fabricantes de vehículos disminuye los costos de las herramientas para los talleres de postventa, mientras que permite a cada fabricante controlar el proceso de programación de las unidades de control electrónico (ECU) de sus vehículos.

Figura 9
Comunicación de ECU a través de un dispositivo Pass-Thru.



Tomado de: AutoPi.io [20].



2.4.2 J2534 - 2

SAE J2534-2 establece especificaciones adicionales para un dispositivo que no solo realiza la reprogramación de la ECU relacionada con emisiones, sino también en otros módulos que generalmente no están relacionadas con emisiones. Además, proporciona un método para que un fabricante de equipos originales (OEM) pueda reprogramar todas las ECU en sus vehículos utilizando J2534, al compartir y divulgar la información del protocolo necesaria sobre las ECU sin emisiones[21].

Figura 10

Módulo de control de carrocería.



Tomado de: SiempreAuto[22].

2.4.3 Interfaz J2534

Una interfaz J2534 es un equipo empleado para actuar como intermediario entre el fabricante del vehículo y el propio automóvil, permitiendo conectar con el software del fabricante para realizar ajustes y programaciones en éste sin requerir una diagnosis directa por parte del fabricante[23].



Figura 11
Interfaz Mongoose - Plus J2534.



Tomado de: Diagnoex [24].

2.4.5 Techstream Lite

Techstream Lite es una plataforma de diagnóstico complementaria de bajo costo.

Techstream Lite permite que el software de diagnóstico de Techstream o a su vez GTS+ se ejecute en una PC para dar servicio a los vehículos Toyota, Scion y Lexus. Techstream Lite es una alternativa económica al sistema TIS techstream completo y brinda soporte de fábrica para vehículos Toyota/Scion/Lexus[25].

Gracias a este software se puede obtener datos en vivo, pruebas de algún actuador, reprogramaciones de algún módulo y otras funciones especiales.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 12
GTS+ Software lite kit.

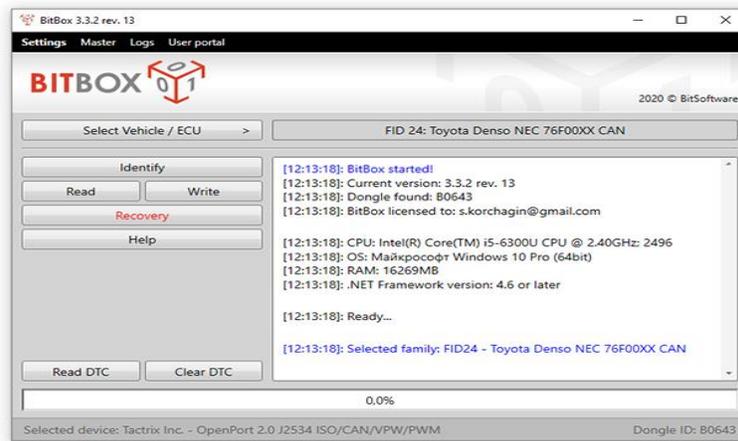


Tomado de: TIS [26]

2.4.6 BitBox

Es un paquete de software en rápido crecimiento que permite identificar, leer y escribir en la memoria flash interna de varias unidades de control electrónico (ECU) tanto automotrices como industriales, para distintos fines. Este software interactúa con las ECU a través de las interfaces de datos CAN y K-line, utilizando el adaptador J2534 Pass-thru o por Ethernet[27].

Figura 13
Ventana del software Bitbox.



Tomado de: BitBox [28].



2.4.7 Reprogramación de Módulos mediante J2534

La reprogramación Pass-Thru implica transferir el software descargado desde el sitio de servicio del fabricante de equipos originales (OEM) en Internet, o desde un CD en el caso de métodos más antiguos, hacia una computadora portátil como se puede observar en la Figura 6. Luego, se conecta una herramienta J2534 a la computadora portátil. Esta herramienta J2534 se enlaza al conector de enlace de diagnóstico (DLC) del vehículo, y los datos descargados previamente se transfieren al módulo de control del motor (ECM) del automóvil[29].

Figura 14

Interfaz J2534 conectada a un pc.



Tomado de: AutoAvance [30].



CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Para llevar a cabo correctamente el proyecto de reprogramación de vehículos híbridos mediante una interfaz J2534, es fundamental disponer de los materiales adecuados que permitan acceder, diagnosticar y modificar con precisión los sistemas de control del vehículo. De igual manera, es necesario contar con los recursos para realizar las pruebas pertinentes antes y después de la reprogramación. A continuación, se presentan los elementos clave necesarios para la ejecución de este proyecto:

3.1.1 Interfaz *Mongoose Plus*

La interfaz Mongoose Plus permite actualizar los sistemas de control de vehículos modernos a su configuración original y realizar diagnósticos a nivel de concesionario en vehículos de ciertos fabricantes. Este dispositivo es compatible con el estándar SAE J2534 y ofrece una conexión directa a una computadora de escritorio o portátil mediante USB. Toda la electrónica se encuentra en el conector OBDII, lo que lo hace una herramienta de comunicación compacta y resistente para vehículos. El Mongoose Plus figura se alimenta por el puerto USB, por lo que no es necesario reiniciarlo si se desconecta del vehículo [31].

A continuación, en la Tabla 2 se muestran características de este equipo.



Tabla 2.

Indicadores LED Mongoose – Plus.

Indicadores LED Mongoose – Plus: USB				
LED	Parpadeo rojo	Encendido Rojo	Parpadeo verde	Encendido verde
LED izquierdo	N / A	Error de firmware – llamar soporte técnico	Inicio del dispositivo	Dispositivo en marcha
LED derecho	Transferencia de datos	Con energía del vehículo sin conectar USB	N / A	N / A

Tomado de: Mongoose – Plus User Guide [31].

3.1.2 Software GTS+

El software Global TechStream Plus (GTS+) figura 15 es una herramienta de diagnóstico desarrollada específicamente para vehículos Toyota y Lexus, y es proporcionada exclusivamente por Toyota Motor. Esta herramienta ofrece las siguientes características [32].

- Interfaz gráfica de usuario basada en navegador.
- Comprobaciones de estado aceleradas.
- Reducción del tiempo dedicado a la actualización.
- Enlaces mejorados con el manual de reparación mediante diagnóstico guiado.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
 APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 15
Ventana de GTS+



Alguna de las funciones que presenta este software se enlistan a continuación.

- Comprobación de estado.
- Códigos de Avería.
- Borrar códigos de avería.
- Lectura de datos en tiempo real.
- Congelar visualización de datos de fotogramas.
- Pruebas activas.
- Grabación de datos.
- Verificación de actualización de calibración.
- Reprogramación de ECU.

A continuación, en la Tabla 3 se enlistan las propiedades del software, así como sus requisitos.



Tabla 3.

Información y Requisitos de GTS+.

Información del Software	
Tamaño instalado:	627 MB
Versión:	2023.03.002.01
Marca:	Toyota, Lexus
Región:	Japón, América del Norte, Europa, Otro.
Idioma:	Ingles
Requisitos del Sistema	
RAM:	4 GB o superior
Disco duro libre:	5 GB
Sistema Operativo:	Windows 10 de 64 bits versión 20H2 o superior. Windows 11 de 64 bits versión 21H2 o superior.
Navegador web:	Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge.
Microsoft .NET	Framework 4.7.2

Tomado de: DHTauto [32].

3.1.3 Software BitBox

BitBox es un software en desarrollo para PC diseñado para identificar, leer y escribir en la memoria flash interna de las unidades de control electrónico (ECU) con diversos propósitos. Las unidades pueden operarse mediante interfaces de datos CAN, K-line a través del adaptador Pass-thru J2534 o mediante Ethernet.

Este software incluye una llave de protección Senselock y un entorno con varios módulos complementarios.



Dongle de seguridad: Este es un dispositivo que se conecta a través del puerto USB y realiza la identificación del usuario y las licencias activadas.

3.1.4 Toyota Prius 3ra Generación

A continuación, en la Tabla 4 se presentan las especificaciones técnicas del Toyota Prius de tercera generación. Asimismo, se detallan los parámetros más relevantes del paquete de baterías de alta tensión, junto con ciertas especificaciones generales del vehículo.

Tabla 4.

Características del Toyota Prius 3ra generación.

Especificaciones Generales	
Motor de gasolina	1.8 litros 98 hp (73kW)
Motores eléctricos	Imán permanente 80 hp (60kW)
Transmisión	Automática (transeje variable continuo con control electrónico)
Peso bruto	1397 kg
Material de la carrocería	Paneles de acero, excepto cofre y puerta trasera de aluminio.
Voltaje del paquete de baterías	201,6 V
Número de módulos de baterías de NiMH en el paquete	28
Voltaje del módulo de baterías de NiMH	7,2 V
Dimensiones del módulo de baterías de NiMH	285 x 19,6 x 117,8 mm
Peso del módulo de NiMH	1,04 kg



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Dimensiones del paquete de baterías de NiMH	297 x 590 x 10,7 mm
Peso del paquete de baterías de NiMH	41 kg

Tomado de: Manual de desmantelación del vehículo híbrido [33].

3.1.5 Dinamómetro de chasis marca Vamag

Para la ejecución de las pruebas del vehículo se ocupó un dinamómetro de chasis que tiene la capacidad de medir la potencia del motor sin la necesidad de desmontarlo del mismo. A continuación, en la Tabla 6 se enlistan las especificaciones de este equipo.

Tabla 5.

Especificaciones técnicas del dinamómetro.

Especificación	Datos
Marca	Vamag.
Torque	1500 Nm
Potencia Máxima	400 hp
Frecuencia	50 – 60 Hz
Masa	1200kg
Dimensiones	3 070 x 870 x 310 mm
Presión circuito aire comprimido.	6 bar
Diámetro Rodillo	240 mm
Ancho rodillo	660 mm
Velocidad máxima	180 km/h
Voltaje de suministro	220 – 400 V AC
Corriente nominal	16 Amp

Tomado de: Vamag [34]



3.2 Métodos

En el siguiente apartado se describe la metodología que se aplicó a lo largo del presente proyecto de investigación para cumplir de la manera más adecuada con cada uno de los objetivos planteados en el mismo.

3.3 Proceso Metodológico

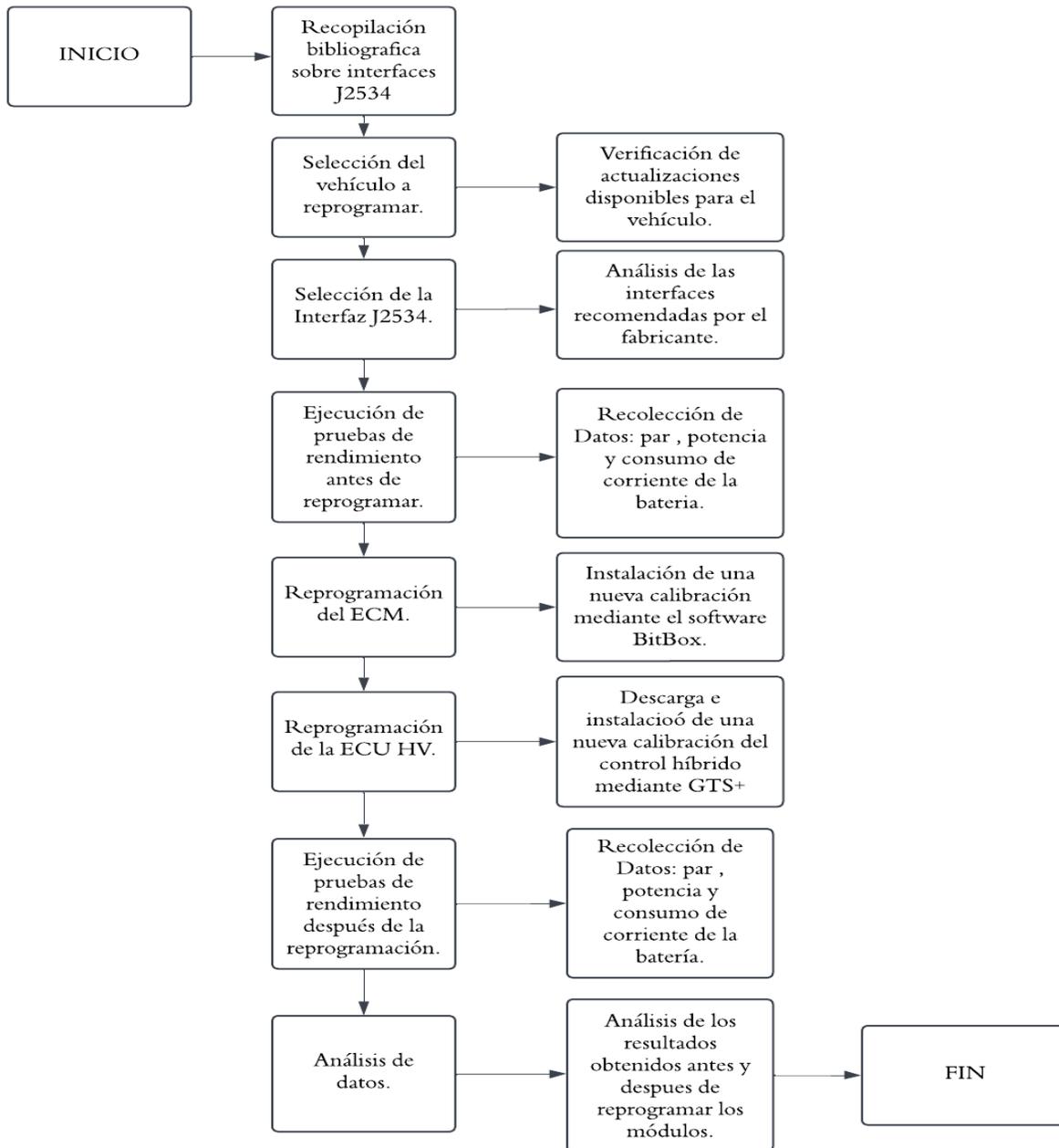
Como primer punto para poder ejecutar el proyecto de investigación se realizó una recolección de información sobre los diferentes tipos de interfaces J2534 que existen en el mercado, para posteriormente realizar una selección de una interfaz J2534 que cumpla con los protocolos J2534-1 como J2534-2 para la correcta ejecución del proyecto. Se procedió a identificar el vehículo que será objeto del proceso de reprogramación. A través de su número VIN, se consultó en el portal oficial del fabricante para verificar la disponibilidad de actualizaciones en las ECUs. De igual manera, se revisaron los boletines de servicio técnico para determinar si dichas actualizaciones son aplicables al modelo. En caso de que no existan calibraciones disponibles para el vehículo seleccionado, se deberá considerar una unidad alternativa que cumpla con los criterios requeridos. Luego se dio paso a realizar pruebas de rendimiento previo a la reprogramación del vehículo para la obtención de datos. Una vez que los datos fueron recolectados se procedió a ejecutar la reprogramación de los módulos ECM como ECU HV. Al verificar que el proceso de reprogramación fue exitoso se continuó con las pruebas de rendimiento para la obtención de datos y posteriormente realizar la debida comparación entre estos. A continuación, se muestra el flujograma del proceso que se siguió a lo largo de la ejecución del presente proyecto.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 16
Flujograma de la Metodología.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



3.3.1 Estudio de interfaces J2534

Para poder tener una idea clara referente a cuál interfaz es la más conveniente para la correcta ejecución de este proyecto de investigación, se realizó una recopilación de diferentes fuentes bibliográficas, revistas, artículos, tiendas virtuales con el objetivo de conocer todo lo relacionado con el protocolo J2534 y las interfaces que lo manejan.

Gracias a esta recolección de información se pudo comprender el funcionamiento de una interfaz J2534.

3.3.2 Selección de la interfaz J2534

Para la selección de la interfaz se debe tener en cuenta diferentes parámetros que lleven a cabo tomar una decisión que presente un mayor beneficio.

En la Tabla 6 se puede observar las características que presentan las diferentes interfaces que recomienda el fabricante (Toyota) para utilizar con su software (GTS+).

Tabla 6.

Características de las interfaces J2534 que recomienda Toyota.

	Cardq Plus 3	Mongoose-Plus	VSI NxGen	VSI 2534
Protocolo J2534 -1	Si	Si	Si	Si
Protocolo J2534 -2	Si	Si	Si	Si
Sistemas operativos soportados	Windows 10	Windows 10,8,7	Windows 10	Windows 10,8,7
Multimarca	Si	No	Si	Si
Costo	1780 \$	540 \$	1350 \$	1125 \$



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Los parámetros más importantes para la selección de la interfaz J2534 que se utilizó en la reprogramación del vehículo Toyota Prius 3G fueron los siguientes:

- Protocolo J2534-1: Como el segundo objetivo del presente proyecto hace mención a realizar la reprogramación de módulos relacionados con el protocolo J2534-1 relacionado a módulos de control de emisiones contaminantes es obligatorio que la interfaz seleccionada cumpla con este protocolo.
- Protocolo J2534-2: De igual manera, el tercer objetivo del proyecto hace referencia a la reprogramación de módulos relacionados con el protocolo J2534-2 el cual tiene que ver con módulos de no emisiones. Es por esta razón que la interfaz seleccionada debe cumplir con este protocolo.
- Costo: Se analizó cuál es la interfaz que presenta la mejor relación calidad/precio para que esta sea capaz de lograr cumplir con cada uno de los objetivos planteados. Es por esta razón que no es necesario tener una interfaz multimarca para la ejecución del presente proyecto ya que estas elevan demasiado su costo y lo único que se necesita es que cumpla con la función de reprogramación de la marca Toyota.

La interfaz seleccionada para el presente proyecto fue la Moongoose Plus MCF 3, ya que es fácil de conseguir en diferentes tiendas virtuales y lo principal que cumple completamente con los parámetros mencionados anteriormente para la correcta ejecución del proyecto de investigación.

A continuación, se muestra en la Figura 17 la interfaz J2534 seleccionada.



Figura 17

Interfaz J2534 seleccionada.



3.3.3 Selección del vehículo a reprogramar

Para seleccionar el vehículo a reprogramar se necesita saber el número de calibración con el que se encuentra instalado cada módulo a través del uso de la interfaz J2534 y el software GTS+.

Primero se realizó una prueba de estado de salud del vehículo en la cual el software analiza el estado de todos los módulos disponibles, verificando si estos presentan algún DTC o alguna actualización disponible.

En la Figura 18 se muestra el resultado de la prueba de estado de salud aplicada al Toyota Prius 3G. Este resultado presenta las calibraciones instaladas actualmente en cada módulo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 18

Resultado de verificación de salud de Toyota Prius 3G.

Mejorado	Genérico	Checking - System 21 of 25				
Sistema		Estado del monitor	Configuración	RoB	DTC	Actualizar
-	Motor	Disponible	No	-	0	?
DTC Information La DTC no existe.						
Calibración						
Sistema		Calibración		Actualizar		
		34718100		?		
		A4701000		?		
-	Control híbrido	-	No	-	0	?
DTC Information La DTC no existe.						

Mejorado	Genérico	Completado: 09/04/2024 17:02:29				
Sistema		Estado del monitor	Configuración	RoB	DTC	Actualizar
-	Control híbrido	-	No	-	0	?
DTC Information La DTC no existe.						
Calibración						
Sistema		Calibración		Actualizar		
I		896B34750000		?		
		896B54701000		?		
		898844701200		?		
		898844702100		?		

De igual manera se debe contar con el numero VIN del vehículo para introducirlo en el sitio de campañas de actualización de software de Toyota en el cual mostrará si es aplicable una actualización. En la Figura 19 se muestra que si es aplicable una actualización en el sistema de control híbrido del vehículo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 19

Consulta de Actualización en prius 3G en la página de toyota.



Es por esta razón que el vehículo que se seleccionó para el estudio fue el Toyota prius 3G Figura 20. El cual cuenta con calibraciones disponibles para posteriormente ser instaladas.

Figura 20

Toyota Prius 3ra Generación.





3.3.4 Ejecución de la prueba de rendimiento antes y después de la reprogramación

Primero se colocó al vehículo Toyota Prius sobre el dinamómetro de chasis en la posición adecuada. Luego se sujetó al vehículo desde los puntos de sujeción, como se puede observar en la Figura 21 para evitar cualquier accidente durante las pruebas.

Figura 21
Punto de sujeción.



Para poder realizar pruebas dinamométricas en el vehículo Toyota Prius 3ra generación se debe desactivar el control de tracción del vehículo. Cuando este control de tracción se encuentre activo detectará que solo las ruedas delanteras se encuentran en movimiento y las traseras no, es por esto por lo que bloqueará el movimiento y no permitirá realizar las pruebas correctamente.

A continuación, se describe el proceso a seguir para desactivar el control de tracción en el Toyota Prius de tercera generación.

- Encender el automóvil presionando START dos veces sin presionar el freno.
- Pisar el acelerador tres veces (dos pulsaciones completas de arriba a abajo).
- Pisar el freno y poner el automóvil en NEUTRAL.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



- Volver a pisar el pedal del acelerador tres veces.
- Pisar el freno y colocar en posición PARK.
- Presionar el pedal del acelerador tres veces más.
- Pisar el freno y pulsar el botón encendido.
- Poner la palanca en posición N o D.
- Pulsar el botón de encendido a OFF al terminar.

Para el proceso de pruebas de rendimiento se usó el dinamómetro de chasis como se muestra en la Figura 22 ubicado en el taller de la universidad.

Figura 22

Toyota Prius sobre dinamómetro marca Vamag

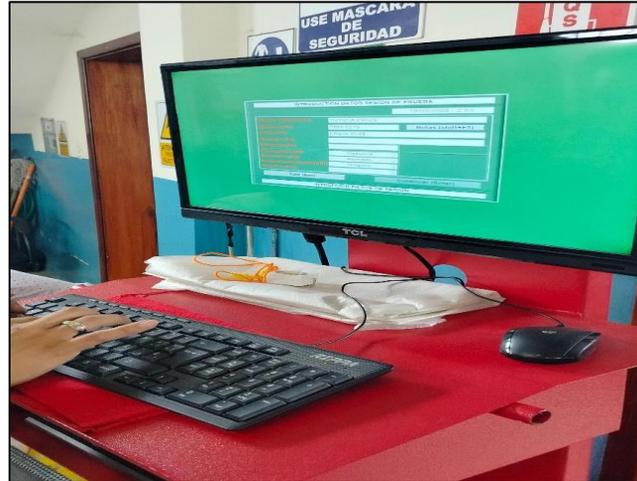


La prueba de par/potencia se configuró el dinamómetro como se ilustra en la Figura 23 ingresado los datos que solicite, en este caso se seleccionó la opción de propulsión eléctrica.



Figura 23

Ingreso de datos en el software del dinamómetro.



Se tomaron tres muestras antes y tres después de reprogramar los módulos ECM y ECU HV llegando a una velocidad de 140km/h en cada una para posteriormente sacar un valor medio para realizar la debida comparación.

Del mismo modo se registró datos del consumo de corriente del paquete de baterías antes y después de la reprogramación mientras el vehículo se mantenía a una velocidad promedio de 30 km/h en el cual interfiere el MG2 sin encender el MCI.

3.3.5 Recolección de datos

El software utilizado para verificar las calibraciones instaladas en el vehículo fue GTS+. Ya que mediante este software permite analizar datos en vivo y realizar una prueba de salud en la cual GTS+ diagnostica y verifica las calibraciones instaladas en cada una de las ECUs que posee el Toyota Prius 3G. De igual manera el software del dinamómetro Vamag proporcionó la



información necesaria sobre las curvas de par y potencia obtenidas en cada uno de los ensayos realizados antes y después de la reprogramación para posteriormente compararlos.

3.3.6 Reprogramación del ECM

Para el proceso de reprogramación del módulo ECM se utilizó el software BitBox, este software funciona en conjunto de una interfaz J2534 y permite realizar lecturas y escrituras en ECUS sin la necesidad de desmontarla del vehículo. Se debe conectar primero la llave del software a nuestro computador para poder ejecutarlo, después, se conectó la interfaz Mongoose plus MFC3 al puerto DLC del vehículo Figura 24, se seleccionó el tipo de MCU que lleva el ECM, en este caso el ECM del Toyota Prius 3G lleva uno de la familia NEC D76F0XXX el cual corresponde al FID 24 el cual se observa en la Figura 25. De igual manera existe una opción para seleccionar el tipo de vehículo (modelo, año, motor).

Figura 24

Interfaz J2534 conectada al puerto DLC.

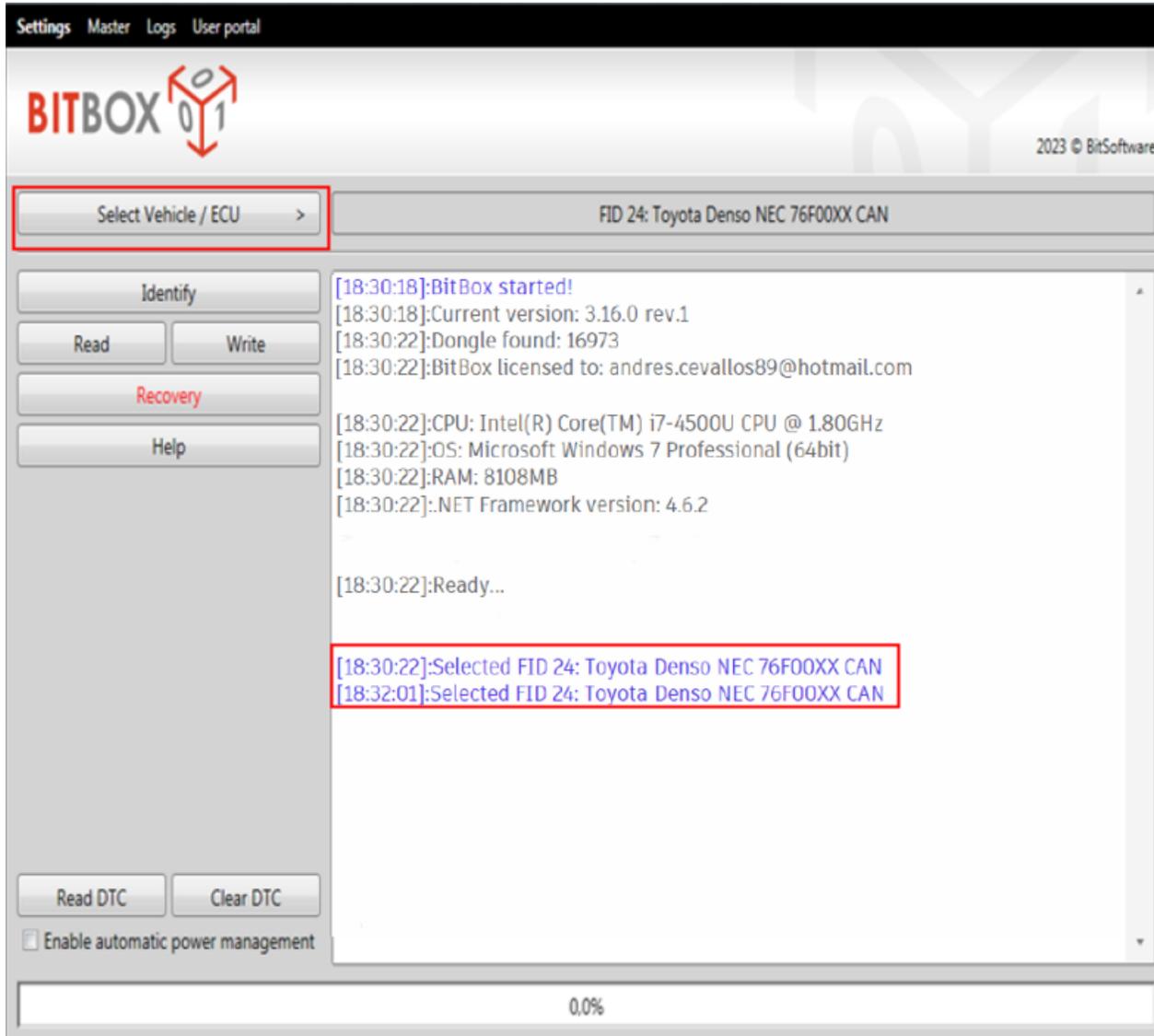




UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 25
Selección de ECU en BitBox.



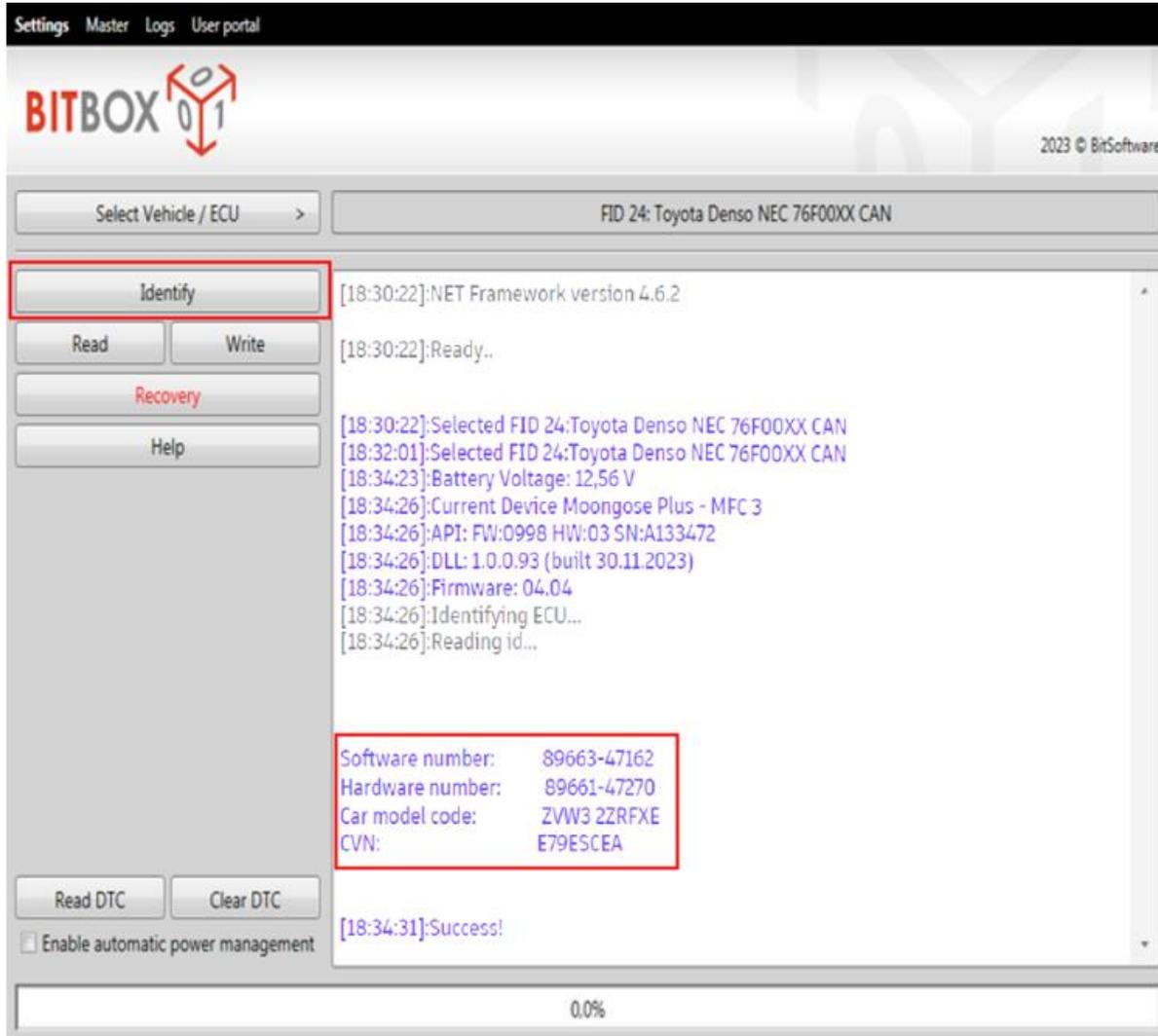
Una vez seleccionado el microcontrolador que lleva la ECU, se procede a identificar el número de software, hardware, código de modelo del vehículo utilizando la función “Identify” como se puede ver en la Figura 26.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
 APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 26
Identificación de la ECU en BitBox.



Una vez identificado se utilizó la función “Recovery” la cual busca en su nube la existencia de calibraciones disponibles como se ilustra en la Figura 27 para ser posteriormente instaladas en el módulo.

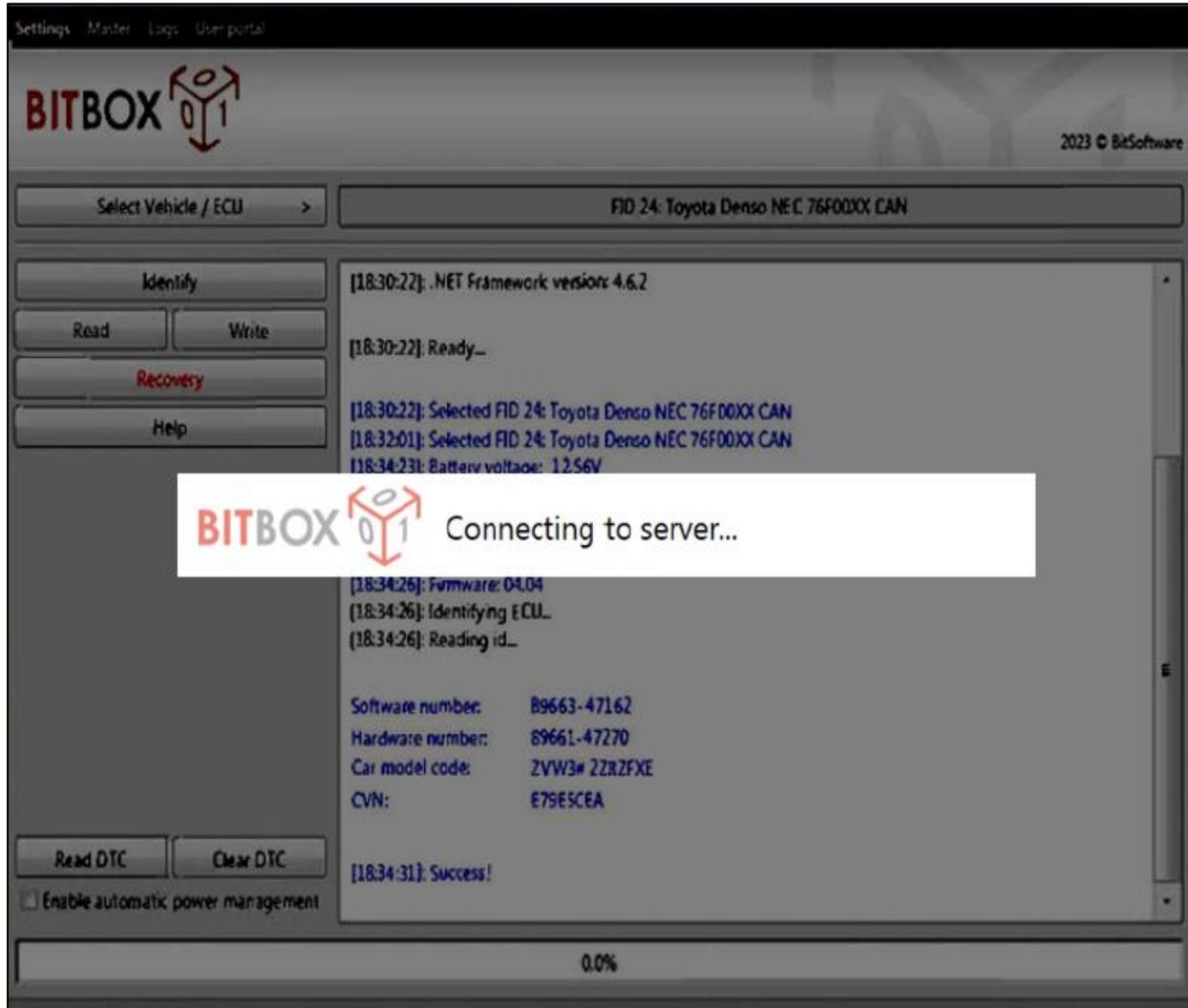


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
 APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 27

Conexión con servidor para instalar otra calibración con BitBox.



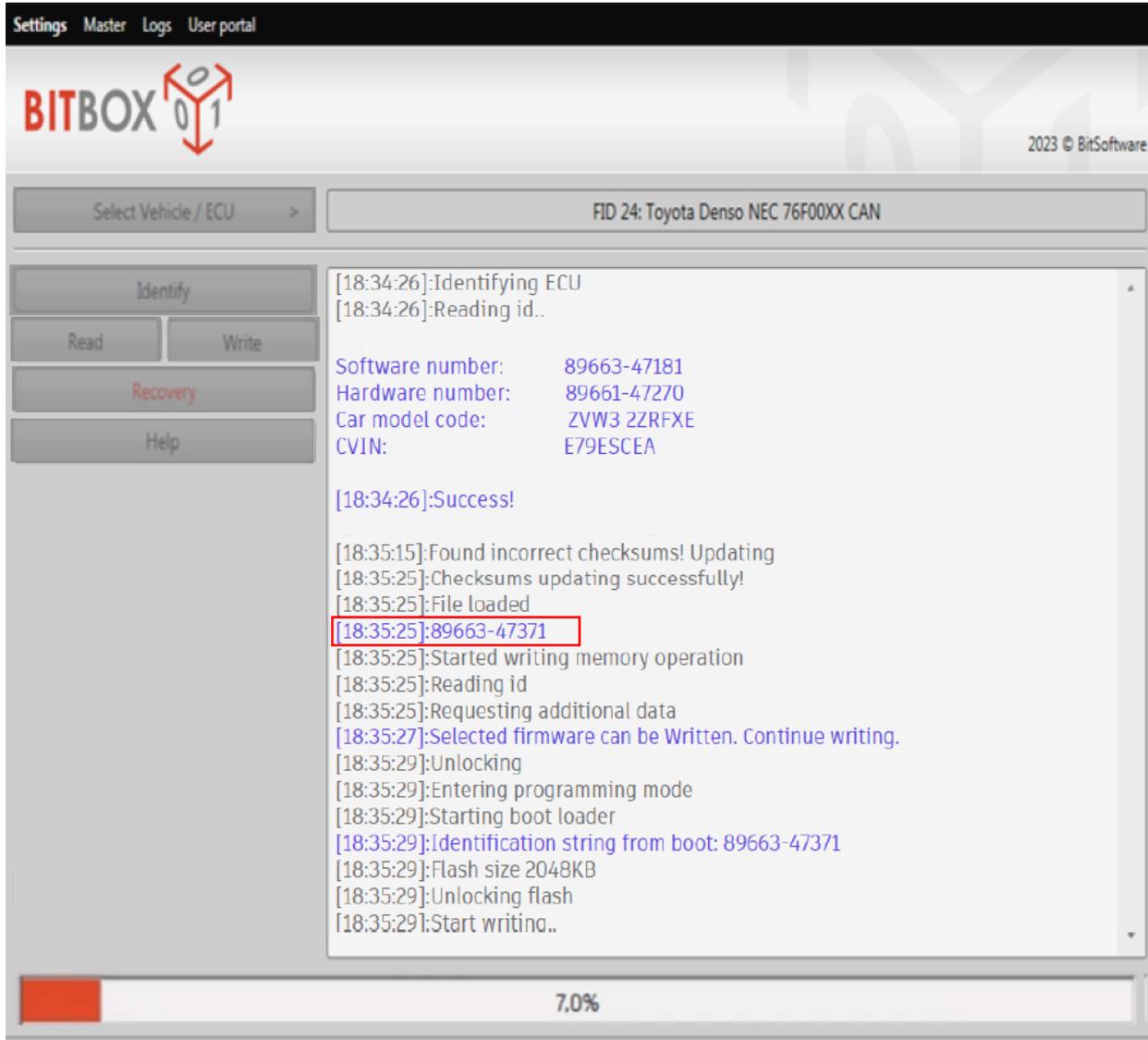
El software automáticamente empezará la instalación de otra calibración Figura 28 una vez encontrada en su base de datos.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 28
Escritura de calibración en el ECM.



Cabe mencionar que para este proceso se recomienda utilizar un estabilizador de voltaje de batería ya que si la batería se descarga durante el proceso de reprogramación puede ocasionar daños en el módulo a trabajar.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



3.3.7 Reprogramación de la ECU HV

Para realizar la reprogramación en el módulo de control híbrido se optó por realizar la descarga de la calibración a través de la plataforma TIS. Una vez localizada la calibración disponible como se puede apreciar en la Figura 29 se continúa con su descarga.

Figura 29
Captura de calibraciones disponibles del control híbrido.

Year	CID#	Original	Current
2010 Prius	CID #1	896B34705000	<u>2010 Prius #1</u> CID #1: 896B34751000 CID #2: 896B54701100 CID #3: 898844701400 CID #4: 898844702300
		896B34705100	
		896B34705200	
		896B34705300	
		896B34705400	
		896B34705500	
		896B34705600	
		896B34705700	
		896B34705800	
		896B34705900	
	CID#2	896B54701000	
		896B54701100	
	CID #3	89884470 1200	
		89884470 1300	
		89884470 1400	
	CID #4	89884470 2100	
89884470 2200			
89884470 2300			

Como se observa existen 4 CIDs en este módulo, de los cuales los CIDs número 1 y 2 son los encargados de realizar la gestión energética del control híbrido y el CID número 3 tiene que ver con el control del MG1, así como el CID número 4 el control del MG2. Para el caso del vehículo Toyota Prius a reprogramar, este cuenta con actualizaciones de los CIDS 2,3 y 4.



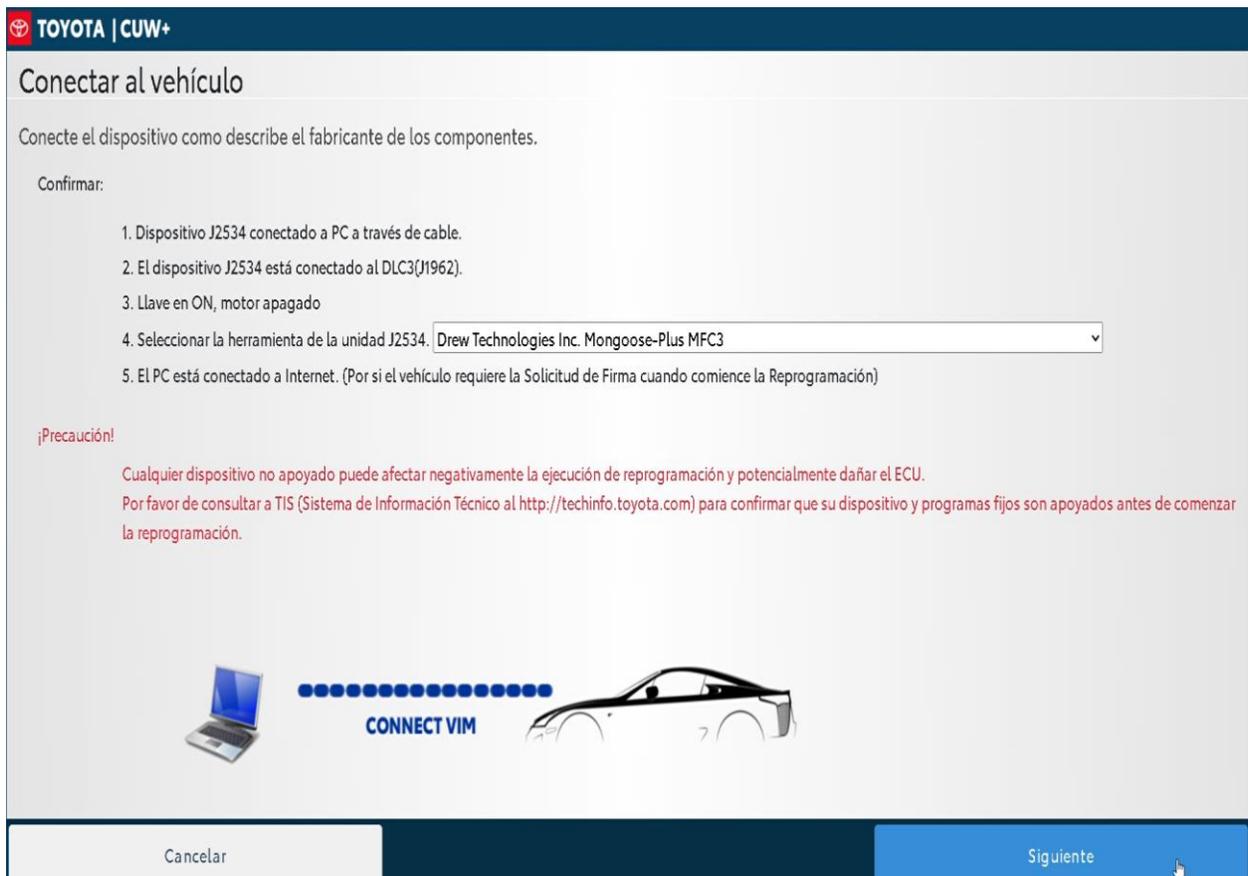
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



De la misma manera, una vez completada la descarga proporciona un archivo de extensión. cuw el cual se ejecuta para iniciar el instalador de calibraciones.

Una vez descargado el archivo .cuw de las calibraciones disponibles para el módulo se procede a ejecutarlo y se inicia el instalador de calibraciones llamado Calibration Uptade Wizard+ como se puede observar en la Figura 30. Se escoge la interfaz J2534 Mongoose – Plus MFC3 para luego seguir los pasos que irá dictando el programa en cada instancia del procedimiento.

Figura 30
Ventana de CUW+ Conectar al vehículo.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
 APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

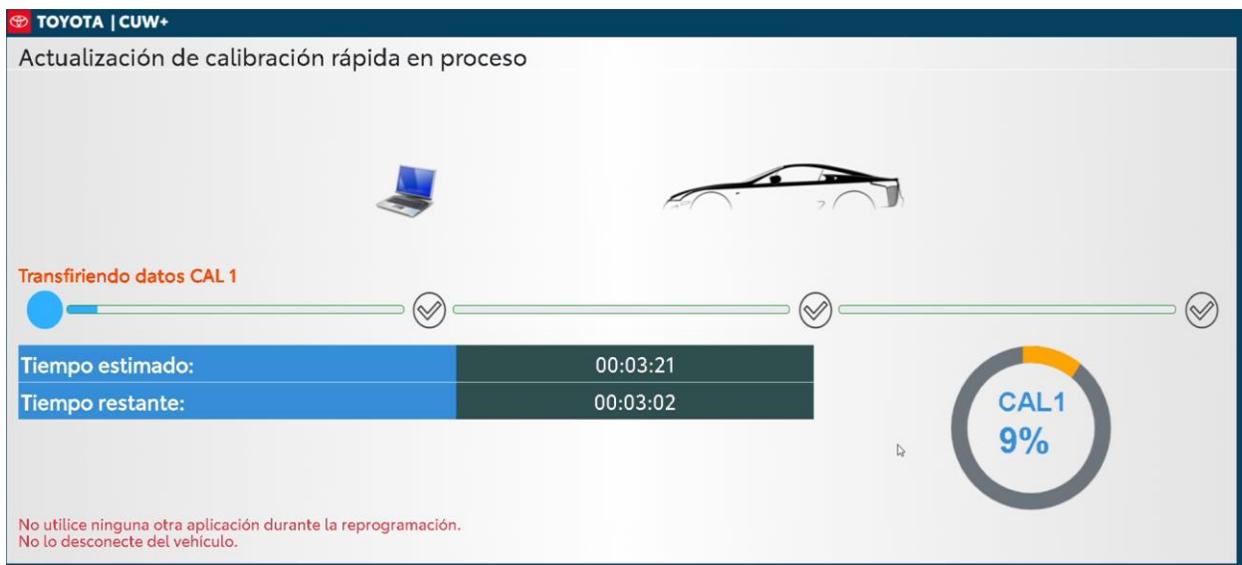


En el proceso de preparación del vehículo se solicitará colocar la posición del switch en OFF para luego dar click en siguiente.

Para la preparación a reprogramar se indicó colocar el switch en la posición ON (ready OFF), El capó del motor debe estar abierto. Todos los accesorios eléctricos deben de estar apagados. La tensión de la batería debe ser superior a 12.0 V. Durante la reprogramación del vehículo es sumamente importante que no se desconecte el cable DLC del vehículo, no cambiar la posición del switch a OFF a menos que el software se lo pida, no aplicar ningún tipo de carga eléctrica al vehículo, utilizar un estabilizador de voltaje para que la batería no caiga de los 12.0 V y se mantenga constante así evitando errores en la escritura durante este proceso.

Una vez contando con estas indicaciones se procede a escribir la primera calibración en la ECU HV como se puede observar en la Figura 31.

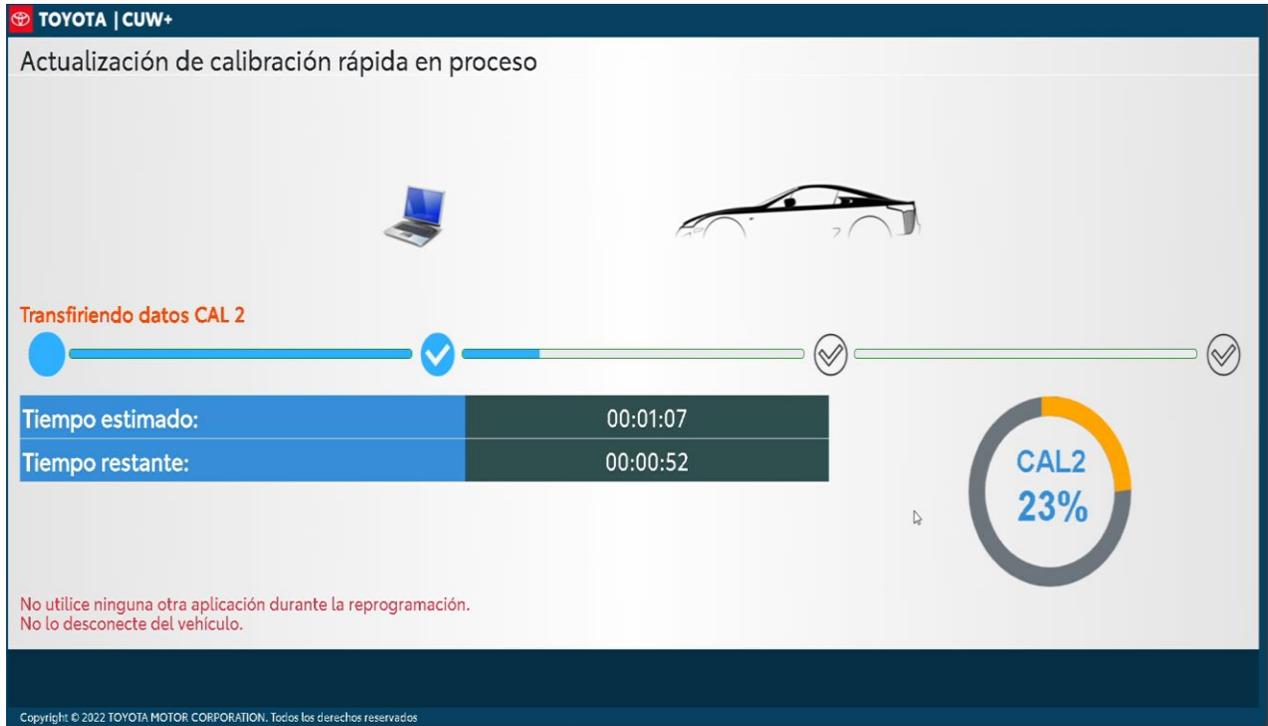
Figura 31
Actualización de calibración 1





Una vez instalada la primera calibración automáticamente el programa procede a cargar la segunda calibración en el módulo como se ilustra en la Figura 32.

Figura 32
Actualización de calibración 2.



Culminada la segunda calibración el software indicará que las dos primeras calibraciones fueron cargadas correctamente en el módulo y solicitará poner el switch en la posición OFF para posteriormente realizar la preparación para reprogramar la calibración 3 como se muestra en la Figura 33.



Figura 33

Preparación para reprogramación calibración 3.

TOYOTA | CUW+

Preparación para reprogramar la calibración 3

1. Coloque el encendido en posición ON (IG ON Ready OFF para HV)

TENSIÓN DE BAT DLC3	12.6V
----------------------------	-------

¡ATENCIÓN!

Durante la reprogramación:

1. No desconecte el cable DLC3 del vehículo.
2. No coloque el interruptor IG en OFF.
3. No aplique al vehículo ningún tipo de carga eléctrica

Pulse "Start" para iniciar la reprogramación.

Start

Copyright © 2022 TOYOTA MOTOR CORPORATION. Todos los derechos reservados

Después de haber cargado la calibración 3 solicitará colocar el switch en posición OFF para posteriormente realizar una lectura de la ECU HV para verificar que las calibraciones fueron instaladas correctamente como se puede observar en la Figura 34.

Cabe mencionar que el último sistema que se ilustra en la Figura 34 se encuentra resaltado en color gris porque este no contaba con ninguna actualización disponible y por esta razón cuenta con el mismo CID después de este proceso.



Figura 34
Verificación de Actualización.

TOYOTA | CUW+

Reprogramación realizada correctamente

Coloque el interruptor IG en OFF.

Compruebe que el ID de calibración se ha actualizado tal como se describe en el correspondiente Service Bulletin.

Sistema	Antes de actualizar	Después de actualizar	
MG	898844701200	898844701400	Actualizado
MG	898844702100	898844702300	Actualizado
HV	896854701000	896854701100	Actualizado
HV	896834750000	896834750000	

Imprimir

Finalizar ▶

Copyright © 2022 TOYOTA MOTOR CORPORATION. Todos los derechos reservados

3.3.9 Análisis de Datos.

En las pruebas dinamométricas realizadas antes y después de la reprogramación se extrajeron las gráficas de par y potencia, en las cuales se tomaron los valores máximos alcanzados en cada una de estas para realizar la debida comparación. De igual manera se obtuvo el consumo de corriente de la batería mediante el software GTS+, para verificar si existe variaciones en el consumo de corriente del paquete de baterías de alta tensión. Esto permitió evaluar con mayor claridad el impacto de la reprogramación en los módulos ECM y ECU HV.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Reprogramación del ECM.

Para confirmar que la calibración fue instalada correctamente en esta ECU se realiza una verificación de salud con el software GTS+. Como se observa en la Figura 35 el número de calibración es diferente a la anterior y no se encuentra ningún código de error, eso quiere decir que fue instalada correctamente.

Figura 35
Comparación de las calibraciones del ECM.

Motor	
DTC Information	ANTES
La DTC no existe.	
Calibración	
Sistema	Calibración
	34718100
	A4701000
Motor	
DTC Information	DESPUÉS
La DTC no existe.	
Calibración	
Sistema	Calibración
	34737100
	A4701000



4.2 Reprogramación de la ECU HV.

Una vez completada la instalación de las calibraciones del control híbrido se procede del mismo modo a realizar una prueba denominada health check que provee el software gts+ en el cual realiza la inspección de general de todos los módulos instalados en el vehículo con el objetivo de revisar que no exista ningún DTC provocado durante el proceso de reprogramación y que las calibraciones estén correctamente instaladas como se puede observar en la Figura 36.

Figura 36
Verificación de calibraciones instaladas en el módulo de control híbrido.

Control híbrido	
DTC Information La DTC no existe.	
ANTES	
Calibración	
Sistema	Calibración
I	896834750000
	896854701000
	898844701200
	898844702100
Control híbrido	
DTC Information La DTC no existe.	
DESPUÉS	
Calibración	
Sistema	Calibración
	896834750000
	896854701100
	898844701400
	898844702300

4.3 Resultados de las pruebas de rendimiento antes y después de la reprogramación.

Es fundamental describir que una vez ejecutadas las pruebas se debe aplicar un factor de corrección a los valores de potencia y par motor obtenidos, debido a la altitud de la ciudad de Ibarra, en la



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



cual se realizaron los ensayos, ya que las variaciones en la presión y temperatura ambiente pueden influir en las mediciones registradas por el dinamómetro. Por esta razón se utilizó la ecuación 1 la cual establece un esquema para realizar la medición precisa de la potencia generada por el motor.

Ecuación 1

Factor de corrección ISO 1585.

$$\alpha = \left(\frac{P_0}{P}\right)^{1.2} \times \left(\frac{T}{T_0}\right)^{0.5}$$

Tomado de: ISO 1585:2020 [35]

Donde:

α : Factor de corrección (adimensional).

P_0 : Presión atmosférica estándar (99 kPa).

P : Presión atmosférica durante el ensayo (kPa).

T_0 : Temperatura absoluta estándar (298 K).

T : Temperatura absoluta del aire ambiente durante el ensayo (Kelvin).

Para aplicar esta fórmula primero se debe calcular la presión atmosférica que se obtuvo cuando se ejecutó el ensayo, para lo cual se aplicó la ecuación barométrica internacional simplificada ecuación 2

Ecuación 2

Ecuación barométrica internacional simplificada.

$$P = 101.325 \times \left(1 - \frac{0.0065 \times h}{288,15}\right)^{5256}$$



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
 APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



$$P = 101.325 \times \left(1 - \frac{0.0065 \times 2200}{288,15}\right)^{5,256}$$

$$P = 77,54 \text{ KPa}$$

Reemplazando el valor de la presión obtenido en la ecuación 1:

$$\alpha = \left(\frac{99}{77,54}\right)^{1,2} \times \left(\frac{25 + 273}{298}\right)^{0,5}$$

$$\alpha = 1,340$$

Una vez calculado el factor de corrección se deberá reemplazar en la ecuación 3

Ecuación 3

Potencia corregida.

$$P_{\text{corregida}} = \alpha \times P_{\text{medida}}$$

Se realizó tres veces la prueba de par/potencia tomando las dos últimas como caso de análisis.

Los resultados obtenidos de las pruebas antes de la reprogramación de los módulos ECM y ECU HV se pueden observar en las Figura 37 y 38, de igual manera los valores de par y potencia máximos se puede revisar en la Tabla 7. Los resultados obtenidos después de la reprogramación se observan en las Figuras 39 y 40.

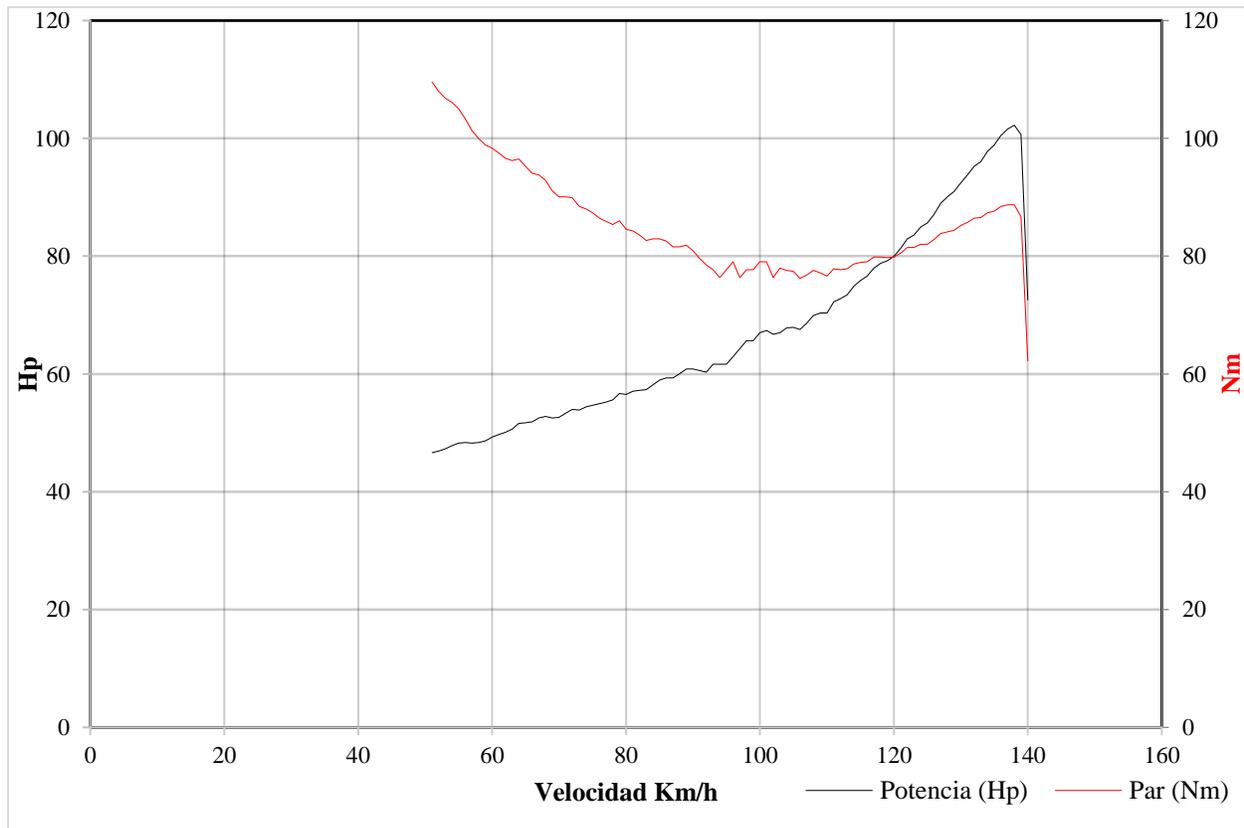
Para el consumo de corriente del paquete de baterías se promediaron los datos registrados antes y después de la actualización para hacer una comparativa y poder apreciar si existió una variación.



4.3.1 Resultados de prueba dinamométrica obtenida antes de reprogramación.

Figura 37

Gráfica de prueba 1 Par/Potencia de Prius 3G antes de ser reprogramado.

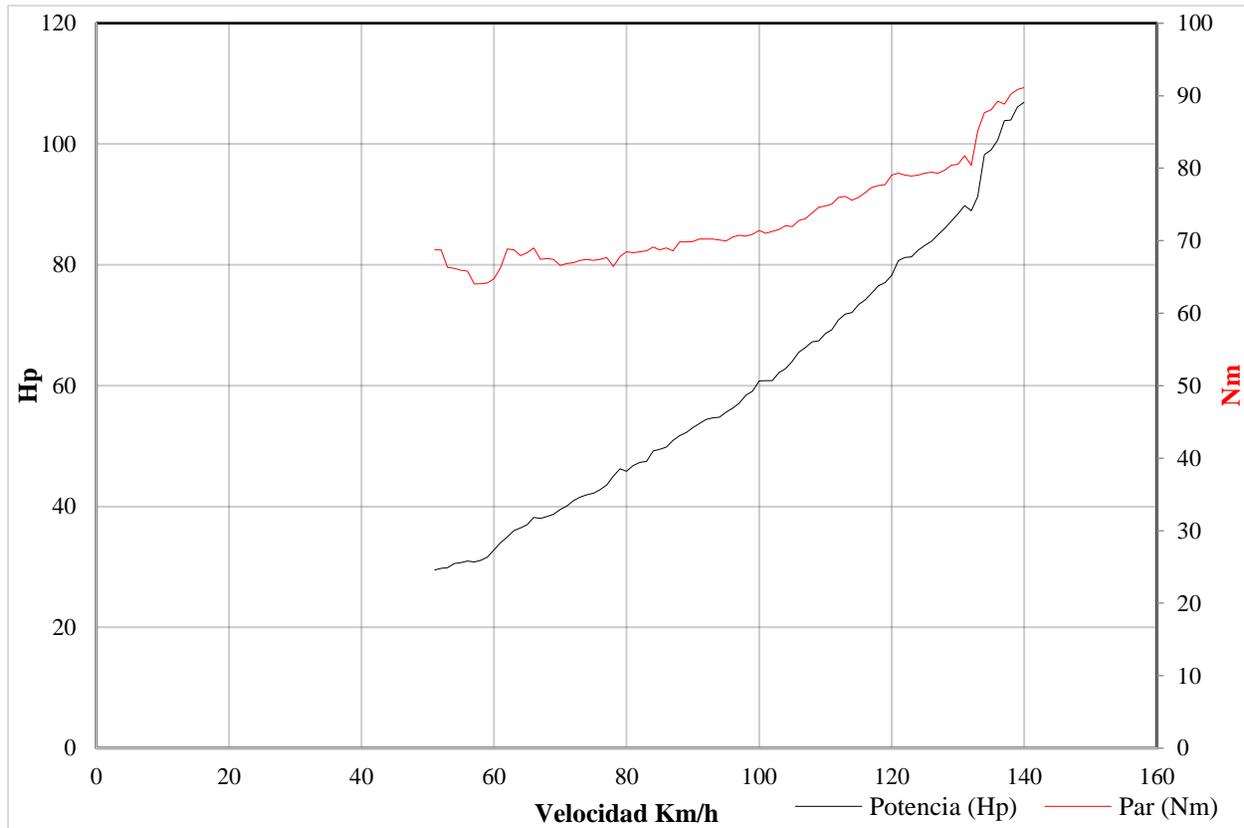


En la figura 37 se observa la gráfica de par/potencia en la que presenta el valor de potencia máximo alcanzado de 102,24 hp, la cual se consiguió a una velocidad de 138 km/h a un régimen de giro del motor de combustión interna de 4009 rpm y del MG2 a 10553 rpm. Por otra parte, el par máximo alcanzado fue de 109,61 Nm a una velocidad de 42 km/h mediante un régimen de giro del MCI de 1116 rpm y del MG2 de 3248 rpm.



Figura 38

Gráfica 2 Par/Potencia de Prius 3G antes de ser reprogramado.



Como se ilustra en la Figura 38 la cual representa a la segunda prueba ejecutada, se puede notar que la potencia máxima alcanzada fue de 106,93 hp, la cual se obtuvo a una velocidad de 140 km/h y a un régimen de giro del MCI de 4128 rpm y del MG2 de 10596 rpm. En caso del par se determinó que su valor máximo fue de 91,12 Nm, registrado a una velocidad de 140 km/h a un régimen de giro del MCI de 4128 rpm y 10596 rpm del MG2.

Los datos máximos registrados durante las pruebas dinamométricas ejecutadas antes de la reprogramación de los módulos se los puede apreciar en la Tabla 7.



Tabla 7.

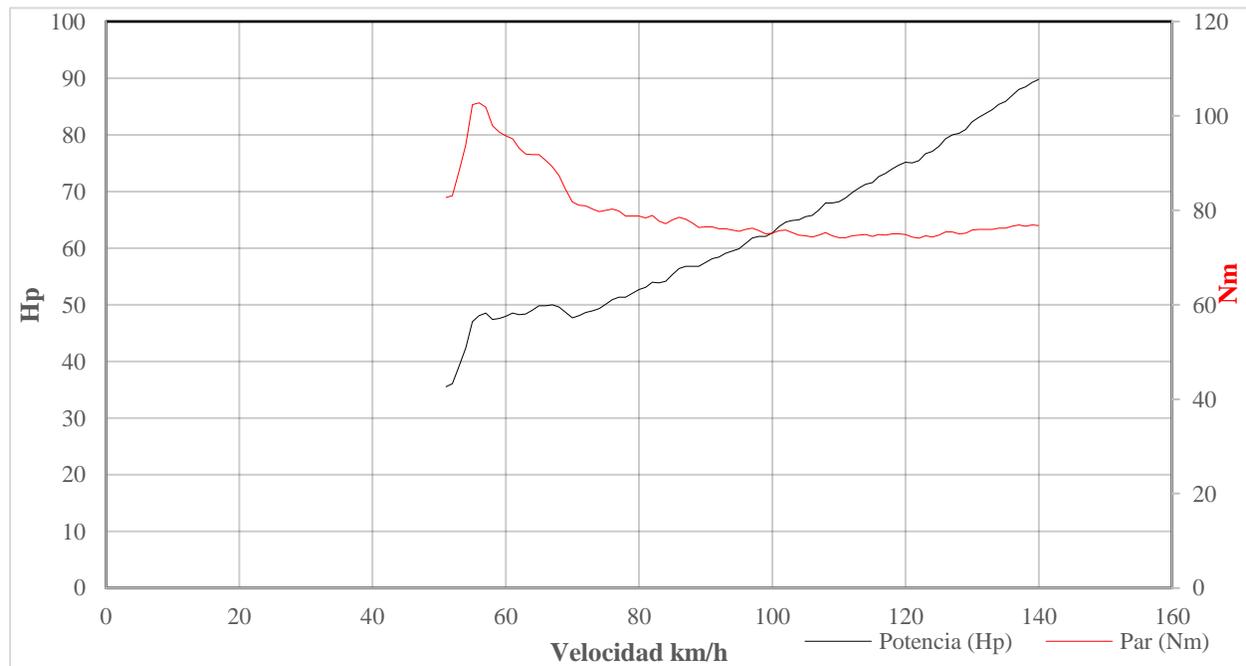
Resultado de prueba par/potencia antes de ser reprogramado.

		Velocidad	Régimen	Valor
Prueba 1	Potencia (hp)	138 km/h	4009 MCI / 10553 MG2	102,24
	Par (Nm)	42 km/h	1116 MCI / 3248 MG2	109,61
Prueba 2	Potencia (hp)	140 km/h	4128 MCI / 10596 MG2	106,93
	Par (Nm)	140 km/h	4128 MCI / 10596 MG2	91,12

4.3.2 Resultados de prueba dinamométrica obtenida después de reprogramación.

Figura 39

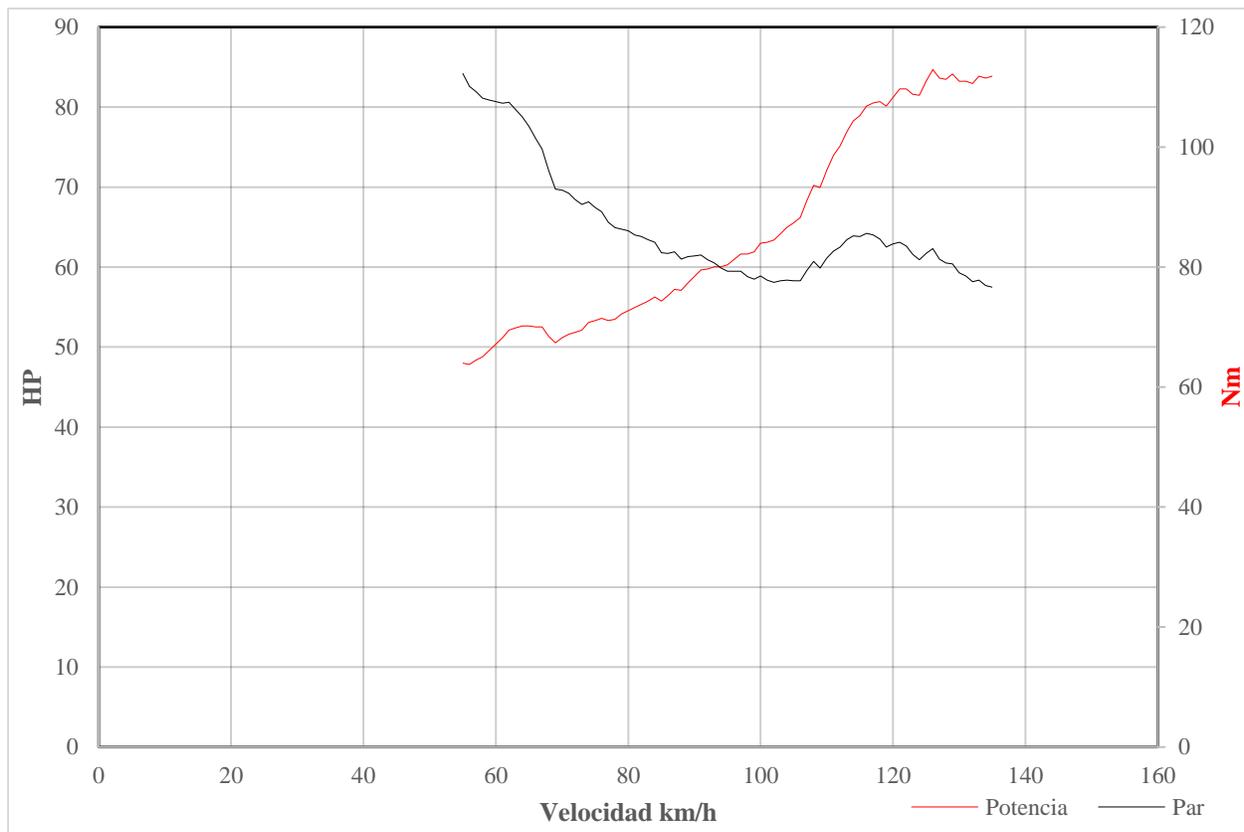
Gráfica 3 Par/Potencia de Prius 3G después de ser reprogramado





La primera prueba ejecutada como caso de análisis se ilustra en la Figura 39, en la cual se puede notar una potencia máxima alcanzada de 90,45 hp la cual se obtuvo a una velocidad de 140 km/h y a un régimen de giro del MCI de 4128 rpm y del MG2 de 10596 rpm. En cuanto al par se determinó que su valor máximo fue de 102,77 Nm a la velocidad de 57 km/h a un régimen de giro del MCI de 1675 rpm y del MG2 de 4320 rpm.

Figura 40
Gráfica 4 Par/Potencia de Prius 3G después de ser reprogramado.



En la Figura 40 se puede observar el resultado obtenido de la segunda prueba ejecutada en la cual se obtuvo una potencia máxima de 85,76 hp obtenidos a la velocidad de 133 km/h a un régimen



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



de giro de MCI de 3921 rpm y 10256 rpm del MG2. El par máximo logrado durante esta prueba fue de 112,29 Nm a una velocidad de 55 km/h con un régimen de giro del MCI de 1486 rpm y 3905 rpm del MG2.

Tabla 8.

Resultado de prueba par/potencia después de ser reprogramado.

		Velocidad	Régimen	Valor
Prueba 1	Potencia (hp)	141 km/h	4128 MCI / 10596 MG2	90,45
	Par (Nm)	57 km/h	1675 MCI / 4320 MG2	102,77
Prueba 2	Potencia (hp)	133 km/h	3921 MCI / 10256 MG2	85,76
	Par (Nm)	51 km/h	1486 MCI / 3905 MG2	112,29

4.4 Análisis de resultados.

4.4.1 Pruebas Dinamométricas.

Para realizar un análisis más preciso sobre las pruebas dinamométricas se optó por realizar dos gráficas que muestren los resultados de las pruebas ejecutadas antes y después de la reprogramación de los módulos. Estas gráficas se obtuvieron mediante el cálculo de promediar los valores obtenidos de las gráficas 37, 38 y de igual manera con las gráficas 39 y 40.



Figura 41

Gráfico promediado de Par-potencia antes de la reprogramación.

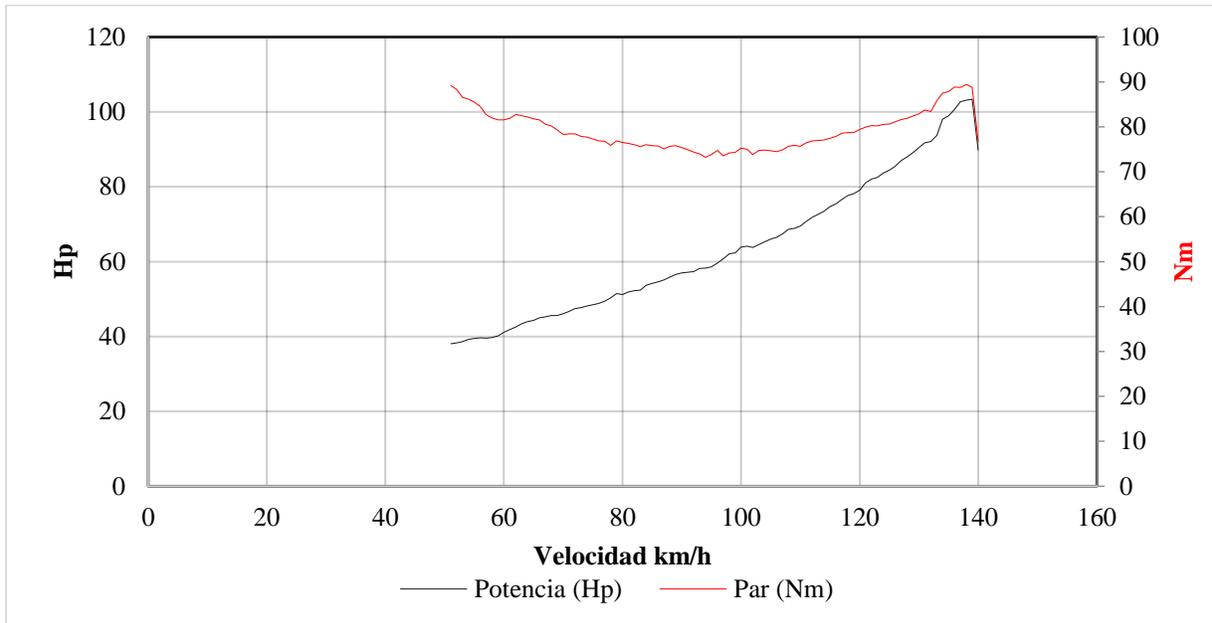
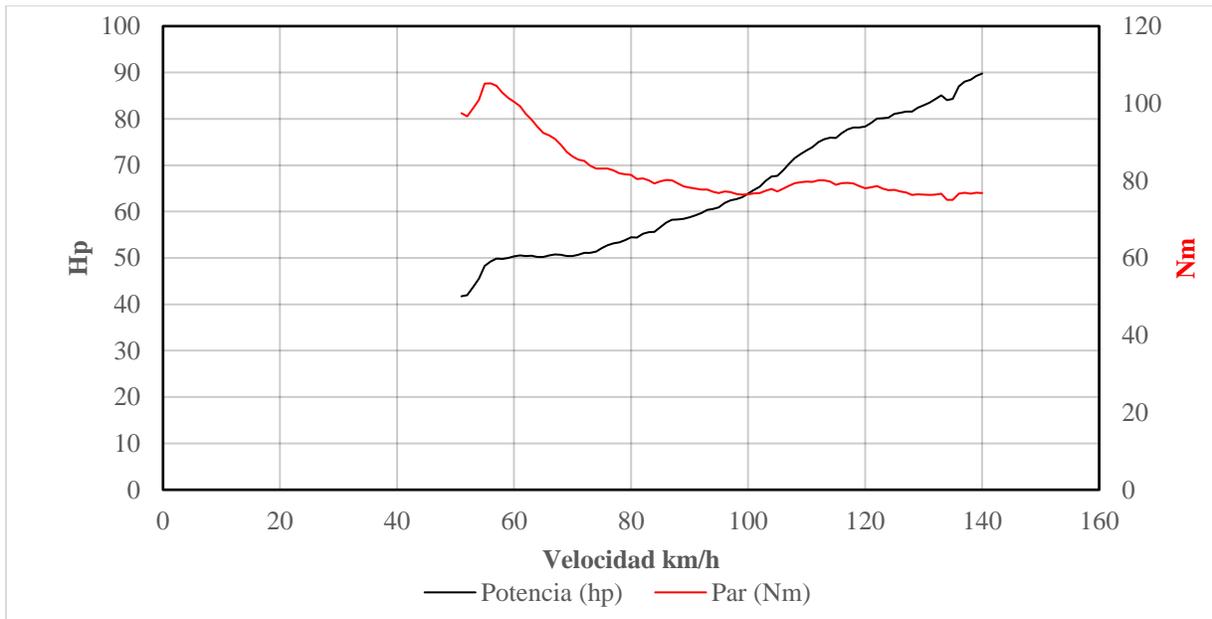


Figura 42

Gráfico promediado de Par-potencia después de la reprogramación.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



La Figura 41 muestra la gráfica promediada de las pruebas ejecutadas antes de realizar la reprogramación, los valores máximos de potencia y par obtenidos son de 103,38 hp y 89,44 Nm.

En la Figura 42 se representa la gráfica promediada de las pruebas dinamométricas obtenidas después de la reprogramación. Los valores máximos de potencia y par obtenidos fueron de 89,78 hp y 105,19 Nm.

La reprogramación de los módulos ECM y ECU HV del Toyota Prius 3G resultó en una disminución de la potencia máxima del vehículo. No obstante, esta reducción solo se presenta en el rango de velocidad entre 120 km/h y 140 km/h, un intervalo que rara vez se utiliza en este tipo de vehículos. Por otro lado, se observó un incremento del par desde los 50 km/h hasta los 120 km/h, lo que se traduce en un mejor rendimiento del vehículo a bajas y medias revoluciones. Este aumento de par permite al motor de combustión trabajar con menor esfuerzo en condiciones de carga moderada, contribuyendo a una reducción en el consumo de combustible lo que representa una menor producción de emisiones contaminantes.

4.4.2 Prueba de Consumo de Corriente.

En cuanto al análisis de la prueba de consumo de corriente del paquete de baterías ejecutado antes y después de reprogramar la ECU HV se pueden observar en las Figuras 43 y 44.

Estos datos se extrajeron con el software GTS+ mediante un análisis de datos en vivo de la unidad de gestión de control híbrido, este software ofrece una opción para poder registrar los datos que queramos en un archivo de formato .csv el cual sirve para poder realizar las respectivas gráficas que se muestran a continuación.



Figura 43

Consumo de Corriente a 30 km/h antes de la reprogramación.

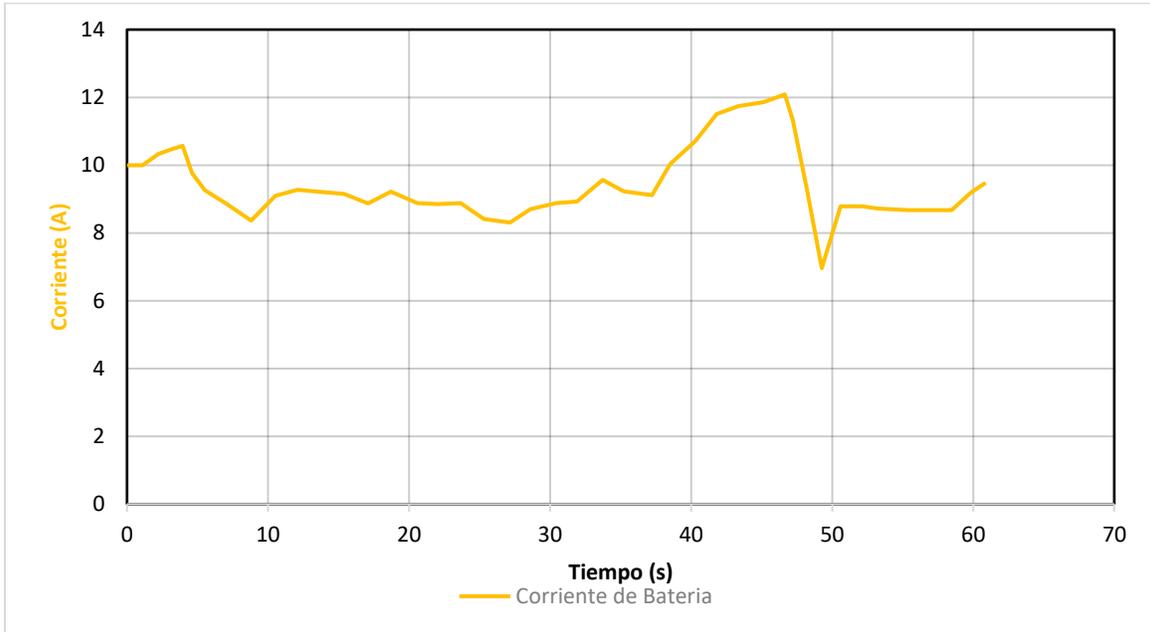
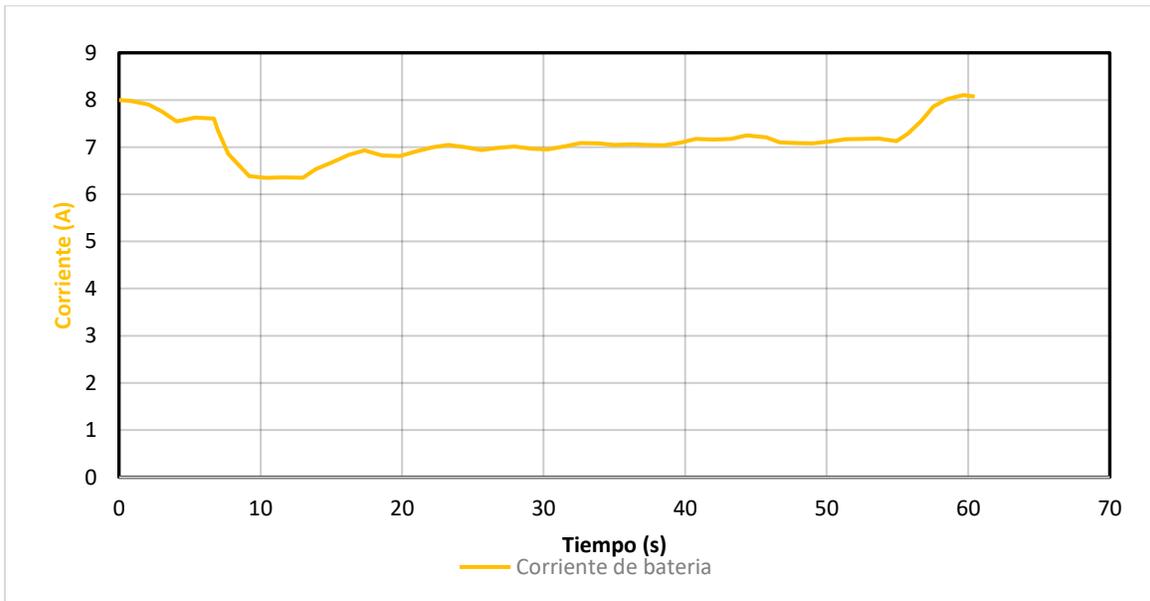


Figura 44

Consumo de Corriente a 30 km/h después de la reprogramación.





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



En la Figura 43 los valores de corriente oscilan entre 6,96 A y 12,08 A. Se promediaron los valores obtenidos dando como resultado un promedio de consumo de corriente de 9,46 A.

Los resultados obtenidos luego de la reprogramación de la ECU HV en cuanto al consumo de corriente del paquete de baterías se ilustran en la Figura 44. En este caso el consumo de corriente oscila entre 6,35 y 8,10 A. Con lo cual el consumo medio de los datos obtenidos durante esta prueba fue de 7,16 A.

Se observa una disminución notable en el consumo de corriente del paquete de baterías tras la reprogramación de la ECU HV. Una menor corriente implica una menor generación de calor, lo que reduce el calentamiento del sistema. Esta disminución térmica contribuye a una menor degradación química de las celdas, favoreciendo así una mayor vida útil del paquete de baterías.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Una actualización de software en un vehículo híbrido es una reescritura en los ajustes que lleva un módulo ECM, BCM, ABS, ECU HV con una nueva versión de software. Estas actualizaciones son lanzadas generalmente mediante campañas que realiza el fabricante con el propósito de mejorar o corregir algún problema que se haya detectado en una unidad a través de una nueva calibración.
- Gracias a la investigación, se determinó que el protocolo J2534-1 facilitó la reprogramación del módulo ECM. Por su parte, J2534-2, que constituye una actualización del protocolo J2534, permitió realizar la actualización del módulo de gestión de control híbrido del Toyota Prius 3G sin necesidad de desmontar esta ECU. Este protocolo resulta especialmente útil para este tipo de vehículos, ya que todo el proceso se llevó a cabo a través del conector DLC, utilizando la interfaz Mongoose Plus MFC3.
- Para el módulo ECM del Toyota Prius 3G de la presente investigación, no se encontraron actualizaciones disponibles a través de la plataforma oficial de Toyota. Por lo tal se cargó un archivo diferente mediante una programación directa a la ECU con una interfaz J2534 utilizando la herramienta BitBox. Mediante las pruebas dinamométricas se llegó a la conclusión de que la reprogramación del módulo produjo un aumento de Par en un 17,6% con respecto al valor máximo registrado antes de reprogramar el módulo. Sin embargo, se presentó una disminución de la potencia máxima alcanzada en un 13,15 %. Con estos datos



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



registrados se verifica que la nueva calibración instalada busca que el vehículo funcione mejor a bajas o medias rpms, permitiendo una reducción en el consumo de combustible y una mejor respuesta del vehículo en situaciones como aceleraciones desde parado, pendientes o carga adicional.

- El módulo de control híbrido si contó con actualizaciones disponibles a través del sitio oficial de Toyota. Es por esto por lo que se utilizó CUW+ para la instalación de estas calibraciones. Las calibraciones que se instalaron fueron las de los CIDs número 2,3 y 4 de las versiones 896B54701000, 898844701200, 898844702100 a las versiones 896B54701100, 898844701400, 898844702300. La reprogramación del control híbrido tuvo un impacto en la prueba de consumo de corriente del paquete de baterías porque se notó una disminución en el consumo de un 24,31% con respecto al valor obtenido antes de reprogramar esta unidad de control. Esto implica que la actualización pretende prolongar la vida útil del paquete de baterías, ya que un menor consumo de corriente implica una reducción al desgaste de las celdas por una reducción en su temperatura.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Recomendaciones

- Para asegurar la validez y comparabilidad de los resultados en las pruebas dinámicas se recomienda aplicar un factor de corrección estandarizado que compense los efectos de la altitud sobre la potencia del motor. Esto permitirá ajustar las mediciones y obtener datos más representativos que reflejen el rendimiento real del vehículo bajo condiciones de altitud.
- Reprogramar una ECU conlleva su riesgo y para minimizarlos se debe cuidar aspectos importantes como: resolver cualquier DTC que se encuentre almacenado en la unidad antes de continuar con esta intervención, el nivel de batería debe estar por encima de 12 V, tener una conexión a internet estable, en caso de utilizar una laptop asegurarse de tener un nivel de batería adecuado o estar conectado a una fuente de alimentación, si existe un boletín de servicio, seguir sus indicaciones.
- Es fundamental seguir investigando los procesos de lectura y escritura en las unidades de control de gestión híbrida en los vehículos que las incorporan, ya que es necesario contar con un respaldo de estas unidades para prevenir posibles problemas durante cualquier proceso de reprogramación.
- Se recomienda ampliar el alcance de la investigación realizando pruebas de reprogramación en una variedad de modelos y versiones de vehículos híbridos de diferentes fabricantes. Dado que cada fabricante implementa estrategias de control específicas en sus sistemas de gestión electrónica.



Referencias Bibliográficas

- [1] Secretaría Nacional de Planificación, “Plan de Creación de Oportunidades 2021 - 2025”, 2021, Consultado: el 1 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Plan-de-Creaci%C3%B3n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado_compressed.pdf
- [2] Auto Avance, “Tips para Reprogramar ECU con J2534”, <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/119-tips-para-reprogramar-la-ecu-con-j2534/>.
- [3] S. A. HERNÁNDEZ PANTOJA, “INVESTIGACIÓN DE TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y PROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ DE LOS MÓDULOS MEDIANTE EL USO DE INTERFACES”, 2020, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22756>
- [4] P. B. Celi Vélez y D. F. Montesdeoca Montesdeoca, “OPTIMIZACIÓN DEL VEHÍCULO HYUNDAI GETZ 1.5 CRDI, MEDIANTE LA REPROGRAMACIÓN DE LA ECU ORIGINAL VÍA OBD II, PARA EL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DEL MOTOR EN LA CIUDAD DE CUENCA”, Cuenca, jul. 2021. Consultado: el 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20921/1/UPS-CT009252.pdf>
- [5] E. E. Moreno, “ESTUDIO DE REPROGRAMACIÓN PARA UN AUMENTO DE POTENCIA EN GOLF V 1.4 TSI DE 122 CV”, jun. 2021, Consultado: el 31 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/357178>
- [6] M. Olszewski y S. A. Rogers, “EVALUATION OF THE 2010 TOYOTA PRIUS HYBRID SYNERGY DRIVE SYSTEM Oak Ridge National Laboratory Energy Efficiency and Renewable Energy FreedomCAR and Vehicle Technologies Vehicle Systems Team”, 2011. [En línea]. Disponible en: <http://www.osti.gov/contact.html>
- [7] ALINA MOORE, “2010 Toyota Prius”, <https://www.topspeed.com/cars/toyota/2010-toyota-prius/>.
- [8] “2000 Toyota Prius I (NHW11) 1.5 VVT-i (101 Hp) Hybrid e-CVT | Technical specs, data, fuel consumption, Dimensions”. Consultado: el 5 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.auto-data.net/en/toyota-prius-i-nhw11-1.5-vvt-i-101hp-hybrid-e-cvt-3553>
- [9] “2003 Toyota Prius II (NHW20) 1.5 VVT-i (113 CV) Hybrid e-CVT | Ficha técnica y consumo , Medidas”. Consultado: el 5 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.auto-data.net/es/toyota-prius-ii-nhw20-1.5-vvt-i-113hp-hybrid-e-cvt-3552>
- [10] “2009 Toyota Prius III (ZVW30) 1.8 VVT-i (136 CV) Hybrid e-CVT | Ficha técnica y consumo , Medidas”. Consultado: el 5 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.auto-data.net/es/toyota-prius-iii-zvw30-1.8-vvt-i-136hp-hybrid-e-cvt-3551>
- [11] U. S. A. , I. Toyota Motor Sales, “HYBRID SYSTEMS Course 071 Technician Handbook”, 2009.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



- [12] A. Alejandro López Sebastián Director Mario Maza Frechín, “Trabajo Fin de Máster Estudio del Tren de Potencia del Toyota Prius y la influencia de la batería en los diferentes modos de conducción”, 2013. [En línea]. Disponible en:
<https://zaguan.unizar.es/record/12929/files/TAZ-TFM-2013-1101.pdf>
- [13] Graham Davies, “Prius: dispositivo repartidor de potencia”.
- [14] drivecar.es, “Descubre Para Qué Sirve El Modo PWR de Toyota: Todo lo Que Necesitas Saber”, Drivercar.
- [15] FIXD Research Team, “What Is An Engine Control Module (ECM) & How Does It Work?” Consultado: el 18 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.fixdapp.com/blog/engine-control-module/>
- [16] Academia Automotriz AutoSoporte, “Conociendo los circuitos de procesamiento de datos de una ECU”.
- [17] Fernando Augeri, “El Módulo Inversor del Toyota Prius”. Consultado: el 18 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/235-el-m%C3%B3dulo-inversor.html?tmpl=component&print=1>
- [18] “FUJITSU TEN ‘ECU de control del sistema híbrido (HV)’ en TOYOTA ‘Prius’ de 3ª generación -Contribución a la eficiencia del combustible y al logro en el ahorro de peso y tamaño- | Año 2009 | Comunicados de prensa | DENSO TEN”. Consultado: el 5 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.denso-ten.com/release/2009/20090727_01_e.html
- [19] “SAE MOBILUS”. Consultado: el 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en:
https://saemobilus.sae.org/content/j2534/1_201510
- [20] “J2534 Explained: What You Need to Know in 2024”. Consultado: el 6 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.autopi.io/blog/j2534-explained/>
- [21] 2024 Bosch Automotive Service, “J2534 Preguntas frecuentes”, 2024 Bosch Automotive Service.
- [22] Ariel Rodríguez, “Qué es el BCM de un auto y cómo funciona”, SiempreAuto. Consultado: el 4 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://siempreauto.com/que-es-el-bcm-de-un-auto-y-como-funciona/>
- [23] Francesc Subirats, “¿Qué es el Pass Thru?”, 2021. Consultado: el 18 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.monlau.com/corporate/que-es-pass-thru/>
- [24] “CarDAQ Plus 3 Interface J2534 R2R Diagnostic Scantool - Diagnoex”. Consultado: el 6 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://diagnoex.com/products/cardaq-plus-3-interface-j2534-r2r-diagnostic-scantool>
- [25] TOYOTA, “Frequently Asked Questions”, may 2021. [En línea]. Disponible en:
<https://techinfo.toyota.com>
- [26] Inc. Toyota Motor Sales, “ Factory Service Information and Diagnostics for your shop!”, TIS.
- [27] BitBox - Software for chip tuning, “BitBox - ECU reflash software”,
<https://bitsoftware.com/bitbox>.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



- [28] “BitBox - ПО для чип тюнинга.” Consultado: el 6 de noviembre de 2024. [En línea].
 Disponible en: <https://bitbox.ru/>
- [29] G. JERRY TRUGLIA, “REPROGRAMMING WITH J2534”, pp. 80–81, 2015.
- [30] Auto Avance, “Reprogramación con J2534”, Reprogramación con J2534.
- [31] “Mongoose - Plus User Guide”. Consultado: el 6 de noviembre de 2024. [En línea].
 Disponible en: <https://8362832.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/8362832/Mongoose%20Plus%20User%20Guide%20Digital%203=-21-22-1.pdf>
- [32] “ACCO - Toyota Global TechStream Plus (Toyota GTS+) | Automotive Software, Repair Manuals, Coding, Programming, Chip Tuning and more”. Consultado: el 7 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dhtauto.com/dht/store/toyota-global-techstream-plus-toyota-gts.205/>
- [33] Toyota Motor Corporation, “Manual de desmantelación del vehículo híbrido”, 2009, Consultado: el 9 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://techinfo.toyota.com/techInfoPortal/staticcontent/en/techinfo/html/prelogin/docs/priusdisman3rd-ES.pdf>
- [34] Vamag., *Manual de Operación y Mantenimiento.*, vol. 1. Italia: CE. , 2017.
- [35] “ISO 1585:2020 - Road vehicles — Engine test code — Net power”. Consultado: el 3 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/70078.html>



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



ANEXOS

ANEXO I

Techstream + Laptop + Interface J2534



ANEXO II

Toyota prius sobre rodillos del dinamómetro.



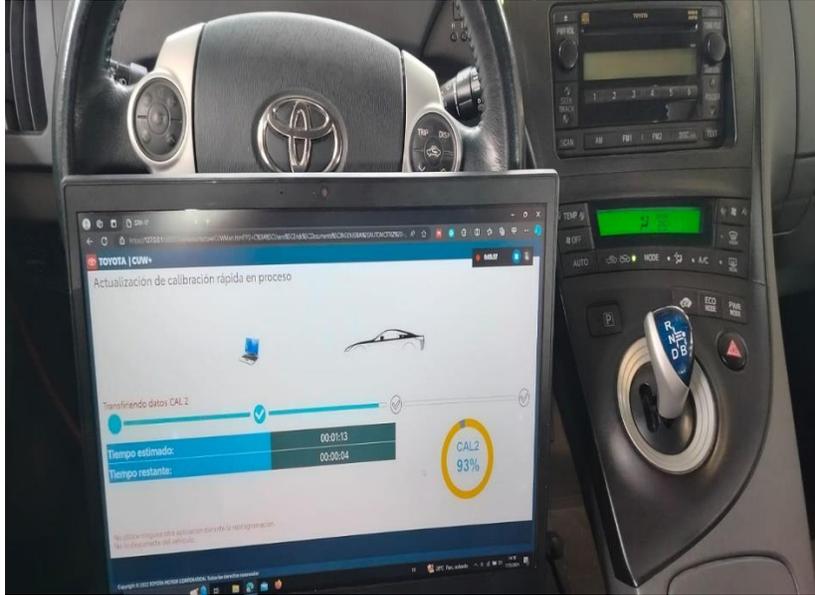


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



ANEXO III

Instalación de calibraciones en Toyota prius 2010.



ANEXO IV

Toma de datos durante las pruebas.

