UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PROGRAMABLE PARA EL AUMENTO DE RENDIMIENTO DEL MOTOR 1.5 EN UN VEHÍCULO TOYOTA YARIS

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

AUTORES: EDUARDO MATEO VALDEZ YANES

JORDAN OSWALDO ROMERO PALADINES

TUTOR: ING. LAURO FERNANDO BARROS FAJARDO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Eduardo Mateo Valdez Yanes con documento de identificación N° 0106138647 y Jordan Oswaldo Romero Paladines con documento de identificación N° 0705753317; 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, 02 de agosto del 2024

Atentamente,

Eduardo Mateo Valdez Yanes
0106138647

Jordan Oswaldo Romero Paladines
0705753317

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

Nosotros, Eduardo Mateo Valdez Yanes con documento de identificación N° 0106138647 y Jordan Oswaldo Romero Paladines con documento de identificación N° 0705753317, 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: "Implementación de un sistema electrónico programable para el aumento de rendimiento del motor 1.5 en un vehículo Toyota Yaris", 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, 02 de agosto del 2024

Atentamente,

Eduardo Mateo Valdez Yanes
0106138647

Jordan Oswaldo Romero Paladines
0705753317

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Lauro Fernando Barros Fajardo con documento de identificación N° 0103898318, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PROGRAMABLE PARA EL AUMENTO DE RENDIMIENTO DEL MOTOR 1.5 EN UN VEHÍCULO TOYOTA YARIS, realizado por Eduardo Mateo Valdez Yanes con documento de identificación N° 0106138647 y por Jordan Oswaldo Romero Paladines con documento de identificación N° 0705753317, 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, 02 de agosto del 2024

Atentamente,

Ing. Lauro Fernando Barros Fajardo, MSc.
0103653457

DEDICATORIA

Para empezar, primero quiero dar gracias a Dios y a la Virgen del cisne por cuidarme, guiarme y darme fuerzas en cualquier dificultad o problema que haya tenido, de igual manera a mi querida madre Ximena Yanes y a mi padre Eduardo Valdez por siempre apoyarme y darme esta oportunidad de estudio, a mi hermana Tamara Valdez que siempre estuvo ahí para apoyarme en todo momento.

De igual manera a mis abuelitos que siempre me han dicho que me enfoque en mis estudios y que no me descuide

También a todos a mis amigos que estuvieron apoyándome en cada momento, en especial a Bryan León que en paz descanse.

Eduardo Mateo Valdez Yanes

DEDICATORIA

En el umbral de este proyecto, alzo mi voz en agradecimiento y reflexión. A cada paso, la luz de la sabiduría divina me guió, y en cada desafío, la fuerza de mi familia me sostuvo.

A Dios, fuente inagotable de inspiración, le dedico este esfuerzo. En Su infinita misericordia, encontré respuestas a mis preguntas más profundas y coraje para enfrentar los obstáculos.

A mis padres, cuyas manos amorosas me enseñaron a escribir mis primeras letras, les dedico este logro. Vuestra fe en mí, vuestro sacrificio silencioso y vuestro amor incansable son mi mayor tesoro.

A mis hermanos, cómplices de risas y confidentes en las noches de estudio, les agradezco. Juntos trazamos caminos de aprendizaje y celebramos pequeñas victorias.

Este proyecto es un testimonio de gratitud hacia quienes me rodean. A mis amigos, profesores y compañeros de viaje, gracias por compartir este sendero académico.

Que estas palabras, tejidas con gratitud y esperanza, permanezcan como un faro en mi memoria. A todos ustedes, mi familia, mis amigos y mi fe, les dedico este proyecto con profundo cariño.

Jordán Oswaldo Romero Paladine

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios `por darme vida y salud para que haya podido realizar este proyecto y por ser mi fortaleza en momentos de dificultad de la vida, agradezco a mis padres Eduardo Valdez y Ximena Yanes por ser quienes me dieron esta oportunidad de estudio con cada sacrificio y apoyo me han permitido culminar la vida universitaria.

También quiero expresar mi ingratitud al Ing. Lauro Fernando Barros, MSc. Por su paciencia y apoyo de sus conocimientos que fue un apoyo para el desarrollo de este proyecto.

De igual manera a todos mis docentes que fueron desde el primer ciclo hasta el último ciclo de Ingeniería Automotriz, quienes mediante sus enseñanzas fueron formando en mi vida profesional.

Eduardo Mateo Valdez Yanes

AGRADECIMIENTO

En el culminar de este proyecto, deseo expresar mi profundo agradecimiento a quienes han sido parte fundamental de mi camino académico y personal.

A Dios: En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía constante. Su sabiduría y amor han iluminado cada paso de esta investigación.

Mis Padres: A mis padres, cuyas manos amorosas me enseñaron a escribir mis primeras letras, les dedico este logro. Vuestra fe en mí, vuestro sacrificio silencioso y vuestro amor incansable son mi mayor tesoro.

Mis Hermanos: A mis hermanos, cómplices de risas y confidentes en las noches de estudio, les agradezco. Juntos trazamos caminos de aprendizaje y celebramos pequeñas victorias.

Mi director/a de Tesis: Agradezco a mi director/a de tesis por su invaluable guía y apoyo. Su experiencia y conocimiento han sido una fuente inagotable de inspiración.

Profesores e Ingenieros: A todos mis profesores e ingenieros, quienes compartieron su conocimiento y desafiaron mi mente, les estoy agradecido/a. Vuestras enseñanzas han dejado huellas imborrables.

Compañeros de Viaje: A mis compañeros de carrera, quienes compartieron risas, dudas y proyectos, gracias por ser parte de este viaje académico.

Familiares y Amigos: A mis familiares y amigos, quienes celebraron mis logros y me apoyaron en los momentos difíciles, les dedico este esfuerzo.

Colaboradores de Investigación: A todas las personas que participaron en mi investigación, brindando su tiempo y conocimientos, les agradezco. Sin su colaboración, este trabajo no hubiera sido posible.

A Todos Ustedes: Que estas palabras, tejidas con gratitud y esperanza, permanezcan como un faro en mi memoria. A todos ustedes, mi familia, mis amigos y mis colaboradores, les dedico este proyecto con profundo cariño.

Jordán Oswaldo Romero Paladines

RESUMEN

En el presente proyecto redacta la implementación de una ECU programable MX3PRO en un vehículo Toyota Yaris con la finalidad de analizar el proceso de instalación, conexión y programación, se llegó a plantear la utilización de sistemas modernos y de última tecnología para conocer directamente el mapa de inyección y encendido de un motor que permita variar parámetros y así poder lograr aumentar la potencia.

El proyecto contiene una investigación bibliográfica que abarca temas de sobre la inyección electrónica, elementos que lo conforman, sensores, actuadores, etc., también existió pruebas de potencia mismas que se fue realizando en el banco dinamométrico para saber la comparación de potencias con la ECU original del vehículo y la ECU MX3PRO la cual fue implementada y reprogramada mediante el software TunerStudio.

En conclusión, el proyecto de tesis habla de una ECU programable MX3PRO que tuvo un buen rendimiento alcanzando una potencia de 111,6 Hp lo cual a comparación de la ficha técnica se llegó a ganar un incremento de 11HP.

Palabras claves: Instalación, Conexión, Programación, MX3PRO, mapa de inyección y encendido.

ABSTRACT

In this project we write the implementation of a programmable ECU MX3PRO in a Toyota Yaris vehicle in order to analyze the process of installation, connection and programming, we came to propose the use of modern systems and latest technology to directly know the injection and ignition map of an engine that allows varying parameters and thus be able to achieve increased power.

The project contains bibliographic research that covers topics on electronic injection, elements that make it up, sensors, actuators, etc., there were also power tests that were performed on the dynamometric bench to know the power comparison with the original ECU of the vehicle and the ECU MX3PRO which was implemented and reprogrammed using the TunerStudio software.

In conclusion, the thesis project talks about a programmable ECU MX3PRO that had a good performance reaching a power of 111.6 Hp which compared to the technical data sheet was an increase of 11HP.

Keywords: Installation, Connection, Programming, MX3PRO, injection and ignition map.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA ..... ***V***

AGRADECIMIENTO ..... ***V***

RESUMEN ..... ***X***

I. INTRODUCCIÓN ***1***

II. PROBLEMA ***2***

III. Delimitación ***2***

IV. OBJETIVOS ***3***

a. Objetivo General 3
b. Objetivos Específicos 3

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL ***4***

1.1 Historia del Vehículo para estudiar "Toyota Yaris 1.5" 4
1.2 Toyota Yaris 4
1.3 Ficha Técnica del Toyota Yaris 5
1.4 Funcionamiento de la ECU 6
1.5 Sistema de inyección electrónica 7
1.6 Ventajas de la inyección electrónica 7
1.7 Sensores del sistema de control del motor 8
1.8 Funcionamiento del OBD II 14
1.9 Numero de pines del OBD II 15
1.10 Detección de fallos 15
1.11 Circuitos principales de la ECU 15
1.12 Bloques que conforman una ECU 16
1.13 Funciones de la ECU 18
1.14 Tipos de ECUS reprogramables y modelos más comerciales 18
1.15 Ventajas y Desventajas de las ECU reprogramable 21
1.16 Tipos de Softwares de reprogramación 24
1.17 Descripción general sobre el software TunerStudio 26

2. ECU PROGRAMABLE MX3 PRO ***28***

2.1 GENERALIDADES DE LA ECU MX3 PRO 28
2.2 ECU MX3PRO 30

2.3 Finalidad de la ECU MX3PRO 31
2.4 Características de la MX3PRO 31
2.5 Parámetros para tomar en cuenta antes de la instalación de la ECU MX3PRO 32
2.6 Principios generales de instalación y cableado 33
2.7 Diagramas eléctricos 33
3. PROCESO DE LA INSTALACION Y PROGRAMACION DE LA ECU MX3PRO 35

3.1 Desmontaje del cableado 35
3.2 Desmontaje de la ECU original 35
3.3 Extracción del cableado y la identificación para cada uno de los sensores y actuadores 36
3.4 Sensores y Actuadores con los que se va a trabajar 37
3.5 Programación de la ECU MX3PRO 43
3.6 Pantalla de comunicación 43
3.7 Configuraciones básicas antes del primer encendido 44
3.8 Mapas de inyección 47
3.9 Banco Dinamométrico 48
3.10 Objetivo del banco dinamométrico 49
3.11 Protocolo para elaborar el banco dinamométrico 49
3.12 Configuración del Dinamómetro 50
3.13 Procedimiento de Prueba 51
3.14 Comparación de resultados 52
V. Resultados 56

VI. Conclusiones 57

VII. Recomendaciones 58

VIII. Anexos 58

IX. BIBLIOGRAFÍA 59

I. INTRODUCCIÓN

Los vehículos en la actualidad definen su eficiencia en relación al sistema de gestión electrónica del motor a través de la unidad de control (ECU), misma que desempeña un papel fundamental en los parámetros que intervienen en la combustión interna del motor de un automóvil, ya que requiere recibir información precisa de múltiples sensores ubicados a lo largo en el motor, que incluyen los sensores que interviene en esta gestión que van desde el sensor del pedal del acelerador hasta los de temperatura del combustible, líquido refrigerante y aire, sensor de régimen de revoluciones y el de posición del servomotor, que son responsables de contribuir señales que se consideran para estratificar la mescla adecuada en el motor para la definición de rendimiento en condiciones geográficas de trabajo.

En el presente proyecto la "Implementación de un sistema electrónico programable para el aumento de rendimiento del motor 1.5 en un vehículo Toyota Yaris", se busca mejorar el rendimiento del motor del vehículo con el fin de aumentar la potencia y par, lo que se puede lograr a través de estrategias de mapeo de inyección pegadas a situaciones reales de trabajo, permitidas solo en sistemas reprogramables

Con la ayuda de la nueva ECU programable (MX3PRO) que se implementa utilizando el mismo cableado, sensores y actuadores que son compatibles con el sistema, se debe realizar la programación y calibraciones con la ayuda de una PC en la que se instalara el software TunerStudio para que así pueda controlar y funcionar de manera adecuada el motor del vehículo.

II. PROBLEMA

En la industria automotriz, la electrónica es esencial, ya que hay varios fabricantes que han adoptado sistemas electrónicos para potenciar el desempeño de los vehículos, esto marca una gran importancia en autos de competición, que son preparados a partir de vehículos de serie, donde se obtiene una mejora de potencia, sin la necesidad de modificar partes mecánicas.

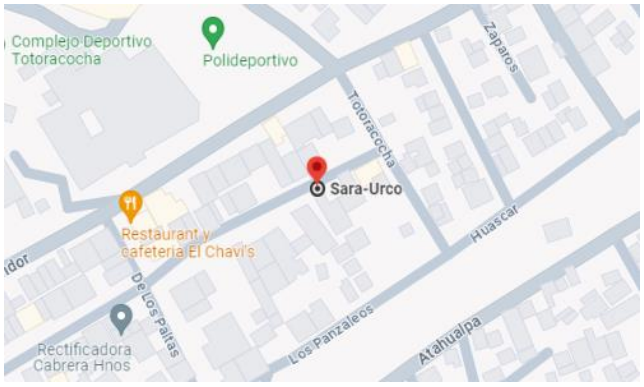
La Unidad de Control Electrónica (ECU) de motor, es la encarga de gestión el correcto funcionamiento del motor a través de recibir información de varios sensores, que se consideran como parámetros para modificar la dosificación del combustible, tiempo de ignición, límite de revoluciones, etc. Muchas personas no quedan satisfechas con el rendimiento que tiene el vehículo de fabrica lo cual optan por un sistema de inyección y encendido programable así dando total libertad para poder manipular los parámetros, Según (Cosmos, 2018), sin embargo, la efectividad de esta implementación no se ha evaluado en términos de rendimiento por lo que es necesario llevar a cabo estudios de este.

III. Delimitación

El presente proyecto, se llevará a cabo en la Provincia del Azuay, Ciudad de Cuenca, en el sector Totoracocha en la mecánica Perform Auto Service.

Figura 1

Mapa de ubicación



Fuente: Autores

IV. OBJETIVOS

a. Objetivo General

Implementar un sistema electrónico programable para el aumento de rendimiento del motor 1.5 en un vehículo Toyota Yaris

b. Objetivos Específicos

- Investigar el marco teórico a través de fuentes bibliográficas sobre el funcionamiento de la ECU y aplicaciones.
- Información General de la ECU (MX3PRO) y su manual de instalación.
- Reprogramar la ECU (MX3PRO) del vehículo Toyota Yaris mediante el software TunerStudio y Comprobar la eficacia de la reprogramación mediante pruebas en el Dinamómetro.

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

1.1 Historia del Vehículo para estudiar “Toyota Yaris 1.5”

La primera generación del Toyota Yaris debutó en el mercado asiático en enero de 1999 bajo el nombre de Toyota Vitz y llegó a Europa en abril del mismo año. Esta versión inicial se ofreció en tres configuraciones: hatchback, coupé y sedán. En 2003, recibió una actualización que incluyó algunos ajustes estéticos tanto en el exterior como en el interior, así como la incorporación de frenos de disco en las cuatro ruedas. Los motores fueron modificados para cumplir con las normativas de control de emisiones por fuentes móviles y para aligerar peso, por lo que se fabricaron de aluminio, tanto el bloque como la culata. Además, todas las unidades vinieron equipadas de serie con frenos ABS.

1.2 Toyota Yaris

El Toyota Yaris es un coche del segmento B fabricado por la compañía japonesa Toyota. Ha tenido cinco generaciones, lanzadas en 1999, 2005, 2010, 2014 y 2020. Estas versiones están disponibles en configuraciones de carrocería hatchback de tres y cinco puertas, así como en sedán de cuatro puertas, siendo la última generación disponible solo en la variante de cinco puertas. Los motores suelen ser de gasolina con cilindradas de 1.0, 1.3 y 1.5 litros, todos con 16 válvulas y tecnología VVT-i; además de un motor diésel de 1.4 litros con el código 1NZ-FE. En algunos países, el Yaris tiene motores específicos, como un motor de gasolina de 1.8 litros y 130 CV para el Yaris II en Europa, y un motor de gasolina turboalimentado de 1.5 litros con 156 CV para el Toyota Vitz RS en Asia

Figura 2

Toyota Yaris

Fuente: Autores

1.3 Ficha Técnica del Toyota Yaris

En el trabajo investigativo tiene como modelo del Toyota Yaris 2005, en la tabla 1 se indica las especificaciones del mismo determinando así una relación directa con la unidad programable MX3PRO nos ofrece, las características que nos presenta este modelo de Toyota son las siguientes:

Tabla 1

Ficha técnica

Depósito de combustible	
Gasolina	45 l
Filtro de partículas	No
Volúmenes de maletero	
Volumen con una fila de asientos disponible	950 litros
Volumen mínimo con dos filas de asientos disponibles	205 litros
Número de plazas	5
Distribución de asientos	2 + 3
Resumen del sistema de propulsión	
Potencia máxima	105 CV / 77 kW
Par máximo	143 Nm
Motor de Combustión	
Propósito	Impulsar el vehículo
Combustible	Gasolina
Potencia máxima	105 CV / 77 kW
Revoluciones potencia máxima	6.000 rpm
Par máximo	143 Nm
Revoluciones par máximo	4.200 rpm
Situación	Delantero transversal
Número de cilindros	4
Prestaciones y consumos homologados	
Velocidad máxima	190 km/h
Aceleración 0-100 km/h	9 s
Consumo NEDC	
Extraurbano	5,7 l/100 km
Urbano	8,7 l/100 km
Medio	6,8 l/100 km
Normativa de emisiones	No disponible
Distintivo ambiental DGT	B B
Dimensiones, peso, capacidades	
Tipo de Carrocería	Turismo
Número de puertas	3
Longitud	3.660 mm
Anchura	1.660 mm
Altura	1.485 mm
Batalla	2.370 mm
Vía delantera	1.445 mm
Vía trasera	1.420 mm
Coeficiente Cx	0,32
Peso	950 kg

Disposición de los cilindros	En línea
Material del bloque	Aluminio
Material de la culata	Aluminio
Diámetro	75 mm
Carrera	84,7 mm
Cilindrada	1.497 cm^3
Relación de compresión	10,5 a 1
Distribución	
Válvulas por cilindro	4
Tipo de distribución	Dos árboles de levas en la culata
Alimentación	Inyección Indirecta.

1.4 Funcionamiento de la ECU

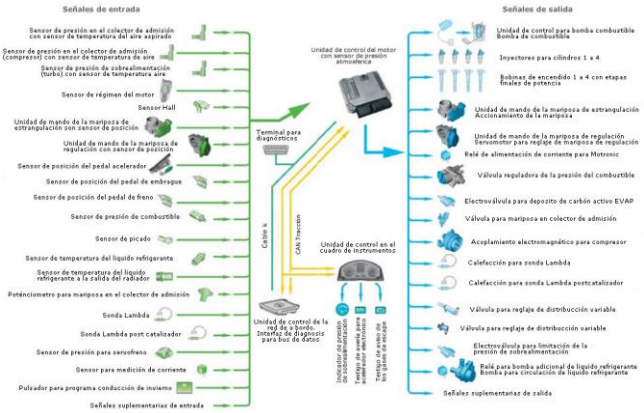
La ECU o centralita podría ser comparada con el cerebro. Es desde aquí donde se emiten la mayoría de las instrucciones para que el motor responda correctamente y funcione de manera eficiente en las condiciones de trabajo. Aunque los vehículos modernos están equipados con varias centralitas, la del motor destaca por su importancia.

La ECU cuenta con conectores que reciben señales de entrada y salida, que son recibidas desde los sensores que conocidos como Inputs (o in), estas señales alimentan de informaciones físicas al módulo para que genere respuestas adecuadas, sobre los actuadores que ajustan el pulso de inyección o el avance, entre otras funciones, con el fin de encargarse de controlar aspectos críticos como los parámetros de combustión interna del automóvil que pueden ser como:

- Mezcla Aire Combustible
- Velocidad de marcha mínima o ralentí del motor
- Encendido Electrónico
- Control electrónico de válvulas variables

Figura 3

Funcionamiento de la ECU



Fuente: Autodoc Club (2024). *Blog Coches*
https://club.autodoc.es/magazin/que-es-la-ecu-y-como-funciona

1.5 Sistema de inyección electrónica

La inyección electrónica es un sistema avanzado de gestión de combustible utilizado en vehículos modernos, reemplazando los sistemas de carburación tradicionales. Funciona mediante sensores que monitorean variables críticas como la carga del motor, la temperatura ambiente y la posición del acelerador. Estos sensores envían datos precisos a una unidad de control electrónica (ECU), que calcula y ajusta la cantidad de combustible inyectado en cada cilindro del motor. La principal ventaja de la inyección electrónica es su capacidad para dosificar la mezcla aire-combustible de manera precisa y en tiempo real, optimizando así el rendimiento del motor y reduciendo las emisiones contaminantes. Además, mejora la respuesta del motor, especialmente en condiciones de arranque en frío y aceleración rápida.

Este sistema facilita también el diagnóstico de problemas gracias a los códigos de error almacenados en la ECU, que pueden ser interpretados mediante herramientas de diagnóstico especializadas. La inyección electrónica se utiliza ampliamente en una variedad de vehículos, desde automóviles de pasajeros hasta camiones y vehículos de competición, debido a sus beneficios en eficiencia, rendimiento y control ambiental.

1.6 Ventajas de la inyección electrónica

La inyección electrónica ofrece varias ventajas significativas sobre los sistemas de carburación tradicionales en los vehículos:

- **Mayor precisión en la mezcla aire-combustible:** La inyección electrónica permite ajustar la cantidad de combustible inyectado de manera más precisa según las condiciones de operación del motor, como la carga y la temperatura. Esto resulta en una combustión más eficiente y una mejor economía de combustible.

- **Menores emisiones contaminantes:** Al controlar con precisión la mezcla aire-combustible, la inyección electrónica ayuda a reducir las emisiones de gases contaminantes, cumpliendo con las normativas ambientales más estrictas.

- **Mejor rendimiento del motor:** Permite una respuesta más rápida y suave del motor en comparación con los sistemas de carburación, especialmente en aceleraciones y desaceleraciones.

- **Mayor fiabilidad y durabilidad:** Los componentes electrónicos utilizados en los sistemas de inyección son menos propensos a desgastarse o sufrir daños en comparación con los componentes mecánicos de los sistemas de carburación, lo que resulta en una mayor fiabilidad y una vida útil más larga.

- **Adaptabilidad a diferentes condiciones de conducción**: La inyección electrónica puede ajustar automáticamente la mezcla aire-combustible según la altitud, la temperatura ambiente y otras condiciones variables, lo que optimiza el rendimiento del motor en todo momento.

- **Facilidad de diagnóstico y mantenimiento:** Los sistemas de inyección electrónica suelen estar equipados con capacidades de auto-diagnóstico que pueden identificar y registrar fallas específicas del motor, facilitando así el proceso de mantenimiento y reparación.

1.7 Sensores del sistema de control del motor

Los sensores de los que generalmente están constituidos un motor, para su gestión electrónica son los siguientes:

1.7.1 **Sensor de Posición del Acelerador (TPS):** Monitorea la posición del pedal del acelerador para ajustar la mezcla de aire y combustible.

Figura 4

Sensor TPS

Sensor de Posición del Acelerador (TPS) toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.7.2 **Sensor de Posición del Cigüeñal**: Detecta la posición y velocidad del cigüeñal para controlar el tiempo de encendido y la sincronización de la inyección de combustible.

Figura 5

Sensor de Posición del cigüeñal

Sensor de Posición del cigüeñal toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.7.3 **Sensor de Posición del Árbol de levas**: Monitorea la posición del árbol de levas para gestionar el tiempo de apertura y cierre de las válvulas.

Figura 6

Sensor de Posición del Árbol de levas

Sensor de Posición del Arbol de levas toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.7.4 **Sensor de Temperatura del Refrigerante del Motor (ECT)**: Mide la temperatura del refrigerante para ajustar la mezcla de combustible y el tiempo de encendido, así como para activar el ventilador del radiador cuando sea necesario.

Figura 7

Sensor ECT

Sensor de temperatura del refrigerante del motor (ECT) toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.7.5 **Sensor de Temperatura del Aire de Admisión (IAT)**: Mide la temperatura del aire que entra en el motor para ajustar la mezcla de combustible.

Figura 8

Sensor IAT

Sensor de temperatura del Aire de admisión (IAT) toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.7.6 **Sensor de Masa de Aire (MAF)**: Mide la cantidad de aire que entra en el motor para calcular la cantidad adecuada de combustible que se debe inyectar.

Figura 9

Sensor MAF

Sensor de Masa de Aire(MAF) toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.7.7 **Sensor de Presión del Colector de Admisión (MAP)**: Mide la presión del aire en el colector de admisión para ayudar a determinar la cantidad de combustible necesaria.

Figura 10

Sensor MAP

Sensor de Presion del colector de admisión(MAP) toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.7.8 **Sensor de Oxígeno (O2)**: Mide la cantidad de oxígeno en los gases de escape para ajustar la mezcla de aire y combustible y optimizar la eficiencia del combustible y las emisiones.

Figura 11

Sensor de Oxigeno

Sensor de Oxigeno (O2) toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.7.9 **Sensor de Nivel de Combustible**: Monitorea el nivel de combustible en el tanque para proporcionar información al conductor y al sistema de gestión del motor.

Figura 12

Sensor de nivel de combustible

Sensor de Nivel de Combustible toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.7.10 **Sensor de Detonación (Knock Sensor)**: Detecta vibraciones que podrían indicar detonación o preignición en el motor, ajustando el tiempo de encendido para evitar daños.

Figura 13

Sensor de detonación

Sensor de Detonación toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.7.11 **Sensor de Presión del Aceite**: Monitorea la presión del aceite del motor para asegurar una lubricación adecuada.

Figura 14

Sensor de presión de aceite

Sensor de Presion del Aceite toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.7.12 **Sensor de Fase del Árbol de levas (VVT Sensor)**: Trabaja con el sistema de sincronización variable de las válvulas (VVT) para ajustar la fase del árbol de levas y mejorar el rendimiento del motor.

Figura 15

Sensor VVT

Sensor de Fase del árbol de levas toyota - Google Search. (s/f). ..N9.Cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/3in97

1.8 Funcionamiento del OBD II

El OBD-II (On-Board Diagnostics II) es un sistema estándar que permite a la ECU de un vehículo monitorear y diagnosticar su propio funcionamiento. Utiliza sensores para recopilar datos sobre el rendimiento del motor, emisiones y otros sistemas cruciales. Estos datos se almacenan y pueden ser accesados mediante un conector OBD-II ubicado generalmente cerca del volante. Los técnicos usan herramientas de escaneo para leer códigos de diagnóstico (DTC) que indican problemas específicos. El OBD-II facilita la identificación rápida de fallos, mejorando el mantenimiento preventivo y reduciendo tiempos de reparación, contribuyendo así a un funcionamiento más eficiente del vehículo.

Figura 16

OBDII

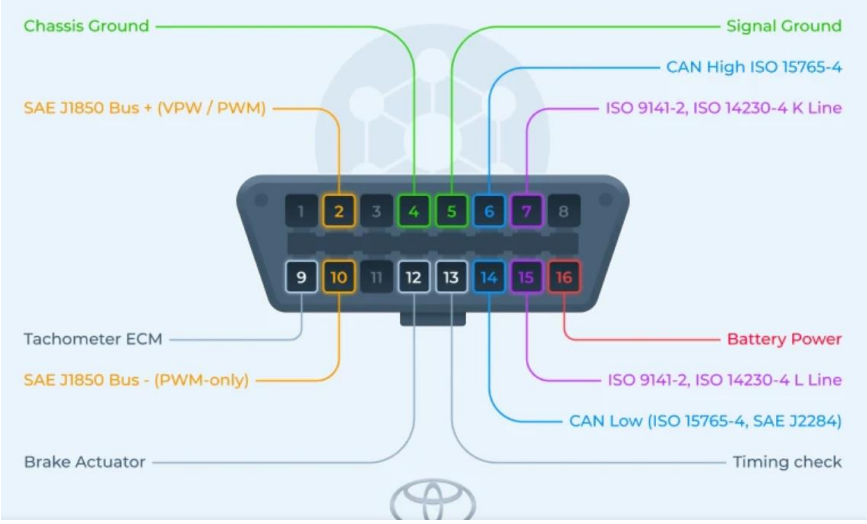
OBD2 port Toyota Yaris (2003 - 2006) - Find your plug ! (s/f). Klavkarr. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://www.klavkarr.com/location-plug-

1.9 Numero de pines del OBD II

Cuando en la ECU se genera un fallo el OBD2 detecta fallos eléctricos, químicos y mecánicos que pueden afectar al nivel de emisiones del vehículo, los cuales pueden ser revisados mediante escáneres OBD externos. Estos códigos se acceden a través de un conector OBD2, que se conecta al puerto OBD de 16 pines.

Figura 17

Diagrama del OBD II



Weis, O. (2024, julio 4). *Conectores OBD2 explicados. Conectores de las principales marcas de automóviles*. FlexiHub; Electronic Team, Inc. https://www.flexihub.com/es/oobd2-pinout/

1.10 Detección de fallos

La detección de fallos consiste en detectar posibles fallos, es decir que cualquier mal funcionamiento de la centralita podría resultar en la detención completa del motor como mínimo, en un rendimiento deficiente, sin embargo si la causa del problema radica en sensores defectuosos problemas mecánicos, la centralita registra la información con el correspondiente código de error en el tablero con el signo del “check engine”, esto permite que en el taller, usando un equipo de diagnóstico se pueda identificar rápidamente la avería y proceder a su reparación adecuada.

1.11 Circuitos principales de la ECU

Los circuitos de la ECU que están formadas por varios componentes que permiten a un procesador realizar funciones a alta velocidad, la mayoría de los circuitos dentro de una unidad de

control están diseñados para asegurar estabilidad en este proceso, así se llega a representar los componentes fundamentales de un módulo de control ECM o ECU automotriz:

- Circuito de Alimentación o Fuente de Energía
- CPU o Unidad Central de Procesamiento
- Drivers o Circuitos de Salida
- Circuito de Datos y Periféricos

1.12 Bloques que conforman una ECU

1.12.1 **Bloque de entrada:** El bloque de entrada se refiere a los circuitos encargados de recibir las señales que llegan a la ECU antes de que estas sean procesadas por el microcontrolador. Entre estos circuitos se incluyen filtros, amplificadores, conversores de señal analógica a digital, comparadores y recortadores, entre otros.

Figura 18

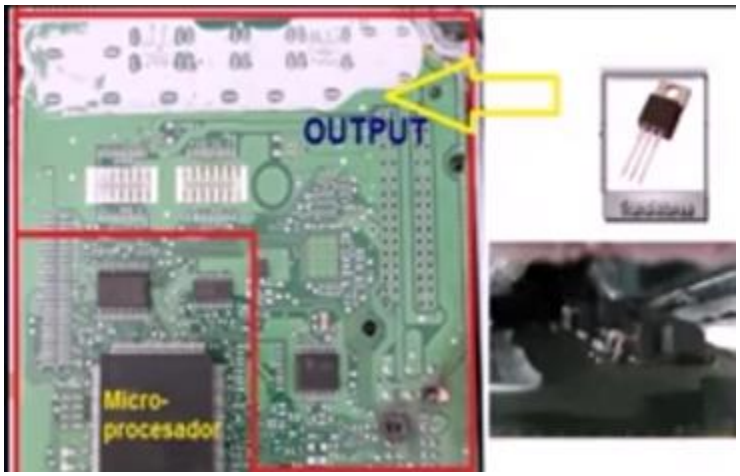
Bloque de entrada

C., W. [@Tian191]. (2021, febrero 15). *Bloques de la ECU*. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=r1ngVMQU6xE

1.12.2 **Bloque de salida:** Estos circuitos, conocidos como bloque de salida, actúan sobre periféricos de potencia como bobinas de encendido e inyectores, entre otros.

Figura 19

Bloque de salida

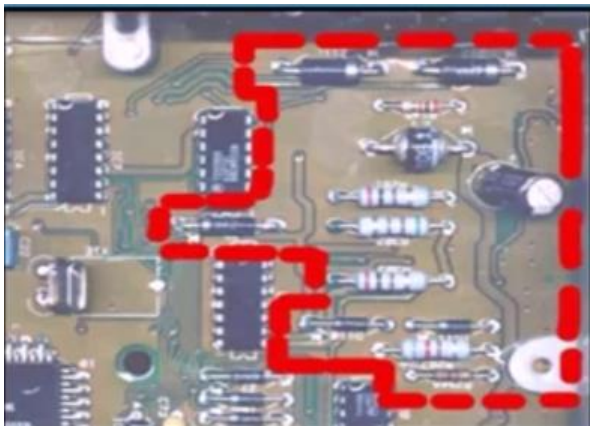


C., W. [@Tian191]. (2021, febrero 15). *Bloques de la ECU*. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=r1ngVMQU6xE

1.12.3 **Bloque de soporte:** Este conjunto de componentes proporciona la alimentación necesaria a los circuitos internos mencionados anteriormente dentro de la ECU, la cual constituye la fuente de energía de la ECU e incluye elementos como transistores, diodos, condensadores, reguladores de voltaje, entre otros.

Figura 20

Bloque de soporte



C., W. [@Tian191]. (2021, febrero 15). *Bloques de la ECU*. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=r1ngVMQU6xE

1.13 Funciones de la ECU

Las ECU (Unidades de Control Electrónico) automotrices tienen diversas aplicaciones clave en los vehículos modernos:

- **Gestión del motor:** La aplicación más fundamental de una ECU automotriz es controlar y gestionar el funcionamiento del motor. Esto incluye la gestión de la mezcla aire-combustible, el control del encendido, la sincronización del motor, y la gestión de la potencia y del torque.

- **Control de emisiones:** Las ECU automotrices están diseñadas para monitorizar y controlar las emisiones de escape del vehículo, asegurando que cumpla con los estándares ambientales y normativas de emisiones vigentes.

- **Monitoreo y diagnóstico:** Las ECU automotrices están equipadas con capacidades de diagnóstico que permiten detectar y registrar fallos en diferentes sistemas del vehículo. Esto facilita el mantenimiento y las reparaciones al proporcionar información detallada sobre problemas potenciales.

1.14 Tipos de ECUS reprogramables y modelos más comerciales

1.14.1 ECU MegaSquirt:

- **Uso**: Popular entre entusiastas del tuning y constructores de proyectos personalizados.
- **Características**: Ofrece una plataforma abierta y altamente personalizable, con soporte para una amplia gama de vehículos y configuraciones. La MegaSquirt se puede adaptar a múltiples aplicaciones gracias a su software de programación flexible.

Figura 21

ECU Megasquirt

MS3Pro PNP Plug And Play EcU. (s/f). Ecstuning.com. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/b5yv2

1.14.2 ECU Haltech:

- **Uso**: Ampliamente utilizada en vehículos de alto rendimiento y competición.
- **Características**: Conocida por su amplia gama de características avanzadas y su capacidad para gestionar complejas configuraciones de motor, incluyendo turboalimentación y sistemas de inyección múltiple.

Figura 22

ECU Haltech

Haltech(s/f). Ecstuning.com. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/b5yv2

1.14.3 ECU AEM:

- **Uso**: En Vehículos de competición y de alto rendimiento.

- **Características**: Ofrece una programación detallada y precisa, con amplias capacidades para el ajuste de inyección, encendido y control de turbo. Las unidades AEM permiten una integración completa con otros sistemas de control del motor.

Figura 23

ECU AEM

Haltech(s/f). Ecstuning.com. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/b5yv2

1.14.4 ECU MoTeC:

- **Uso**: En la competición profesional y en vehículos de alto rendimiento.
- **Características**: Ofrece capacidades avanzadas de ajuste y control, con un software de calibración potente y extensas opciones de personalización.

Figura 24

ECU MoTec

Motec(s/f). Ecstuning.com. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/b5yv2

1.14.5 FuelTech FT450:

- **Uso**: Adecuada para vehículos de competición y de Alto rendimiento
- **Características**: Ofrece muchas de las funcionalidades de los modelos superiores, pero a un precio más accesible incluso incluye un modo para gestionar el control de turbo alimentadores y presión de boost.

Figura 25

ECU FuelTech

FuelTech(s/f). Ecstuning.com. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/b5yv2

1.15 Ventajas y Desventajas de las ECU reprogramable

VENTAJAS

- **Personalización del Rendimiento**:

  Ventaja: Permite ajustar parámetros específicos del motor, como la mezcla de aire-combustible, el tiempo de encendido y la presión del turbo, para optimizar el rendimiento según las necesidades del usuario o las condiciones de conducción.

  Beneficio: Mejora la potencia, el ahorro de combustible y la respuesta del motor.

- **Adaptación a Modificaciones**:

  Ventaja: Facilita la adaptación a modificaciones del motor, como la instalación de un sistema de turboalimentación, un sistema de escape de alto rendimiento, o una nueva entrada de aire.

  Beneficio: Asegura que las modificaciones funcionen de manera eficiente y segura.

- **Optimización de la Eficiencia del Combustible**:

  Ventaja: Permite ajustar la gestión del combustible para mejorar la eficiencia y reducir el consumo en función del estilo de conducción y las condiciones de operación.

  Beneficio: Puede llevar a una reducción de costos operativos y emisiones.

- **Resolución de Problemas**:

  Ventaja: Ofrece la capacidad de diagnosticar y solucionar problemas del motor a través de herramientas de diagnóstico avanzadas integradas en la ECU.

  Beneficio: Facilita el mantenimiento y la resolución de problemas.

- **Control Avanzado**:

  Ventaja: Proporciona control sobre funciones avanzadas del motor, como la variación de las válvulas y la gestión de la presión del turbo.

  Beneficio: Permite una personalización más detallada y el ajuste fino del rendimiento del motor.

- **Actualización de Software**:

  Ventaja: Permite actualizar el software de la ECU para incorporar nuevas características o mejoras.

  Beneficio: Ofrece flexibilidad para futuras mejoras y adaptaciones.

DESVENTAJAS

- **Costo**:

  Desventaja: Las ECU reprogramables y el software asociado pueden ser costosos, tanto en términos de adquisición como de instalación.

  Impacto: Aumenta el costo total del proyecto de tuning o la mejora del rendimiento.

- **Complejidad**:

  Desventaja: La reprogramación y el ajuste de una ECU requieren conocimientos técnicos avanzados y experiencia en la gestión del motor.

  Impacto: Puede ser complicado para quienes no tienen experiencia en tuning o programación de ECU.

- **Riesgo de Daño al Motor**:

  Desventaja: Un ajuste incorrecto o excesivo puede causar daños al motor, reducir su vida útil o provocar fallos en componentes críticos.

  Impacto: Requiere cuidado y precisión en la configuración para evitar daños.

- **Compatibilidad**:

  Desventaja: No todas las ECU reprogramables son compatibles con todos los vehículos y sistemas de motor, especialmente en aplicaciones más especializadas.

  Impacto: Puede limitar las opciones disponibles y requerir adaptaciones adicionales.

- **Problemas de Garantía**:

Desventaja: La instalación de una ECU reprogramable y las modificaciones asociadas pueden anular la garantía del fabricante del vehículo.

Impacto: Puede afectar el soporte y la cobertura en caso de problemas mecánicos.

- **Actualización y Mantenimiento**:

Desventaja: Las ECU reprogramables pueden necesitar actualizaciones de software y mantenimiento continuo para asegurar que sigan funcionando correctamente con el tiempo.

Impacto: Puede implicar gastos adicionales y tiempo de mantenimiento.

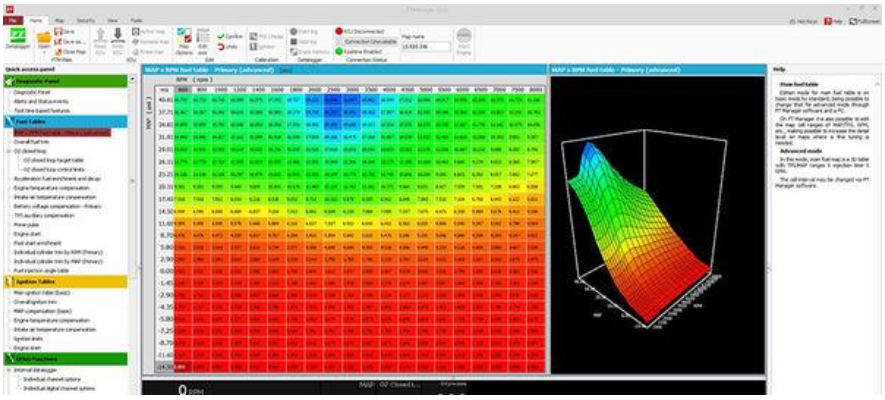
1.16 Tipos de Softwares de reprogramación

1.16.1 Software FT Manager

FT Manager es el software principal para la configuración y ajuste de las ECUs FuelTech, como FT450, FT550 y FT600. Ofrece una interfaz gráfica intuitiva que facilita la personalización de mapas de combustible, encendido y otros parámetros del motor. Permite el monitoreo en tiempo real y el registro de datos, proporcionando herramientas esenciales para el análisis y ajuste preciso del rendimiento del motor. Además, FT Manager soporta actualizaciones de firmware, asegurando que la ECU siempre tenga las últimas mejoras y funciones disponibles.

Figura 26

Software FT Manager



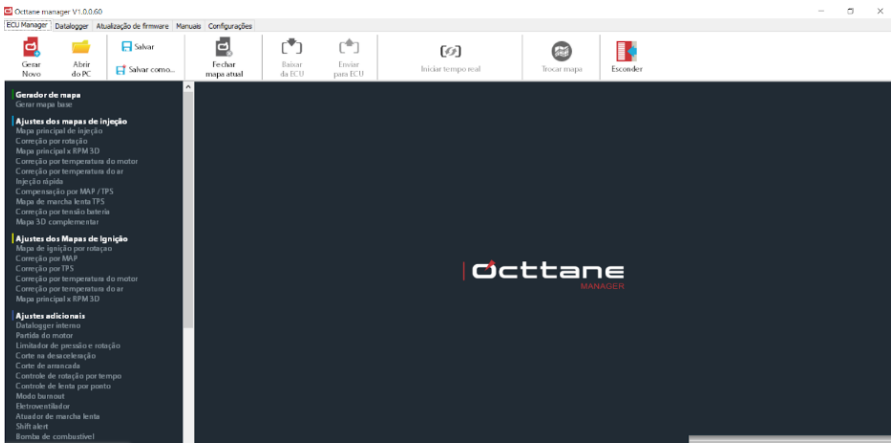
FuelTech, U. S. A. (s/f). *FTManager v3.20 update available - FT500LITE, FT500, FT600*. FuelTech USA. Recuperado el 30 de julio de 2024, de https://www.fueltech.net/blogs/articles/ftmanager-v3-20-update-available-ft500lite-ft500-ft600

1.16.2 Software Octtane ECU Manager

Es una herramienta avanzada diseñada para la reprogramación y ajuste de ECUs. Permite a los usuarios personalizar mapas de inyección, encendido y otros parámetros críticos del motor para optimizar el rendimiento. Su interfaz intuitiva facilita la modificación de configuraciones y la carga de nuevos archivos de calibración. Además, el software incluye capacidades para el diagnóstico, el análisis de datos en tiempo real y el registro de información, lo que permite ajustes precisos y efectivos.

Figura 27

Software Octtane



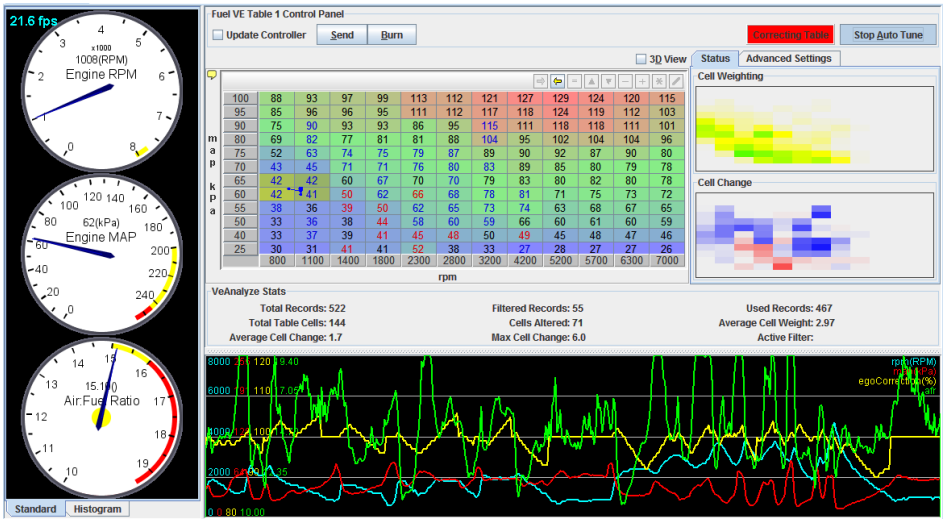
Instalar Octtane Manager e Atualizar Injeção. (s/f). Octtane. Recuperado el 30 de julio de 2024, de https://octtane.com.br/upgrade/

1.16.3 Software TunerStudio

En este caso para el tema de estudio nos centramos en el Software TunerStudio ya que este es compatible con nuestra ECU reprogramabale MX3 PRO, es un software de calibración y ajuste utilizado principalmente para la gestión y reprogramación de unidades de control del motor (ECU) en sistemas de inyección de combustible y encendido. Es especialmente popular en el ámbito del tuning de motores y en aplicaciones de automovilismo. Aquí tienes una visión completa del software TunerStudio, incluyendo sus características, funcionalidades y ventajas.

Figura 28

Software TunerStudio



LT401Vette. (s/f). *EFI analytics TunerStudio*. Tunerstudio.com. Recuperado el 30 de julio de 2024, de https://www.tunerstudio.com/index.php/tuner-studio

1.17 Descripción general sobre el software TunerStudio

TunerStudio es un software desarrollado por SDS (Speeduino Development Systems) y EFI Analytics**.** Está diseñado para trabajar con sistemas de gestión de motores basados en la plataforma MegaSquirt y otros sistemas de control similares. Ofrece una interfaz gráfica que permite a los usuarios ajustar y optimizar los parámetros del motor, así como realizar diagnósticos y monitorización en tiempo real.

Figura 29

Software TunerStudio

(S/f). ..N9.cl. Recuperado el 26 de julio de 2024, de https://n9.cl/ing1ul

CAPITULO II

2. ECU PROGRAMABLE MX3 PRO

2.1 GENERALIDADES DE LA ECU MX3 PRO

Las ECU o unidades de control de inyección para motores son dispositivos que no tienen un comportamiento fijo y pueden ser reprogramadas por el usuario.

- **Control de la inyección de combustible:** En un motor con inyección de combustible, una ECU determina la cantidad de combustible que se inyecta basándose en varios parámetros. Por ejemplo, si el acelerador se presiona completamente, la ECU abre las válvulas de entrada para permitir un mayor flujo de aire al motor, ajustando así la cantidad de combustible inyectado en proporción al aire disponible. Además, durante el arranque en frío, la ECU incrementa la cantidad de combustible para enriquecer la mezcla hasta que el motor alcance la temperatura óptima de funcionamiento.

- **Control del tiempo de ignición:** En un motor de encendido por chispa, la ECU ajusta el tiempo preciso en que ocurre la chispa de encendido, conocido como tiempo de ignición. Este ajuste optimiza la potencia del motor y reduce el consumo de combustible. Si la ECU detecta detonación en el motor debido a un avance excesivo en el tiempo de ignición, retrasará la chispa para prevenir daños. En vehículos con transmisión manual, la ECU puede también controlar las revoluciones mínimas a las que se puede conducir el vehículo

- **Control de la distribución de válvulas:** Algunos motores están equipados con sistemas de distribución variable de válvulas, donde la ECU controla el momento preciso en el ciclo del motor en que las válvulas deben abrirse. Normalmente, las válvulas se abren más tarde a altas velocidades que a bajas velocidades, optimizando así el flujo de aire hacia el cilindro. Este ajuste ayuda a incrementar la potencia del motor y a prevenir problemas de combustión ineficiente.

- **Control de arranque:** Una aplicación relativamente nueva de las unidades de control del motor es la capacidad de precisar el momento exacto para la inyección e ignición necesaria para arrancar el motor, sin necesidad de usar un motor de arranque convencional conectado

a la batería. Esta funcionalidad no solo mejora la eficiencia del motor, reduciendo así el consumo de combustible, sino que también optimiza el proceso de arranque.

- **Unidades de control programables:** Existe una categoría especial de unidades de control del motor que son programables. Estas unidades no tienen un comportamiento predefinido y pueden ser reprogramadas por el usuario según las necesidades específicas del motor. Son especialmente útiles cuando se realizan modificaciones significativas después de la compra del vehículo, como la instalación de turbocompresores, intercoolers, cambios en el sistema de escape o la conversión a otro tipo de combustible. La capacidad de reprogramar estas ECUs permite ajustar el rendimiento del motor de manera precisa para adaptarse a las nuevas configuraciones y mejorar el control del vehículo.

- **Control de la distribución de válvulas:** Algunos motores están equipados con sistemas de distribución variable de válvulas. En estos motores, la ECU regula el momento en el ciclo del motor en que las válvulas deben abrirse. Normalmente, las válvulas se abren más tarde a velocidades mayores que a velocidades menores. Este ajuste puede optimizar el flujo de aire que ingresa al cilindro, lo cual incrementa la potencia del motor y evita problemas de combustión ineficiente.

- **Control de arranque:** Una aplicación relativamente reciente de las unidades de control del motor es la capacidad de determinar con precisión el momento en que se deben realizar la inyección e ignición para arrancar el motor, prescindiendo de un motor de arranque eléctrico conectado a la batería. Esta funcionalidad mejora la eficiencia del motor y reduce el consumo de combustible de manera significativa.

- **Unidades de control programables:** Existe una categoría especial de unidades de control del motor que son programables y no tienen un comportamiento predeterminado, permitiendo al usuario reprogramarlas según las necesidades específicas del motor. Estas unidades son especialmente útiles cuando se realizan modificaciones importantes después de la compra del vehículo, como la instalación de turbocompresores, intercoolers, cambios en el sistema de escape o la conversión a otro tipo de combustible. La capacidad de reprogramar estas ECUs asegura un control adecuado del motor con la nueva

configuración, lo cual puede ser ajustado en tiempo real mediante una computadora portátil mientras el motor está en funcionamiento.

2.2 ECU MX3PRO

Es un sistema de gestión de motor independiente, basado en el procesador y firmware Megasquirt MS3x, alojado en una carcasa de aluminio sellada, con conectores automotrices igualmente sellados. Este sistema tiene la capacidad de controlar hasta 8 cilindros de manera semi-secuencial, con opción de encendido directo para motores de hasta 4 cilindros o encendido por chispa perdida para motores de hasta 8 cilindros, siempre que utilicen bobinas activas.

La unidad de control electrónica programable MX3 PRO se destaca por su robustez, diseñada específicamente para resistir las vibraciones típicas del funcionamiento vehicular. En nuestro caso, estas vibraciones son moderadas en nuestro banco de entrenamiento, lo cual no representa un problema significativo. La ECU está protegida por una carcasa de aluminio robusta que asegura una fijación segura en el banco, previniendo daños durante la operación del motor.

El sistema reprogramable es intuitivo y accesible a través de menús y tablas en el software proporcionado. Esto permite configurar y ajustar fácilmente los parámetros de control del motor. Utilizando una computadora con el programa adecuado instalado, se establece una comunicación directa mediante un cable USB con la ECU MX3PRO. Esta configuración facilita la optimización de los parámetros y rangos de operación del motor para asegurar un funcionamiento óptimo.

Figura 30

ECU MX3PRO

Fuente: SPTRONICS (Inyección y Encendido 2024)

2.3 Finalidad de la ECU MX3PRO

La ECU MX3PRO utilizan un sistema OBD-II, que permiten la programación externa a través de puertos OBD, también puede operar como un complemento a la ECU original compartiendo lecturas de sensores mediante entradas diferenciales. Su sensor MAP interno puede medir hasta 44 psi de sobrealimentación, con voltaje de referencia de 5V y conmutadores de software para resistencias de pull-up. Este sistema cuenta con entradas dedicadas para sensores de cigüeñal, temperatura del refrigerante, temperatura del aire de admisión, presión absoluta del múltiple de admisión, posición del acelerador y sonda lambda.

Además, dispone de salidas de baja potencia para controlar inyectores u otras válvulas solenoides, así como salidas de encendido dedicadas para el control de bobinas activas. Esto significa que se pueden ajustar conectando un portátil al vehículo, lo que permite visualizar todas las funciones de operación del automóvil, Adaptándose a la personalización de vehículos de alto rendimiento y competición

2.4 Características de la MX3PRO

- Inyección semisecuencial en motores de 3, 4, 6 y 8 cilindros
- 1 entrada de CKP inductivo o hall
- 4 salidas para inyectores de alta impedancia
- 4 salidas para bobinas como módulo
- 4 entradas para sensores de TPS, IAt, CLT, 02
- 2 entradas pueden ser usadas como digitales o analógicas cuatro salidas auxiliares
- 1 entrada digital
- Control de relay bomba de gasolina
- Salida para tacómetro
- Control válvula iac de dos cables

- Boost control
- Lounch control y shiftlight
- Control VVT
- Control electro ventilador sensor map interno de cuatro bares
- 2 mapas diferentes
- Limitador de RPM autocorrección por sensor de oxígeno o wideband
- Conexión USB
- Corrección barométrica
- Entrada para sensor de aceite

2.5 Parámetros para tomar en cuenta antes de la instalación de la ECU MX3PRO

- La ECU debe ser instalada en un entorno seco y protegido del calor, el polvo y las vibraciones, con el objetivo de prevenir cualquier forma de deterioro o daño.
- En cuanto al posicionamiento del arnés de cables, es crucial seleccionar espacios que estén libres de abrasión y que no estén expuestos al calor generado por el motor, para así evitar el desgaste prematuro de los cables y reducir el riesgo de posibles cortocircuitos.
- Se considerará la opción de sustituir completamente el arnés de cables de la ECU anterior, o bien se evaluará la viabilidad de establecer una conexión mixta entre ambas unidades de control.
- El motor cumple con todos los requisitos básicos necesarios para garantizar el funcionamiento adecuado de la ECU programable y para cumplir eficazmente con las tareas asignadas.
- En caso de adaptar cualquier componente relacionado con la inyección electrónica, es esencial conocer detalladamente sus características de funcionamiento antes de proceder

con el montaje, con el fin de evitar cualquier desperdicio de recursos económicos y técnicos.

Las ECUs o centralitas son dispositivos informáticos compactos que incluyen un procesador y memoria. El procesador utiliza datos como las revoluciones detectadas por la rueda fónica y la presión en el colector de admisión medida por el sensor MAP. Con esta información, busca en la memoria el avance necesario según las condiciones de presión y revoluciones del motor. El usuario introduce valores específicos de presión y revoluciones, así como los grados de avance deseados para cada conjunto de condiciones. No existe una solución única para todos los motores; en cambio, se sigue un método lógico basado en la comprensión del funcionamiento del avance del distribuidor, adaptándolo luego a las necesidades particulares del motor

2.6 Principios generales de instalación y cableado

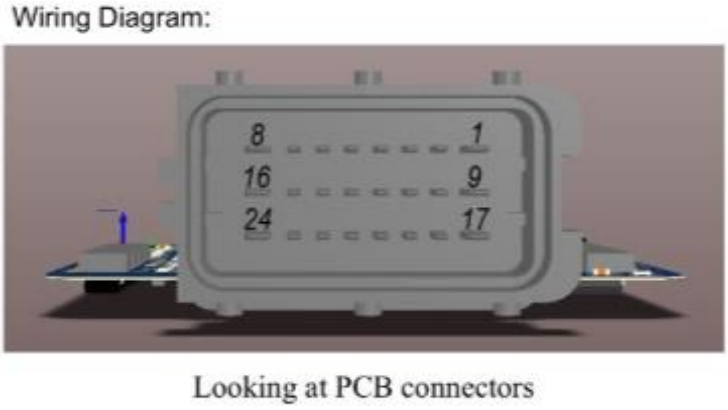
Para adquirir un sistema programable MX3PRO, es esencial conocer las prestaciones del vehículo con su ECU original, las cuales se mencionaron en el Capítulo 1, esto permitirá conectar ambos módulos para mejorar el rendimiento del vehículo, realizándose la conexión en paralelo con la ECU original. De la ECU original se obtendrán señales básicas como el nivel de combustible, mientras que la unidad programable MX3PRO se encargará directamente de controlar la inyección, el encendido, los sensores y los actuadores involucrados en esta conexión. En otras palabras, la unidad programable será el nuevo cerebro del vehículo, destinado a aumentar su potencia electrónicamente.

2.7 Diagramas eléctricos

Es esencial conocer la distribución eléctrica de los módulos electrónicos que se desea mejorar, presentan los diagramas eléctricos de la ECU del Toyota Yaris de referencia y de una ECU reprogramable MX3PRO. Ambos diagramas incluyen el código de colores y la identificación de los pines respectivos, lo que permite entender cómo están conectados eléctricamente. Al conocer la distribución eléctrica de ambos módulos, podemos establecer una relación directa para su posterior conexión en el vehículo.

FIGURA 31

Especificaciones para conectores



Fuente: Manual Speed Race. (Riobamba 2024)

Tabla *2*

Conexiones principales de la ECU

Main Connector:

Pin	Name	Comment
1	GND	Main ground.
2	Injector 1 output	
3	Injector 2 output	
4	Injector 3 output	
5	Injector 4 output	
6	IDLE Output	
7	FIDLE Output	
8	GND	.
9	Ignition 1 output	
10	ADC6 Input	
11	ADC7 Input	
12	Pt2 Cam	
13	Switched 12V Input	Colocar con un Relay y porta fusibles y fusible de 5 AMP
14	Sensors 5V Output	
15	Sensors Ground Output	
16	Ignition 3 output	
17	Ignition 2 output	
18	Crank Positive Input	
19	Crank Negative Input	
20	Throttle Position Sensor Input	

CAPITULO III

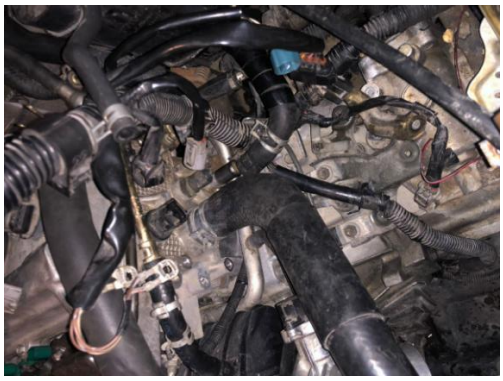
3. PROCESO DE LA INSTALACION Y PROGRAMACION DE LA ECU MX3PRO

3.1 Desmontaje del cableado

Primero fui desconectando los sockets de cada uno de los sensores y actuadores, lo hice de una manera cuidadosa porque se pueden llegar a romper o dañar las entradas de cada uno de estos ya que vamos a utilizar los mismos para la nueva instalación de la ECU programable.

Figura 32

Desenchufar los sockets



Fuente: Autores

Figura 33

Fuente: Autores

3.2 Desmontaje de la ECU original

La ECU se encuentra ubicada en la parte inferior derecha del vehículo, se quita la guatera para tener una mejor comodidad, así poder sacar todos los sockets que están conectados y después se afloja los pernos que le soportan a la ECU.

Figura 34

Desmonatje de la ECU original

Fuente: Autores

3.3 Extracción del cableado y la identificación para cada uno de los sensores y actuadores

Se saco todo el cableado original y se procedió a su apertura para poder identificar cada uno de los cables, en este caso con la ayuda del multímetro se pinchaba en el socket que iba conectado a la ECU original y con el otro cable del multímetro se pinchaba en los sockets que se conectaba en cada uno de los sensores y actuadores para así poder ir identificando cual es masa, señal, 5V, etc. Los cables que iban conectados a sensores y actuadores que no íbamos a utilizar ya que la ECU MX3PRO no tiene las suficientes salidas para poder abarcar todos los sensores y actuadores por eso el motivo el cual se procedió a cortar para así no confundirse y también disminuir el número de cables que no nos iban a servir, en este caso solo se dejó el cableado para los sensores y actuadores con los que se va a trabajar.

Figura 35

Desmontaje de cableado

Fuente: Autores

3.4 Sensores y Actuadores con los que se va a trabajar

3.4.1 Inyectores

Los inyectores están instalados en el riel de inyectores y en el múltiple de admisión para la conexión eléctrica. Cada inyector dispone de dos pines: uno se conecta al pin de señal de la ECU a través de un conector, mientras que el otro recibe los 12 voltios necesarios para la alimentación de los inyectores.

Figura 36

Inyectores

Fuente: Autores

3.4.2 Bobinas

La bobina se sitúa directamente sobre la bujía y dispone de cuatro pines para su conexión eléctrica. Estos pines se conectan a través de un conector al ramal de la ECU MX3PRO, donde un cable se encarga de la conexión a tierra, otro proporciona la alimentación de 12 voltios, y un tercer cable negro transmite la señal de activación mediante pulso positivo.

Figura 37

Bobinas

Fuente: Autores

3.4.3 TPS

Este sensor ha sido adaptado del Chevrolet Aveo para ser instalado en el cuerpo de aceleración del Toyota, debido a que no se mantenía estable el sensor y cuando se intentaba calibraba el TPS en el software TunerStudio no tenía una calibración y reacción del pedal exacta ya que en el programa existía una variación de porcentaje más del 10% por lo cual se adaptó la del Chevrolet Aveo ya que con este TPS se solucionó el problema. Para la conexión eléctrica, el sensor utiliza un conector de tres pines que se integra al arnés de la ECU MX3PRO: el cable blanco se conecta a la alimentación de 5 voltios, el cable negro se conecta a tierra, y el cable rojo se encarga de la señal del sensor.

Figura 38

Sensor TPS

Fuente: Autores

3.4.4 CLT

El propósito de obtener lecturas más precisas de la temperatura del refrigerante es permitir que la ECU realice ajustes precisos en la inyección de combustible y active el ventilador eléctrico a la temperatura que la designemos el programa Software TunerStudio. Este sensor utiliza un conector de tres pines que se conecta al arnés de la ECU MX3 PRO, un cable se encarga de la conexión a tierra del sensor, mientras que otro transmite la señal del sensor.

Figura 39

Sensor CLT

Fuente: Autores

3.4.5 VVT-i

La válvula VVT-i es un solenoide electro hidráulico que se encarga de adelantare o atrasar el tiempo de apertura y cierre de válvulas de admisión y escape, se encuentra en el sistema de distribución variable del motor por lo general en el parte superior insertado en las poleas de los árboles de levas y está constituido por dos cables.

Figura 40

Sensor VVT-i

Fuente: Autores

3.4.6 Bomba de gasolina

La bomba de gasolina utilizamos la original ya que nos aseguramos que si compensa a la programación que se vaya a poner, si en algún caso que llegue a fallar dicha bomba podemos adicionar una Dosadora para que ayude a la bomba con mayor presión de combustible, para el tema de la conexión se deberá pasar un cable directo a la fusilera para qué ha si pueda funcionar con la ECU MX3 PRO

Figura 41

Bomba de gasolina

Fuente: https://acortar.link/IijyjE

3.4.7 CKP tipo Hall

El sensor CKP tiene la función de transmitir a la ECU las revoluciones a las que gira el motor, se utilizó el CKP original del vehículo pero para este caso tuvimos que llevarle al torno para que en la parte de la argolla de plástico le baje 1mm de grosor para que pueda llegar estar más adentro de lo normal, ya que originalmente no leía las rpms del motor por lo cual de la rueda dentada del cigüeñal al CKP tenía que estar apegada a un mínimo de 1mm de la rueda dentada para que pueda llegar a leer este sensor, se procedió con la conexión eléctrica, que consta de 2 pines: un cable negro para la señal negativa y otro cable rojo para la señal positiva. Estos cables fueron conectados al cableado de la ECU MX3 PRO correspondiente.

Figura 40

Sensor CKP

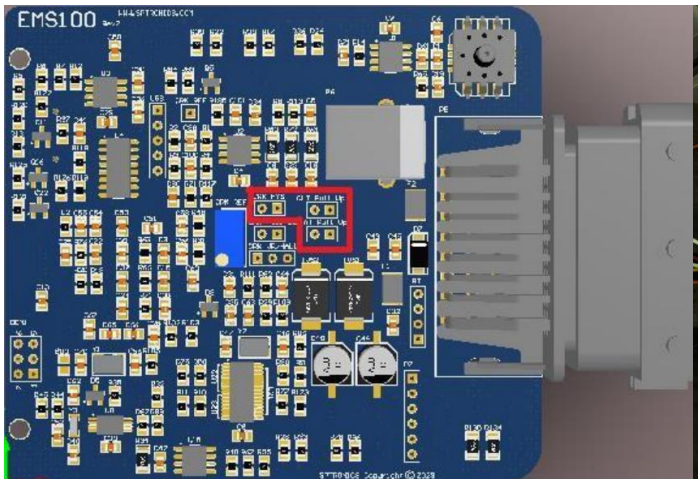
Fuente: Autores

3.4.8 Identificación del cableado de la ECU programable

Se va identificando cada uno de los cables mediante los pines de salida que viene armada la ECU y su equivalencia a que sensor o actuador pertenece como se muestra en la tabla 1 del capítulo 2, se fue armando el arnés de la ECU mediante las salidas que tiene para así poder empalmar al cableado que se encuentra en el vehículo.

Figura 41

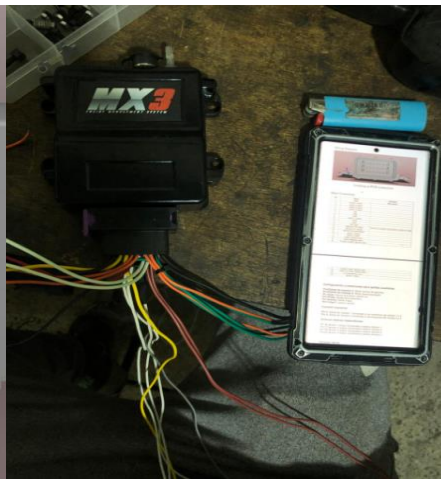
Esquema eléctrico



Fuente: Autores

Figura 42

Elaboración del cableado



Fuente: Autores

Figura 43

Cableado de la ECU

3.5 Programación de la ECU MX3PRO

Primero se debe iniciar el software llamado TunerStudio, seguido a esto podemos comunicarse con la ECU mediante un cable USB y así es como se muestra la pantalla de inicio para iniciar con el proyecto.

Figura 44

Pantalla de inicio

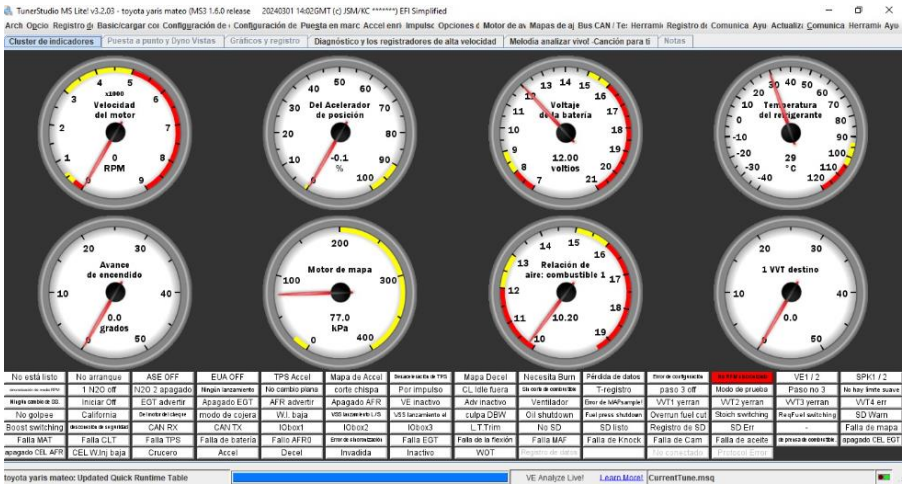
Fuente: Autores

3.6 Pantalla de comunicación

Después de presionar “Crear un nuevo proyecto” se conecta a la ECU MX3PRO mediante el cable USB y aparecerá la pantalla estándar de comunicación.

Figura 45

Pantalla de comunicación



Fuente: Autores

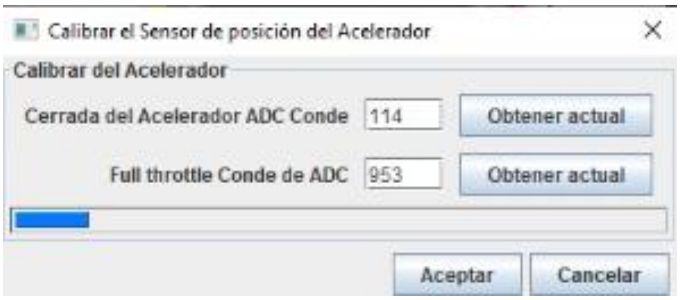
3.7 Configuraciones básicas antes del primer encendido

3.7.1 Calibración del TPS

Para calibrar el sensor de posición del acelerador, primero asegúrate de que esté completamente cerrado. Luego, haz clic en "Obtener valor actual". Después, pisa completamente el acelerador para que la mariposa se abra al 100%, y vuelve a hacer clic en "Obtener valor actual". Finalmente, presiona "Aceptar" y el TPS estará calibrado.

Figura 46

Calibración del TPS



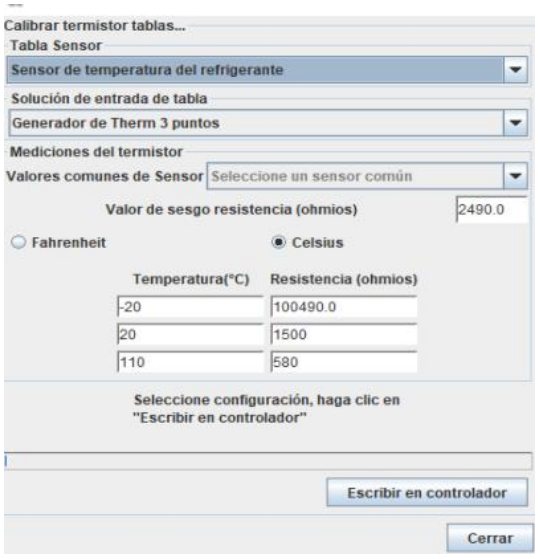
Fuente: Autores

3.7.2 Sensor ECT

Para cumplir con el primer requisito, es crucial verificar en el tablero principal que el sensor de temperatura se prenda para poder así asegurar que el sensor funcione en este caso en el tablero tiene dos focos de precaución la F de color azul quiere decir que esta frio el motor y cuando la F de color rojo es que la temperatura cruzo su límite de temperatura, después desde la pestaña de herramientas eléctricas en la tabla de configuración, se puede proceder con la calibración del sensor de temperatura del refrigerante.

Figura 47

Calibración del ECT



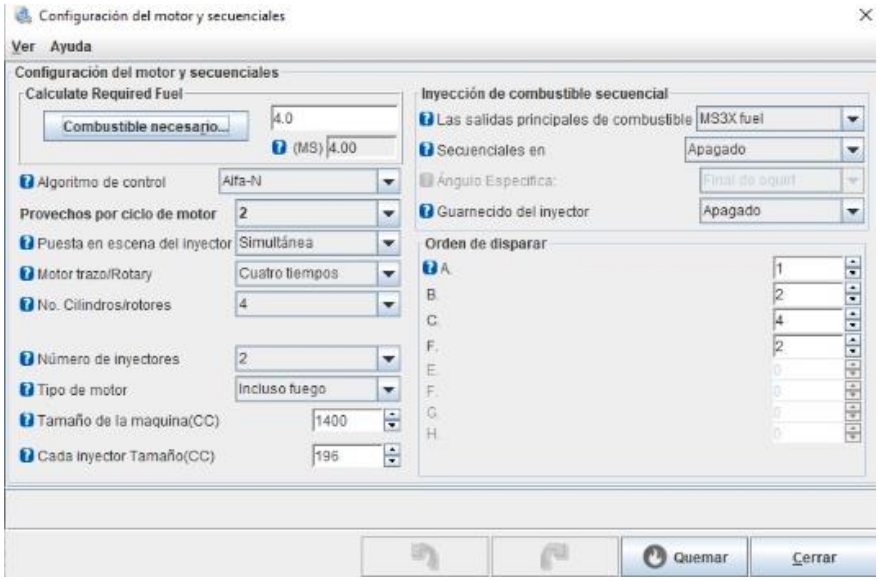
Fuente: Autores

3.7.3 Configuraciones básicas del motor

En la pantalla principal se encuentran las opciones para configuraciones básicas del motor y secuenciales, aquí se deberá seleccionar una pantalla similar a la que se muestra a continuación, donde se solicitarán los requisitos específicos según las especificaciones del motor, tal como se indica en la imagen adjunta.

Figura 48

Configuración del motor



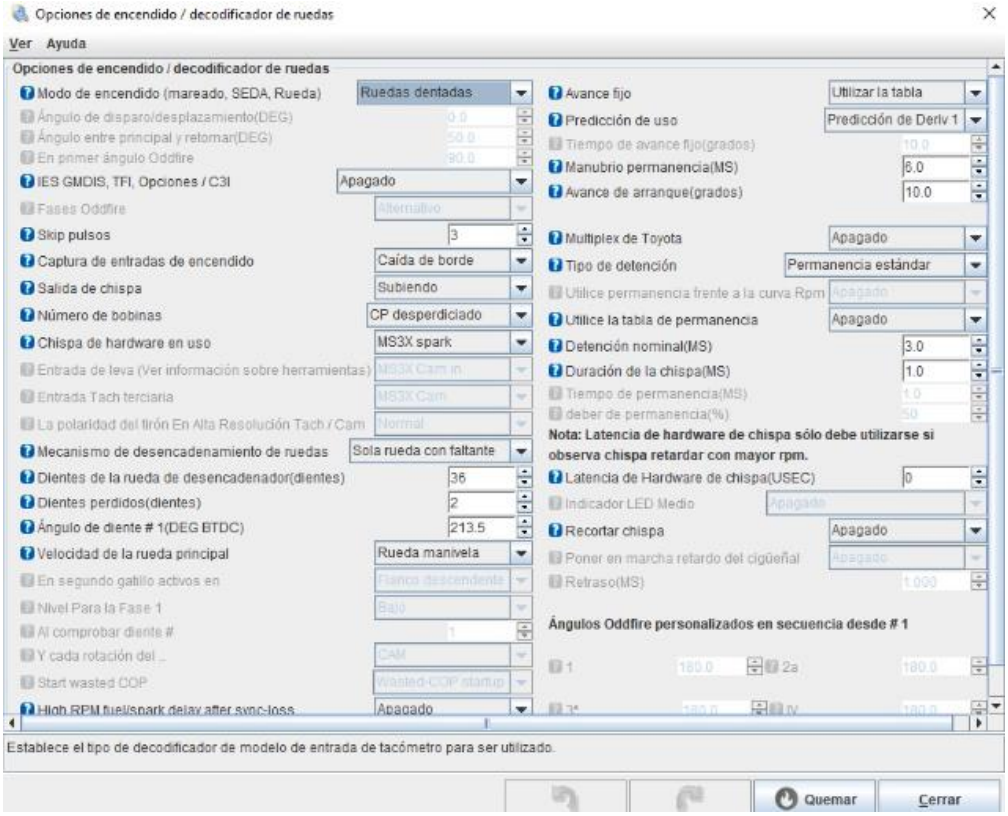
Fuente: Autores

3.7.4 Configuración de encendido

La programacion del encendido es crucial durante la instalación y ajuste de la ECU MX3PRO ya que una configuración incorrecta puede dañar el motor. La ventaja de LA ECU MX3PRO es que su firmware radica en su capacidad para admitir una amplia variedad de ajustes y configuraciones de encendido, adaptándose a muchos motores de fábrica. Para configurar el encendido, se debe acceder al menú de configuración correspondiente, donde se encuentran opciones como el modo de chispa, las tablas de encendido, la corrección de avance y retardo, la sincronización con la temperatura del aire de admisión, así como ajustes individuales para evitar la detonación, lo cual se dejó configurada de la mejor manera

Figura 49

Configuración de encendido



Fuente: Autores

3.8 Mapas de inyección

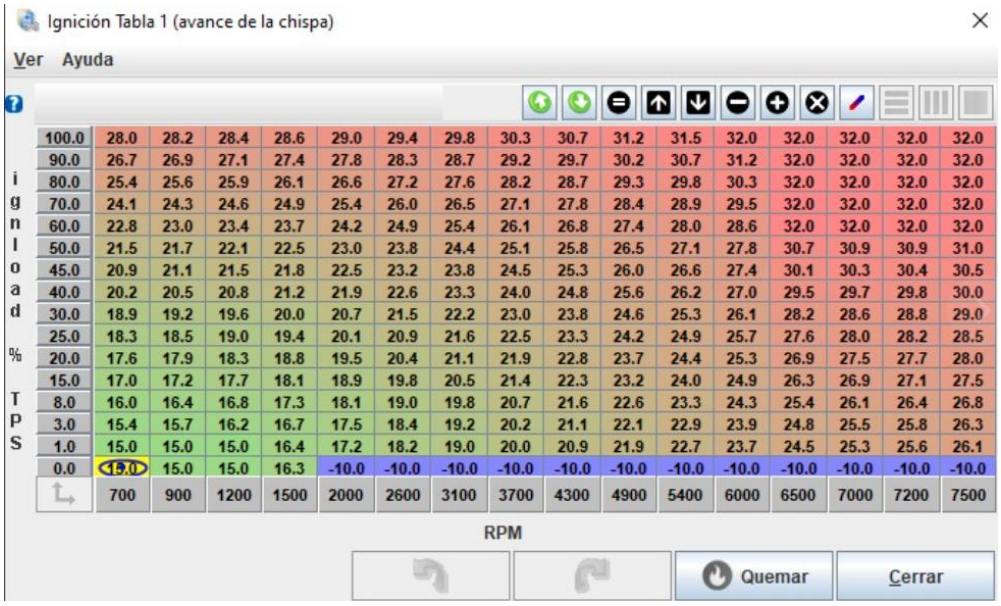
3.8.1 Tablas de encendido (Ignición)

En el mapa de ignición es sobre el avance de la chispa esto quiere decir que se va subiendo de valores mediante como vaya reaccionando el vehículo, que vaya manteniéndose de una forma estable junto a la tabla de combustión, en este caso para el encendido quedo con un valor de 15.0 y cuando se deja de acelerar cae a los valores de menos -10 para que tenga una pequeña explosión por el escape ya que es un mapa de programación sport.

Para habilitar la tabla de encendido tres, que es parte de esta opción, primero se debe configurar adecuadamente. Esto se realiza seleccionando "Opciones de tabla e interruptores" y eligiendo la opción correspondiente para la tabla de encendido.

Figura 50

Tabla de ignición



Load % / TPS	700	900	1200	1500	2000	2600	3100	3700	4300	4900	5400	6000	6500	7000	7200	7500
100.0	28.0	28.2	28.4	28.6	29.0	29.4	29.8	30.3	30.7	31.2	31.5	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
90.0	26.7	26.9	27.1	27.4	27.8	28.3	28.7	29.2	29.7	30.2	30.7	31.2	32.0	32.0	32.0	32.0
80.0	25.4	25.6	25.9	26.1	26.6	27.2	27.6	28.2	28.7	29.3	29.8	30.3	32.0	32.0	32.0	32.0
70.0	24.1	24.3	24.6	24.9	25.4	26.0	26.5	27.1	27.8	28.4	28.9	29.5	32.0	32.0	32.0	32.0
60.0	22.8	23.0	23.4	23.7	24.2	24.9	25.4	26.1	26.8	27.4	28.0	28.6	32.0	32.0	32.0	32.0
50.0	21.5	21.7	22.1	22.5	23.0	23.8	24.4	25.1	25.8	26.5	27.1	27.8	30.7	30.9	30.9	31.0
45.0	20.9	21.1	21.5	21.8	22.5	23.2	23.8	24.5	25.3	26.0	26.6	27.4	30.1	30.3	30.4	30.5
40.0	20.2	20.5	20.8	21.2	21.9	22.6	23.3	24.0	24.8	25.6	26.2	27.0	29.5	29.7	29.8	30.0
30.0	18.9	19.2	19.6	20.0	20.7	21.5	22.2	23.0	23.8	24.6	25.3	26.1	28.2	28.6	28.8	29.0
25.0	18.3	18.5	19.0	19.4	20.1	20.9	21.6	22.5	23.3	24.2	24.9	25.7	27.6	28.0	28.2	28.5
20.0	17.6	17.9	18.3	18.8	19.5	20.4	21.1	21.9	22.8	23.7	24.4	25.3	26.9	27.5	27.7	28.0
15.0	17.0	17.2	17.7	18.1	18.9	19.8	20.5	21.4	22.3	23.2	24.0	24.9	26.3	26.9	27.1	27.5
8.0	16.0	16.4	16.8	17.3	18.1	19.0	19.8	20.7	21.6	22.6	23.3	24.3	25.4	26.1	26.4	26.8
3.0	15.4	15.7	16.2	16.7	17.5	18.4	19.2	20.2	21.1	22.1	22.9	23.9	24.8	25.5	25.8	26.3
1.0	15.0	15.0	15.0	16.4	17.2	18.2	19.0	20.0	20.9	21.9	22.7	23.7	24.5	25.3	25.6	26.1
0.0	15.0	15.0	15.0	16.3	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0

Fuente: Autores

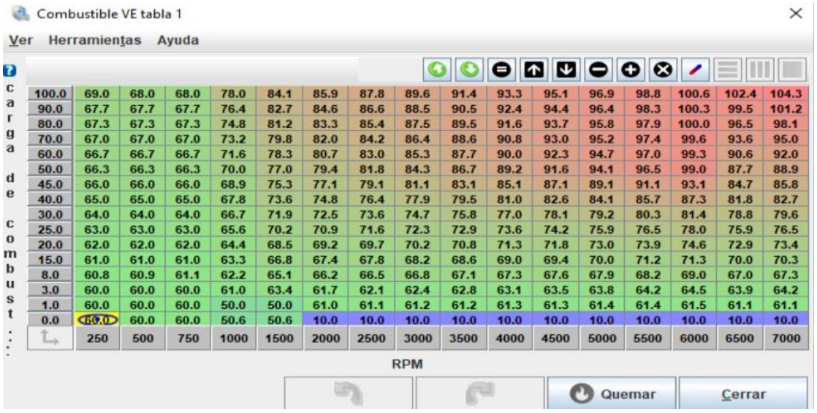
3.8.2 Tablas de encendido (Combustible)

Para este proyecto, la configuración de las tablas de combustible en el eje X representa el rpm que también nos puede ayudar mediante el perno que se encuentra en el cuerpo de aceleración para regular las rpms y el eje Y muestra la carga y el avance de encendido, indicando los grados correspondientes para cada tabla. Estos valores fueron obtenidos mediante la conducción del

vehículo bajo diversas condiciones de carga del motor, asegurando valores óptimos tanto para altas como bajas revoluciones.

Figura 51

Tabla de combustible



carga de combust.:	250	500	750	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000
100.0	69.0	68.0	68.0	78.0	84.1	85.9	87.8	89.6	91.4	93.3	95.1	96.9	98.8	100.6	102.4	104.3
90.0	67.7	67.7	67.7	76.4	82.7	84.6	86.6	88.5	90.5	92.4	94.4	96.4	98.3	100.3	99.5	101.2
80.0	67.3	67.3	67.3	74.8	81.2	83.3	85.4	87.5	89.5	91.6	93.7	95.8	97.9	100.0	96.5	98.1
70.0	67.0	67.0	67.0	73.2	79.8	82.0	84.2	86.4	88.6	90.8	93.0	95.2	97.4	99.6	93.6	95.0
60.0	66.7	66.7	66.7	71.6	78.3	80.7	83.0	85.3	87.7	90.0	92.3	94.7	97.0	99.3	90.6	92.0
50.0	66.3	66.3	66.3	70.0	77.0	79.4	81.8	84.3	86.7	89.2	91.6	94.1	96.5	99.0	87.7	88.9
45.0	66.0	66.0	66.0	68.9	75.3	77.1	79.1	81.1	83.1	85.1	87.1	89.1	91.1	93.1	84.7	85.8
40.0	65.0	65.0	65.0	67.8	73.6	74.8	76.4	77.9	79.5	81.0	82.6	84.1	85.7	87.3	81.8	82.7
30.0	64.0	64.0	64.0	66.7	71.9	72.5	73.6	74.7	75.8	77.0	78.1	79.2	80.3	81.4	78.8	79.6
25.0	63.0	63.0	63.0	65.6	70.2	70.9	71.6	72.3	72.9	73.6	74.2	75.9	76.5	78.0	75.9	76.5
20.0	62.0	62.0	62.0	64.4	68.5	69.2	69.7	70.2	70.8	71.3	71.8	73.0	73.9	74.6	72.9	73.4
15.0	61.0	61.0	61.0	63.3	66.8	67.4	67.8	68.2	68.6	69.0	69.4	70.0	71.2	71.3	70.0	70.3
8.0	60.8	60.9	61.1	62.2	65.1	66.2	66.5	66.8	67.1	67.3	67.6	67.9	68.2	69.0	67.0	67.3
3.0	60.0	60.0	60.0	61.0	63.4	61.7	62.1	62.4	62.8	63.1	63.5	63.8	64.2	64.5	63.9	64.2
1.0	60.0	60.0	60.0	50.0	50.0	61.0	61.1	61.2	61.2	61.3	61.3	61.4	61.4	61.5	61.1	61.1
0.0	60.0	60.0	60.0	50.6	50.6	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

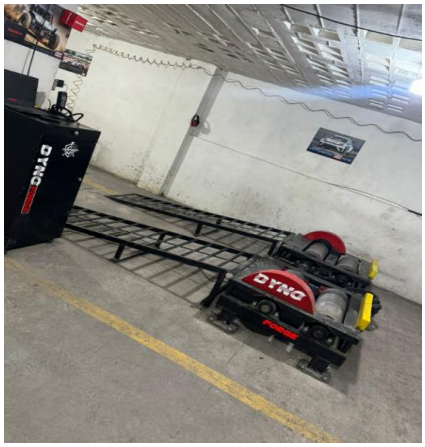
3.9 Banco Dinamométrico

Fuente: Autores

Dyno Forge es un dinamómetro que ayuda a la calibración de ECU, análisis de datos en tiempo real y pruebas de potencia.

Figura 52

Banco Dinamométrico



Fuente: Autores

3.10 Objetivo del banco dinamométrico

En este proyecto el dinamómetro es una herramienta fundamental ya que nos supo ayudar a medir la potencia y el rendimiento del motor para poder así llegar a tener una comparativa entre la potencia del motor con la ECU original y la potencia del motor con la ECU MX3PRO para saber cuántos HP incremento al momento de hacer esta modificación, en la cual se puso la tracción delantera sobre los rodillos y para comenzar la prueba primero se sincronizó las rpms del motor toda la información de tu vehículo se guarda en el sistema y así es donde se puede ir comparando graficas.

Figura 53

Banco Dinamométrico

Fuente: Autores

3.11 Protocolo para elaborar el banco dinamométrico

Revisión del Equipo

- **Dinamómetro**: Asegúrate de que el dinamómetro esté calibrado y funcionando correctamente. Revisa las conexiones, los sensores y la configuración general.
- **Sistema de Gestión del Motor**: Verifica que la ECU y otros componentes del sistema de gestión del motor estén en buen estado y correctamente configurados.

Preparación del Vehículo

- **Estado del Motor**: Asegúrate de que el motor esté en buenas condiciones de funcionamiento, con todos los fluidos (aceite, refrigerante, combustible) en niveles adecuados.
- **Neumáticos**: Verifica que los neumáticos estén correctamente inflados y en buen estado para evitar influencias en los resultados.
- **Cinturones y Seguridad**: Asegura el vehículo con correas o anclajes adecuados en el dinamómetro. Usa cinturones de seguridad y otros equipos de protección si es necesario.

Planificación de la Prueba

- **Objetivos**: Define claramente los objetivos de la prueba (p. ej., medir potencia máxima, evaluar el rendimiento bajo diferentes cargas, comprobar la efectividad de una modificación).
- **Parámetros**: Establece los parámetros que se van a medir (potencia, par motor, temperatura, presión, etc.) y cómo se registrarán.

3.12 Configuración del Dinamómetro

Configuración del Software

- **Entrada de Datos**: Introduce la información del vehículo en el software del dinamómetro (tipo de motor, configuración, peso, etc.).
- **Configuración de Prueba**: Ajusta los parámetros de la prueba en el software (rango de RPM, tipos de pruebas a realizar, etc.)

Calibración

- **Sensores**: Asegúrate de que todos los sensores estén calibrados y funcionando correctamente. Esto incluye sensores de presión, temperatura y velocidad.
- **Dinamómetro**: Realiza una calibración de referencia si es necesario para garantizar mediciones precisas.

3.13 Procedimiento de Prueba

Calentamiento del Motor

- **Motivo**: Permite que el motor alcance su temperatura de funcionamiento óptima para obtener resultados consistentes.
- **Método**: Realiza un calentamiento controlado a bajas revoluciones y bajo carga ligera si es posible.

Ejecución de la Prueba

- **Secuencia**: Realiza la prueba siguiendo la secuencia establecida (p. ej., aceleración progresiva, pruebas a diferentes RPM, cargas estáticas).
- **Monitoreo**: Supervisa los datos en tiempo real durante la prueba, observando cualquier anomalía o problema.

Recolección de Datos

- **Mediciones**: Registra los datos de potencia, par motor, temperaturas, presiones y cualquier otro parámetro relevante.
- **Repetición**: Si es necesario, repite la prueba para obtener datos más precisos o para evaluar diferentes configuraciones.

Evaluación de Datos

- **Gráficos**: Analiza los gráficos y datos generados por el dinamómetro para evaluar el rendimiento del motor.
- **Comparación**: Compara los resultados con los datos esperados o con pruebas anteriores para identificar mejoras o problemas.

Interpretación

- **Resultados**: Interpreta los resultados en función de los objetivos de la prueba y las especificaciones del vehículo.
- **Ajustes**: Identifica posibles áreas para ajustar y optimizar el rendimiento del motor.

Inspección del Vehículo

- **Revisión**: Verifica el estado del vehículo después de la prueba para asegurarte de que no haya sufrido daños.
- **Mantenimiento**: Realiza cualquier mantenimiento necesario en el motor o en otros componentes del vehículo.ç

Seguridad

- **Precauciones**: Sigue todas las medidas de seguridad recomendadas, como el uso de equipo de protección personal y la correcta sujeción del vehículo.
- **Ventilación**: Asegúrate de que el área de prueba esté bien ventilada para evitar la acumulación de gases de escape.

Reglas y Normativas

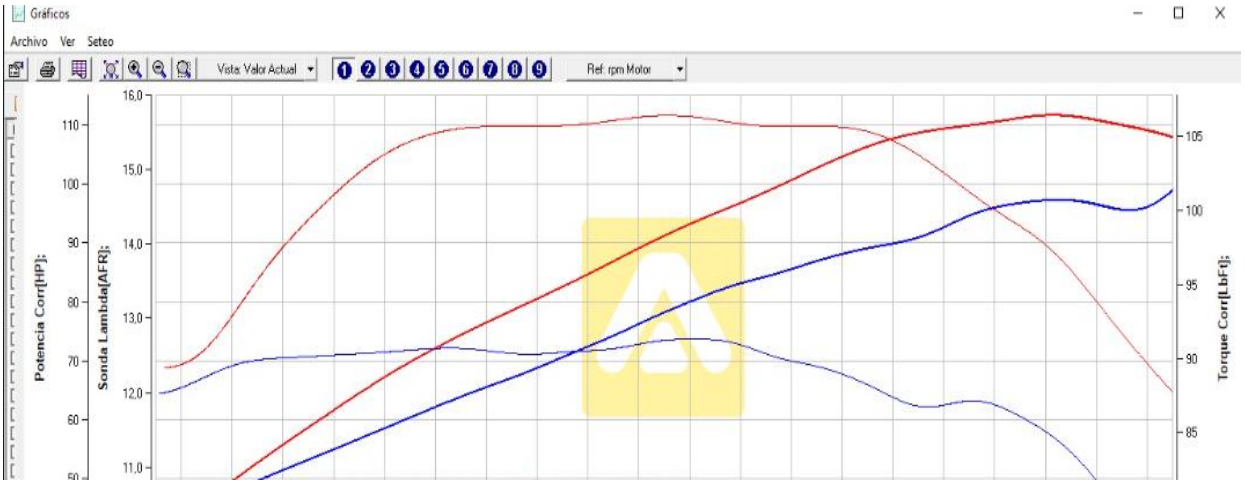
- **Cumplimiento**: Asegúrate de cumplir con todas las normativas locales y de la industria relacionadas con las pruebas en dinamómetros y la seguridad del vehículo.

3.14 Comparación de resultados

Las pruebas que se va realizar en el dinamómetro es la comparativa entre la potencia inicial con la ECU original del vehículo y la potencia final con la ECU programable MX3PRO, para así poder saber si tuvo un beneficio cambiado de ECUS en este caso cuando ya se haya concluido las dos pruebas en el banco dinamométrico podemos llegar a una comparativa de resultados, saber si aumento la potencia y torque como podemos observar en la Figura 24 tenemos ya las dos líneas de potencia proyectadas en este caso la línea azul es con la cual el vehículo inicio con su ECU original teniendo 99 HP a 6501 rpms y cómo podemos observar en la segunda línea roja es con la ECU MX3PRO y se obtuvo 111 Hp a 6030 rpms así obteniendo una ganancia de 12 HP.

Figura 54

Líneas de potencia y torque



Fuente: Autores

Tabla 3

Valores de potencia y torque

Valores de Potencia y Torque		
Parámetros	**ECU original**	**MX3PRO**
Potencia	98,9Hp	111,6Hp
Torque	91,3Nm	106,4Nm
RPM	6030rpm	6501rpm

Fuente: Autores

$$Potencia = potencia\ A - potencia\ B$$

$$Potencia = 111{,}6 - 99$$

$$Potencia = 12{,}6$$

Después de haber hecho los cálculos con la respectiva formula el incremento que se dio sobre el un aumento de potencia es de 12,6 HP colocando la ECU MX3PRO, de igual manera se realizara la comparación de torque:

$$Torque = (lb.ft)A - (lb.ft)B$$

$$Torque = (106{,}4) - (91{,}3)$$

$$Torque = 15{,}1$$

Con la formula respectiva de torque se obtuvo un incremento de 15,1 lb-ft demostrando una vez más la eficiencia que se obtuvo implementando de la ECU MX3PRO, después de haber sacado los resultados mediante la formula se procederá hacer una comparativa en una tabla con la ficha técnica del vehículo reduciendo el 10% ya que no estamos en una ciudad a nivel del mar lo cual hace que se pierda potencia (HP)

Tabla 4

Valores de ficha tecnica

VALORES DE FICHA TECNICA			
Parámetros	**Ficha técnica**	**ECU original**	**MX3PRO**
Potencia	105Hp	98,9Hp	111,6Hp
Torque	143Nm	91,3Nm	106,4Nm
RPM	6000rpm	6030rpm	6051rpm

Fuente: Autores

$$Potencia = potencia\ A - potencia\ B$$

$$Potencia = 111{,}6 - 105$$

$$Potencia = 6{,}6$$

Con la misma fórmula que se utilizó al inicio sigue teniendo un incremento de potencia con la ECU MX3 PRO que es de 6,6 HP comparando con la ficha técnica del vehículo de igual manera se realizara la comparación de torque:

$$Torque = (lb.ft)A - (lb.ft)B$$

$$Torque = (106.4) - (143)$$

$$Torque = -36{,}6$$

De igual manera con dicha formula se realizó el cálculo y se llegó a obtener en este caso una pérdida de torque, según en la ficha técnica se tiene más torque a comparación con la reprogramación de la ECU MX3PRO, pero como se obtuvo en el cálculo anterior se ganó más HP de lo que la ficha técnica nos indica.

V. Resultados

En base a la comparación de la ECU original y la nueva ECU programable (MX3PRO) se obtuvo los siguientes resultados:

Potencia

Los resultados obtenidos la comparación de datos entre la ECU original y la ECU MX3PRO fueron de 12 HP, de igual manera los resultados que se dieron con la comparación del manual del fabricante se demuestra un incremento de potencia de 6 HP demostrando así que los elementos seleccionados y parámetros adquiridos fueron los más adecuados para seleccionar este tipo de sistema.

Tabla 5

Resultados

COMPARATIVA			
Parámetros	**Ficha técnica**	**ECU original**	**MX3PRO**
Potencia	105Hp	98,9Hp	111,6Hp
Torque	143Nm	91,3Nm	106,4Nm
RPM	6000rpm	6030rpm	6051rpm

VI. Conclusiones

La implementación de un sistema programable en este caso con la ECU MX3PRO permite variar con facilidad los parámetros tanto como la inyección como el encendido del vehículo y mediante revisiones bibliográficas se pudo entender que implementar una computadora programable para aumentar la potencia es una estrategia eficaz y tecnológicamente avanzada que también ayuda optimizar el rendimiento del motor, además se estudió los procedimientos de instalación y programación de un sistema programable MX3PRO aplicable al vehículo Toyota Yaris que en este caso se llegó a tener una ganancia de 12 HP colocando la MX3PRO y también no solo incrementa la potencia, sino que también mejora la eficiencia del combustible y reduce las emisiones, cumpliendo con estándares ambientales más estrictos.

Además, ofrece flexibilidad para adaptar el rendimiento del vehículo a diferentes condiciones de manejo y preferencias del conductor, proporcionando una experiencia de conducción más dinámica y satisfactoria, respaldada por un control y monitoreo continuo de los sistemas del vehículo.

VII. Recomendaciones

Para realizar una implementación de un sistema electrónico en un vehículo modificado, es fundamental seguir algunas recomendaciones clave, primero, es crucial consultar el manual del fabricante del vehículo para obtener información específica y garantizar la compatibilidad con las modificaciones, además es importante investigar las normativas y regulaciones vigentes para asegurar que las emisiones del motor cumplan con los estándares establecidos, tener una comprensión clara de los cálculos necesarios facilitará la selección adecuada de los componentes para la modificación.

Al instalar la computadora programable MX3PRO, es esencial seguir meticulosamente las instrucciones del fabricante para evitar daños en el motor y la ECU, especialmente al ajustar la programación o realizar conexiones eléctricas.

VIII. Anexos

IX. BIBLIOGRAFÍA

Alcala. (28 de Abril de 2020). Obtenido de https://www.desguacesalcala.com/blog/las-partes-que-componen-un-motor-diesel/

AUTOAVANCE. (12 de Julio de 2019). Obtenido de https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/prueba-de-inyectores-diesel/

AUTOMOTOR.WIKI. (s.f.). Obtenido de AUTOMOTOR.WIKI: https://autofit-spain.es/mejores-probadores-inyectores/

Bosh. (s.f.). *Bosh*. Obtenido de https://senatielectronica.files.wordpress.com/2018/03/catalogo_toberas_2015.pdf

Cáceres, C. (s.f.). *Academia.edu*. Obtenido de Academia.edu: https://www.academia.edu/14374466/PRUEBAS_DE_INYECTORES

Den. (08 de Junio de 2021). *AUTODOC*. Obtenido de https://club.autodoc.es/magazin/motor-diesel-caracteristicas-problemas-mejores-modelos

Derco Center. (s.f.). Obtenido de Derco Cener: https://www.dercocenter.cl/noticias/como-funciona-un-motor-diesel

Ecured. (s.f.). Obtenido de https://www.ecured.cu/Motor_di%C3%A9sel

FRAM. (s.f.). Obtenido de https://www.fram-europe.com/es/productos/filtros-de-diesel.html#:~:text=La%20funci%C3%B3n%20del%20filtro%20de,almacenamiento%2C%20las%20reparaciones%2C%20etc.

Jomafa. (s.f.). Obtenido de jomafa.com/alimentacion-e-inyeccion/5706-bomba-para-comprobar-inyectores-diesel.html

Laboratorio de Inyeccion tecnoglogia y servicios Diesel. (s.f.). Obtenido de https://tecservdiesel.com/blog/dt_portfolios/venta-de-inyectores-diesel/

motoresymas. (16 de Abril de 2012). Obtenido de https://motoresymas.com/cont-tecnico/funcionamiento-del-filtro-de-combustible-diesel/

MUNDOCARROS.INFO. (s.f.). Obtenido de MUNDOCARROS.INFO: https://mundocarros.info/tipos-de-pistones-para-motores-diesel/

Power Diesel. (s.f.). Obtenido de https://www.powerdiesel.com.ar/tienda/producto/inyector-hyundai-santa-fe-tucson-sportage-2-0-crdi-2-2-crdi/

Reynasa. (15 de abril de 2019). *REYNASA*. Obtenido de https://www.reynasa.es/partes-y-funcionamiento-de-los-inyectores-diesel/#:~:text=El%20combustible%20penetra%20hacia%20la,portatobera%20con%20un%20manguito%20roscado.&text=Ese%20cierre%20estanco%20de%20la,orificio%20de%20salida%20del%20inyector.

Rodes. (s.f.). Obtenido de https://www.ro-des.com/mecanica/averias-inyectores-coches-gasolina-o-diesel/

Sanchez, C. (16 de Septiembre de 2014). Obtenido de https://seguros.elcorteingles.es/blog/motor/automovil/importancia-de-cambiar-el-filtro-del-aire-del-coche/#:~:text=Por%20cada%20litro%20de%20gasolina,grave%20en%20no%20mucho%20tiempo.

Tunap. (s.f.). Obtenido de https://www.tunap.es/es/tunap/bereiche_produkte/automotive/sortiment/kraftstoff/Fuelsystem.php