



INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en
Mecánica Automotriz**

Autor: Gonzalo Lenin Alvarado Carrión

Tutor: Ing. Fernando Gómez Berrezueta

**Implementación de Protocolos para Manejo de Computadora
Automotriz Reprogramable**

Certificado de Autoría

Yo, Gonzalo Lenin Alvarado Carrión declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Gonzalo Lenin Alvarado Carrión

CI: 1150517975

Aprobación del Tutor

Yo, Fernando Gómez Berrezueta certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

Director de Proyecto

Dedicatoria

Todo este esfuerzo y trabajo se lo dedico primero a Dios que me permite estar con vida y estar con mis seres queridos en mis logros, a mis padres y hermana, que sin su fundamental ayuda no estaría donde estoy ahora, por su gran apoyo incondicional durante este recorrido que llega a su fin.

Agradecimiento

Las palabras se quedan cortas para expresar mis sentimientos de gratitud hacia todos los que pusieron su granito de arena para hacer todo esto posible, gracias a Dios principalmente, familiares y amigos por siempre animarme y apoyarme en cada paso durante estos 5 años.

Le agradezco a mi tutor el Ingeniero Fernando Gómez Berrezueta, por guiarme sabiamente y tenerme paciencia para poder obtener este logro tan anhelado.

¡Gracias Totales!

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	1
Capítulo I.....	2
Antecedentes.....	2
1.1 Tema de Investigación.....	2
1.2 Planteamiento de Problema.....	2
1.3 Formulación del Problema.....	3
1.4 Sistematización del Problema.....	3
1.5 Objetivos de la Investigación.....	3
<i>1.5.1 Objetivo General.....</i>	<i>3</i>
<i>1.5.2 Objetivos Específicos.....</i>	<i>3</i>
1.6 Justificación e Importancia de la Investigación.....	4
<i>1.6.1 Justificación Teórica.....</i>	<i>4</i>
<i>1.6.2 Justificación Metodológica.....</i>	<i>4</i>
<i>1.6.3 Justificación Práctica.....</i>	<i>4</i>
<i>1.6.4 Delimitación Temporal.....</i>	<i>4</i>
<i>1.6.5 Delimitación Geográfica.....</i>	<i>5</i>

<i>1.6.6 Delimitación del Contenido</i>	5
1.7 Hipótesis	5
<i>1.7.1 Variables de Hipótesis</i>	5
Capítulo II	6
2 Marco de Referencia	6
2.1 Marco Teórico	6
<i>2.1.1 Protocolo J2534</i>	6
<i>2.1.2 Engine Control Unit (ECU)</i>	7
<i>2.1.3 ECU Dañada</i>	10
<i>2.1.4 ECU Defectuoso</i>	11
<i>2.1.5 Gestión Precisa del ECU</i>	11
<i>2.1.6 Principales Circuitos de la ECU</i>	12
<i>2.1.7 Síntomas de Fallo de una ECU</i>	13
<i>2.1.8 Posibles Soluciones de los Fallos</i>	14
<i>2.1.9 Reprogramación de la ECU</i>	14
<i>2.1.10 Sistema de Control y Accionamiento</i>	16
<i>2.1.11 Fueltech FT450</i>	16
2.2 Marco Conceptual	17
<i>2.2.1 Inyección Electrónica Programable</i>	17
<i>2.2.2 Torque</i>	17
<i>2.2.3 Potencia</i>	18
<i>2.2.4 Adelantamiento</i>	18
<i>2.2.5 Motor</i>	18
<i>2.2.6 Revolución</i>	18
Capítulo III	19

3 Metodología	19
3.1 Enfoque de la Investigación.....	19
3.2 Tipo de Investigación.....	19
3.3 Diseño de la Investigación	19
3.3.1 Bibliográfico	19
3.3.2 Experimental.....	19
3.4 Población.....	20
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	20
3.6 Método para el Tratamiento de la Información:	20
3.7 Plan de Recolección y Análisis de la Información	21
3.8 Materiales.....	21
Capítulo IV.....	22
4 Análisis e Interpretación de Resultados	22
4.1 Programaciones Básicas y Conexiones Usadas	22
4.1.1 Protocolos de Manejo de Computadora Reprogramable.....	22
4.1.2 Cronología de la Instalación de la Computadora Reprogramable FUELTECH FT45023	
4.1.3 Nuevo Mapa.....	25
4.1.4 Señal de RPM Configuración de Motor CKP.....	26
4.1.5 Configuración y Parámetros de Ignición	27
4.1.6 Configuración y Parámetros de Inyección	28
4.1.7 Configuración del Pedal de la Mariposa.....	29
4.1.8 Características de las Levas, Combustible a Utilizar y Relación de Compresión	29
4.1.9 Calibración del Pedal del Cuerpo de Aceleración.....	30
4.1.10 Primer Encendido con Mapa Base Inyección.....	34
4.1.11 Primer Encendido con Mapa Base Ignición.....	34

<i>4.1.12 Mapa Ignición Final</i>	37
<i>4.1.13 Control Corte de Inyección</i>	39
<i>4.1.14 Compensación por Temperatura de Motor</i>	39
<i>4.1.15 Compensación por Temperatura Aire</i>	40
<i>4.1.16 Compensación por Tensión de Batería</i>	41
<i>4.1.17 Compensación por TPS</i>	41
<i>4.1.18 Primer Pulso de Arranque</i>	42
<i>4.1.19 Partida de Motor</i>	43
<i>4.1.20 Enriquecimiento Después de la Partida</i>	43
<i>4.1.21 Freno Motor</i>	44
<i>4.1.22 Cableado</i>	45
Conclusiones	47
Recomendaciones	49
Bibliografía	50

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Engine Control Unit</i>	8
Figura 2 <i>Componentes de Engine Control Unit</i>	9
Figura 3 <i>FUELTECH FT450</i>	17
Figura 4 <i>Conexión de la Unidad de Control Electrónico (ECU)</i>	23
Figura 5 <i>Punta Lógica Power Probe 3 y Multímetro</i>	24
Figura 6 <i>Conexión entre el Cableado de la FUELTECH</i>	25
Figura 7 <i>Nuevo Mapa</i>	26
Figura 8 <i>Señal de RPM Configuración de Motor CKP</i>	27
Figura 9 <i>Configuración y Parámetros de Ignición</i>	28
Figura 10 <i>Configuración y Parámetros de Inyección</i>	28
Figura 11 <i>Configuración del Pedal de la Mariposa</i>	29
Figura 12 <i>Mapa Padrón</i>	30
Figura 13 <i>Calibración del Pedal del Cuerpo de Aceleración</i>	31
Figura 14 <i>Posición en 0%</i>	31
Figura 15 <i>Posición en 100 %</i>	32
Figura 16 <i>Verificación de Calibración</i>	32
Figura 17 <i>Alineación a 200°</i>	33
Figura 18 <i>Uso de la Pistola Estroboscópica</i>	33
Figura 19 <i>Pistola Estroboscópica</i>	34
Figura 20 <i>Primer Encendido con Mapa Base Inyección</i>	34
Figura 21 <i>Primer Encendido con Mapa Base Ignición</i>	35
Figura 22 <i>Relación Aire-Combustible</i>	35
Figura 23 <i>Modificación del Mapa de Inyección para Lograr una Mezcla más Estequiométrica</i>	36

Figura 24 <i>Mapa 2 Combustible Eficiencia Volumétrica (VE)</i>	37
Figura 25 <i>Mapa Ignición Final</i>	37
Figura 26 <i>Ventilador del Radiador 1</i>	38
Figura 27 <i>Bomba de Combustible</i>	39
Figura 28 <i>Control Corte de Inyección</i>	39
Figura 29 <i>Compensación por Temperatura de Motor</i>	40
Figura 30 <i>Compensación por Temperatura Aire</i>	40
Figura 31 <i>Compensación por Tensión de Batería</i>	41
Figura 32 <i>Compensación por TPS</i>	41
Figura 33 <i>Primer Pulso de Arranque</i>	42
Figura 34 <i>Partida de Motor</i>	43
Figura 35 <i>Enriquecimiento Después de la Partida</i>	44
Figura 36 <i>Freno Motor</i>	44
Figura 37 <i>Mapa de DWELL de la Ignición</i>	45
Figura 38 <i>Cableado</i>	45

Resumen

Los vehículos de hoy en día tienen una problemática con las restricciones que nos da el fabricante, ya sea por tema ambiental o simplemente por dar a cuidar su prestigio, limitando el rendimiento del automotor. Personas que buscan el máximo rendimiento de su vehículo suelen recurrir a las costosas modificaciones del motor para así obtener beneficios, las cuales demandan mucho tiempo y dinero, la reprogramación es un método más rápido y barato para quienes buscan un mejor desempeño, en este caso se ha optado por reprogramar la computadora de un automóvil Toyota Yaris que entra en la categoría M1, adaptando una computadora reprogramable Fueltech FT450, con ella se puede obtener beneficios, se realizan las conexiones necesarias en los sensores que vayamos a utilizar, para que la Fueltech comande las operaciones sobre el sistema del vehículo, dándole el control y despojando del mismo a la unidad de control original. Con esto se realizan varios mapas según los requerimientos, condiciones de funcionamiento y variables a modificar las prestaciones. En este caso se realiza la comparativa entre un mapa de mezcla rica, uno de mezcla pobre y otro de mezcla cercana a la estequiométrica en donde se verifica mediante una Wideband, la lectura de esta en tiempo real, obteniendo con éxito las modificaciones que se establecieron.

Palabras Clave: Fueltech, Wideband, condiciones de funcionamiento, computadora reprogramable.

Abstract

Modern cars have a problem due to the restrictions that the manufacturer creates, whether it is for environmental reasons or simple to protect their prestige by limiting the vehicle performance. People looking to maximize their car's performance often resort to costly engine modifications to save time and money that allows them to access those benefits, even if require lots of time and money. In this regard, reprogramming is the fastest and cheapest method for those seeking to enhance performance. In this research work, it was decided to reprogram a Toyota Yaris vehicle, which falls in the M1 category, by adapting a Fueltech FT450 reprogrammable ECU. This device allows obtaining benefits by making the necessary connections to the sensors to be used, letting the Fueltech to control the operation of the vehicle systems, granting it control and depriving the control unit from it. Additionally, different maps were created according to the requirements, working conditions and variables to modify the capabilities. In this case, a comparison using a rich, lean, and almost stoichiometric mixing map was performed, allowing verification through a Wideband of the real-time reading, and successfully obtaining modifications that were established.

Keywords: Fueltech, Wideband, Operating Conditions, Reprogrammable Computer.

Introducción

Los motores son el resultado de la evolución tecnológica e industrial que han contribuido a mejorar las actividades humanas gracias el uso de energías principalmente fósiles en energía o trabajo mecánico. Al analizar el uso de los motores en el campo de la auto movilización, estos han favorecido en las actividades de transporte de personas y cargas, pero cada vez es más necesario contar con motores con mayor eficiencia para que cumplan con los requisitos del trabajo para el que son destinados.

Cabe señalar que, al inicio del desarrollo de un vehículo, el fabricante mira las condiciones bajo las cuales se pretende vender el vehículo, es decir, determina la programación general que lo limita (TESS, 2022). En ese sentido el presente trabajo aborda la reprogramación una de computadora FUELTECH FT450 aplicado en un vehículo M1, lo cual implica adaptar sus funciones a las condiciones reales del vehículo; este trabajo requiere leer datos del chip de procesamiento de mapeo estándar de la ECU y ajustar datos como la presión de combustible, la presión de suministro, la entrega y el encendido. Estos parámetros le permiten conocer el rendimiento real del motor.

El trabajo se desarrolla en cuatro capítulos, el primero introduce a la contextualización del problema a analizar, los objetivos planteados y la hipótesis a verificar, el segundo capítulo es el marco de referencia, es decir, el fundamento teórico sobre el cual se soporta la investigación, el tercer capítulo evidencia la metodología empleada para alcanzar los objetivos planteados y los resultados de estos se presentan en el capítulo cuatro. Finalmente, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones que se derivan de este trabajo.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Implementación de protocolos para manejo de computadora automotriz reprogramable.

1.2 Planteamiento de Problema

Hoy en día la tecnología en el campo automotriz es muy amplia, derivándose a la electrónica específicamente, encontramos las ECU's de los vehículos, el número de estas mismas variara dependiendo del modelo y categoría del auto. Al momento de hablar de la computadora de un vehículo o ECU (ENGINE CONTROL UNIT) por sus siglas en inglés, nos estamos refiriendo al dispositivo muy delicado en donde se va a receptor toda la información provista por los sensores, controladores, para luego enviarla señal a los actuadores y realizar un trabajo en específico dependiendo de las necesidades o condiciones en las que se encuentre.

Muchas personas en este caso usuarios tienen miedo de llevar a un taller cualquiera a revisar su vehículo en caso de que la ECU este fallando, todo esto se realiza con diagnóstico, se tiene que asistir a un taller especializado y que garantice un trabajo bien hecho, porque incluso hasta la mala manipulación de una computadora puede hacerla fallar o dañar sin que esta lo esté.

Las computadoras que vienen de fábrica suelen venir limitadas a especificaciones o rangos que dan el fabricante, esto, con el fin de cuidar y preservar el motor, ya que con esto hacen prevalecer la confianza y garantía que tiene cada marca, así, impidiendo sacarle el máximo provecho que podría traer este vehículo, por lo general las personas suelen realizar modificaciones al motor gastando mucho dinero, sin tener en cuenta las modificaciones por reprogramación, que son más baratas y con muchos beneficios.

La reprogramación de ECU consiste en incrementar la potencia del auto, sin modificar físicamente el motor o también modificando ambos. Esto es posible ya que se alteran los mapas

de configuración de la ECU (Computadora Automotriz o Centralita Electrónica) mediante software (Auto Avance, 2018). Con un equipo y personal adecuado y capacitado se podrá realizar este trabajo para poder así con éxito programar la computadora del vehículo, teniendo los protocolos para poder manipular y operar con seguridad todos estos dispositivos que son aparte de delicados y costosos por lo que se debe tener cuidado con ellos.

1.3 Formulación del Problema

¿La modificación de Implementación de Protocolos para Manejo de Computadora Automotriz Reprogramable, permitirá analizar las variaciones obtenidas?

1.4 Sistematización del Problema

- ¿Qué tipo de computadora se implementaría para el proyecto?
- ¿Efectuado estos protocolos obtendremos un trabajo más adecuado?
- ¿Cómo sería el manejo de la computadora reprogramable para modificar los rangos a escoger a la hora de la modificación?
- ¿Se puede volver a reinstalar la computadora original en algún vehículo del mismo modelo en algún futuro?

1.5 Objetivos de la Investigación

1.5.1 Objetivo General

Determinar los parámetros de gestión electrónica de un vehículo M1 mediante el mapeo y reprogramación de una computadora automotriz con protocolo J2534 de manera segura.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Investigar sobre los conceptos relacionados con los microprocesadores que tiene una computadora automotriz.
- Establecer los protocolos de funcionamiento para la reprogramación, así como los parámetros que se modifican en la ECU.
- Realizar las programaciones básicas y conexiones usados para el mapeo y

reprogramación de la ECU de un vehículo M1 con motor a gasolina

1.6 Justificación e Importancia de la Investigación

1.6.1 Justificación Teórica

La Justificación teórica del proyecto se basa en investigación de temas relacionados reprogramación de computadoras, basándose en teorías existentes que se pueden aplicar y desarrollar en nuestro proyecto. Es decir, el presente estudio se justifica desde el ámbito teórico porque existen los recursos bibliográficos para sustentar la investigación, puesto que se resalta contenido bibliográfico de libros, artículos e investigaciones similares.

1.6.2 Justificación Metodológica

Para el desarrollo del proyecto relacionado Para el desarrollo del proyecto relacionado con la reprogramación de ECU, se debe tomar en cuenta que se lo realiza con la computadora desmontada del vehículo, para así una mejor manipulación. Cabe recalcar que la ECU original tiene limitaciones las cuales tomamos en cuenta para la programación.

1.6.3 Justificación Práctica

La justificación práctica del proyecto se basa en brindar una alternativa de bajo costo y de realizarlo de una manera más práctica, ya que existen diversas maneras para reprogramar una ECU, tales como extraer la computadora original y conectarla a la reprogramable, que es lo que se planea hacer, desde un computador conectado al OBDII, en fin ya depende de cómo cada persona o usuario quiera proceder, este trabajo nos permitirá hacer de una manera más directa la interacción con la computadora, ver y realizar conexiones con un mayor detalle y también con la ventaja de que no se tocaría a gran profundidad un vehículo sino más bien solamente su ECU.

1.6.4 Delimitación Temporal

El proyecto se realiza a partir de noviembre 2022 hasta marzo 2023, en este tiempo se pretende obtener resultados de la reprogramación.

1.6.5 Delimitación Geográfica

El proyecto se lo realiza en la ciudad de Guayaquil.

1.6.6 Delimitación del Contenido

En el primer bloque está conformado con las pautas necesarias y conceptos que se deben referenciar para realizar el proyecto. Es decir, la teoría y recursos bibliográficos sirven de base para obtener conocimiento para emplearlo en la práctica. Además, se detalla cómo funciona y maneja la computadora reprogramable. En el segundo bloque se describe cómo este proyecto genera beneficios en los parámetros a escoger a modificar, por ejemplo, si se hace una modificación para recibir más flujo de combustible, obtendremos más potencia, pero mayor consumo y contaminación, pero lo que nos interesa es fijarnos en un objetivo.

En el tercer bloque se expone todo el procedimiento para el correcto manejo de la computadora reprogramable, como afecta su función en el sistema, donde se analiza teorías relacionadas con temas de reprogramación, instalación de sistemas y demás contenidos bibliográficos que sirvan de aporte práctico para el desarrollo de la investigación.

1.7 Hipótesis

La implementación de los protocolos tipo manual para la reprogramación de una computadora nos permite demostrar de una manera más didáctica todo el proceso de programación.

1.7.1 Variables de Hipótesis

1.7.1.1 Variables Independientes.

- ECU reprogramable

1.7.1.2 Variables Dependientes

- Parámetros modificados
- Mapeo de computadoras
- Proceso de programación

Capítulo II

Marco de Referencia

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Protocolo J2534

El protocolo J2534 es un estándar de comunicación utilizado en la industria automotriz para permitir la reprogramación y el diagnóstico de los módulos electrónicos del vehículo, este protocolo establece una interfaz estandarizada entre el software de diagnóstico y los dispositivos de comunicación utilizados para acceder a los sistemas electrónicos del vehículo. Permite a los talleres y fabricantes de equipos de diagnóstico comunicarse con los módulos de control del vehículo para realizar tareas como reprogramación de software, lectura de códigos de falla y monitoreo de parámetros en tiempo real.

Al seguir el estándar J2534, los fabricantes de herramientas de diagnóstico pueden desarrollar dispositivos compatibles que funcionen con múltiples marcas y modelos de vehículos, lo que facilita el acceso a las funciones de diagnóstico y reprogramación. Esto reduce el costo y la complejidad de las herramientas de diagnóstico al tiempo que proporciona una mayor flexibilidad y compatibilidad en el entorno de diagnóstico automotriz.

Este protocolo viene siendo una manera que tiene el fabricante de proporcionar actualizaciones, eficiencias de consumo para contrarrestar emisiones, diagnósticos de fallas, para calibrar algunos módulos con el fin de que estén bajo las reglamentaciones ambientales y demás. Para poder realizar este proceso, se deberá tener una laptop o computadora y contar con el software de la plataforma del fabricante del vehículo, con el fin de brindar actualizaciones o mejoras en ciertos parámetros que estén disponibles en el momento, así optimizando las condiciones. (AUTO AVANCE, 2020).

2.1.2 Engine Control Unit (ECU)

Es la computadora del vehículo, que se encarga de recibir señales e información provenientes de los distintos sensores, analiza y emite la información a los actuadores para su funcionamiento en las distintas condiciones que se encuentre o el vehículo requiera. Ecu también se conoce como la unidad de control electrónico encargado de la regulación del motor, en otras palabras, es el corazón del motor compuesto por sensores y actuadores.

Los sensores son los encargados del registro de los parámetros de funcionamiento del vehículo, como por ejemplo la temperatura, revoluciones, señal de posicionamiento del acelerador, son un puente hasta el sistema central y se encargan del cambio de estas magnitudes físicas en electrónicas. Por otro lado, los actuadores tienen la función de convertir las señales eléctricas en magnitudes mecánicas (Automotive Engineering SL, 2022).

La ECU (Figura 1) sabe todo lo que está pasando durante el funcionamiento del vehículo, en caso de que la ECU reciba o envíe información errónea, puede que estén en fallo alguno de sus sensores o la misma ECU, con el tiempo los distintos sensores irán presentando fallas por su tiempo de vida útil, lo cual puede desencadenar en una serie de problemas en el vehículo, es cuando se tiene que entrar en una serie de diagnósticos para dar con el problema (Auto Avance, 2018). El término ECU puede usarse para referirse a una Unidad de control del motor, sin embargo, ECU también se refiere a una Unidad de control electrónico, que es un componente de cualquier sistema mecatrónico automotriz, no solo para el control de un motor. En la industria automotriz, el término ECU a menudo se refiere a una unidad de control del motor (ECU) o un módulo de control del motor (ECM). Si esta unidad controla tanto un motor como una transmisión, a menudo se la describe como un módulo de control del tren motriz (PCM)

Figura 1*Engine Control Unit*

Nota. Tomado de Autodoc Club (2022)

2.1.2.1 Componentes de la ECU. Una ECU consiste en forma básica en hardware y software (firmware). El hardware consta de varios componentes electrónicos (Figura 2) en una placa de circuito impreso (PCB). El componente más importante es el chip microcontrolador junto con un EPROM o un chip de memoria Flash. El software (firmware) es un conjunto de código de bajo nivel que se ejecuta en un microcontrolador (Rodríguez , 2019). Las características de sus componentes son:

- Entrada y salida de línea (E/S), analógica y digital.
- Unidad de interfaz/administración de energía.
- Protocolo de comunicación (CAN, KWP-2000, entre otros).
- Secuencia automática de software de identificación y activación de dispositivos.

Figura 2

Componentes de Engine Control Unit,



Nota. Tomado de Rodríguez (2019).

2.1.2.2 Tipos de ECU. En vehículos con un gran número de ECU, se dividen en tareas a realizar. Algunos de estos tipos son los siguientes (Rangam, 2020).

- *Módulo de Control del Motor:* Con sus sensores, el ECM garantiza la cantidad de combustible y el tiempo de encendido necesarios para obtener la mayor potencia y economía del motor.
- *Módulo de Control de Frenos:* Utilizado en vehículos con ABS, el BCM se asegura de que las ruedas no patinen y determina cuándo activar el frenado y soltar el freno para garantizar que las ruedas no se bloqueen.
- *Módulo de Control de la Transmisión:* Utilizado en un vehículo automático, el TCM garantiza que obtenga los cambios más suaves posibles al evaluar las RPM del motor y la aceleración del automóvil.
- *Módulo de Control Telemático:* abreviado como TCU, garantiza que los servicios a bordo del automóvil estén en funcionamiento. Controla la navegación por satélite y

la conectividad a Internet y teléfono del vehículo.

- *Módulo de Control de la Suspensión:* está presente en los automóviles con sistemas de suspensión activa, el SCM garantiza la altura de conducción correcta y cambios óptimos en la suspensión según las condiciones de conducción.

2.1.2.3 Evolución de la Unidad de Control Electrónico (ECU). Hundevad (2021), narra la historia de ECU de la siguiente forma:

- *Década de 1970:* Las unidades de control electrónico comienzan a controlar ciertas funciones, como los solenoides del carburador. Más tarde, algunas personas comenzaron a probar la mezcla al ralentí.
- *Década de 1980:* con la introducción de la inyección de combustible suplementaria, las unidades de control electrónico asumen gradualmente la responsabilidad total de la gestión del combustible y el encendido de los motores de gasolina.
- *Década de 1990:* la seguridad del vehículo también se convierte en parte de la unidad de control electrónico y lentamente comienza a desempeñar un papel en los motores diésel.
- *Década de 2000:* las ECU comienzan a controlar de cerca el control del acelerador, el control del turbocompresor y muchos sistemas de emisiones.
- *Años 2010 y posteriores:* ECU con control total de los sistemas relacionados. Puede tener más de cien entradas y salidas.

2.1.3 ECU Dañada

Si la ECU queda dañada, el automóvil no arrancará porque la ECU controla el encendido del motor. También afecta varias partes del vehículo, pero es posible que ya no sea efectivo ya que su vehículo ya no podrá arrancar (Hundevad, 2021).

2.1.4 ECU Defectuoso

Una ECU defectuosa puede ser un gran problema para el usuario y para el vehículo. Podría funcionar, pero estoy sorprendido por su bajo rendimiento. Algunas señales pueden ser: Luz de check engine, el auto no arranca, cambios extraños en el equipo, aumento del consumo de combustible, entre otros. (Hundevad, 2021).

2.1.5 Gestión Precisa del ECU

Principalmente se relaciona con la gestión del combustible y en ese sentido son varias las variables que deben tomarse en cuenta (Ecutesting, 2018), estas se listan a continuación:

- Demanda del motor
- Temperatura del motor/refrigerante
- Temperatura del aire
- Temperatura del combustible
- Calidad del combustible
- Restricción de filtro variable
- Presión atmosférica
- Eficiencia de bombeo del motor

Estos parámetros requieren un conjunto de sensores para medir estas variables y usar la lógica en la programación de la ECU para determinar cómo compensarlos adecuadamente. Para aumentar la demanda del motor (por ejemplo, aceleración) se debe aumentar la mezcla total. Teniendo en cuenta las características de combustión del combustible utilizado, se debe cambiar la proporción de esta mezcla. Cuando presiona el pedal del acelerador, el acelerador se abre, lo que permite que entre más aire en el motor. El sensor de flujo de aire masivo (MAF) mide el aumento en el flujo de aire en el motor, lo que permite que la ECU varíe la cantidad de combustible inyectado mientras mantiene la relación de mezcla dentro de los límites (Ecutesting, 2018).

Así también, para lograr niveles de potencia óptimos y una combustión segura, la ECU debe cambiar la relación de mezcla e inyectar más combustible a máxima velocidad que a velocidad de cruce, lo que se denomina "mezcla rica". Por el contrario, una estrategia de combustible o un mal funcionamiento que da como resultado que se inyecte menos combustible de lo normal puede causar una "mezcla pobre" (Ecutesting, 2018).

Además de calcular el abastecimiento de combustible según los requisitos del conductor, la temperatura también juega un papel importante en las ecuaciones utilizadas. Debido a que la gasolina se inyecta en forma líquida, primero debe vaporizarse antes de que pueda quemarse. Son más fáciles de manejar en un motor caliente, pero en un motor frío el fluido se evapora menos y se debe inyectar más combustible para mantener la relación de mezcla en el rango de combustión correcto (Ecutesting, 2018).

Flashback: antes de la ECU, esta función era operada por un "acelerador" en el carburador. Esta válvula de mariposa es una paleta que restringe el flujo de aire hacia el carburador, lo que aumenta el vacío en la boquilla para estimular un mayor flujo de combustible. Este método suele ser impreciso, engorroso y requiere ajustes periódicos. Muchos son ajustados manualmente por el conductor mientras conduce. La temperatura del aire también afecta la calidad de la combustión al igual que el cambio de la presión barométrica (Ecutesting, 2018).

2.1.6 Principales Circuitos de la ECU

La ECU se encuentra conformada por distintos componentes que son vitales para su funcionamiento, los cuales tienen la misión de realizar las tareas predispuestas específicas para el buen funcionamiento de todo el sistema (Auto Avance, 2018).

- Alimentación
- Circuito de procesamiento de datos
- Drivers o salidas
- Circuito de datos

2.1.7 *Síntomas de Fallo de una ECU*

Cuando la ECU está en falla o alguna avería nos manda algunas señales como:

- Problemas con el arranque
- Pérdida de potencia o velocidad
- Detonaciones anormales en el motor

Todos estos fallos se pueden llegar a dar por las condiciones en las que tengamos nuestro vehículo, se puede meter humedad dentro de la ECU por más hermética que esta sea, pueden existir cortocircuitos por alguna sobrecarga eléctrica, vibraciones, ya que en este caso puede recibir daño físico y posteriormente fallar (Guacho & Ojeda, 2021).

2.1.7.1 Códigos de Falla. Si el código de error se almacena en la memoria, a menudo hace que se sobrescriba la lógica del programa, lo que hace que el motor sea menos eficiente, aunque el motor aún puede funcionar a un nivel básico. En algunos casos, el autodiagnóstico detectará una falla crítica que esencialmente impide que el motor arranque o apaga el motor por razones de seguridad (Ecutesting, 2018). Entre ellos se tiene:

- Códigos de falla del tren motriz (motor y sistemas de transmisión)
- Códigos de falla del chasis (sistemas ABS y TCS)
- Códigos de falla corporal (aire acondicionado y sistemas de confort)

Con la gestión moderna del motor, el primer paso de solución de problemas del técnico del vehículo es acceder a los códigos de falla de la memoria de la ECU. Por lo general, se almacenan como códigos alfanuméricos de 5 dígitos que comienzan con P, B, C o U seguidos de 4 dígitos. Los detalles y explicaciones de estos códigos se pueden encontrar en los Códigos de falla OBDII (Ecutesting, 2018).

Además de estos códigos, los técnicos pueden ver datos de sensores en tiempo real utilizando herramientas de diagnóstico mientras el vehículo está en marcha. Esto les permite ver las lecturas del sensor que son inexactas, pero no están fuera de tolerancia con suficiente

margen para indicar un código de falla (Ecutesting, 2018).

2.1.8 Posibles Soluciones de los Fallos

Para poderle dar solución a alguna avería que tenga la ECU deberemos hacer los chequeos para poder diagnosticar el fallo.

Entre las posibles soluciones estarían:

- Reparación o cambio de CanBus
- Reemplazo de sensor de presión absoluta
- Cambio o reparación de drivers del sistema de encendido
- Reprogramación de datos de la ECU

2.1.9 Reprogramación de la ECU

Debe tenerse en cuenta que, al inicio del desarrollo de un vehículo por un fabricante, este aborda las condiciones a las cuales será sometido el automotor en los lugares de destino donde son comercializados, es decir generan una programación general, lo cual limita sus características.

Al no considerar aspectos como los combustibles de mala calidad, condiciones de temperatura, altitud, frecuencia de mantenimiento y todas aquellas establecidas como estándares (TESS, 2022).

Por ellos, la reprogramación consiste en modificar esas características a la realidad vehicular, la cual consiste en tomar una lectura del chip de procesamiento de la ECU del mapa estándar y dato de ajuste como la presión del combustible, presión de sobrealimentación, en avance y encendido del pedal del acelerador, estos parámetros permiten conocer el verdadero rendimiento del motor.

Cada vehículo tiene su propio mapa el mismo que puede ser ajustado con relación a sus características con el fin de alcanzar un mejor rendimiento (TESS, 2022).

2.1.9.1.1 ***Ventajas de Asignación de la ECU / Reprogramación.*** Entre sus principales ventajas está la de la mejora de la potencia del motor, sin embargo, esta no es única, pues contribuye a la mejora de la respuesta del acelerador y amplía la potencia, con esto se logra una mejor distribución de la potencia derivando en que la configuración este más personalizada y con la mayor eficiencia del motor. Es importante mencionar que la potencia del motor usualmente está restringida para cumplir con los lineamientos estándar que define el fabricante, pero con la reprogramación se puede mejorar la potencia y en definitiva descubrir un motor beneficioso dentro del sistema de gestión de este (TESS, 2022).

Otra ventaja significativa de la reprogramación es la reducción en el consumo de combustibles, esto principalmente se refiere a la disminución en las revoluciones, pues se requiere acelerar menos para mantener una velocidad en la autopista (TESS, 2022).

2.1.9.1.2 ***Ventajas de la Reprogramación ECU en Motores a Diésel con Turbo.***

El potencial de los motores a diésel con turbo es asombroso como en economía, fiabilidad y tiempo de uso, al reprogramar este tipo de motor se aprovecha las siguientes ventajas (TESS, 2022):

- Mayor potencia en el motor
- Mejor respuesta del acelerador
- Economía de combustible
- Mayor potencia y seguridad en el adelantamiento

2.1.9.1.3 ***Ventajas de la Reprogramación ECU en Motores a Gasolina.*** El motor a gasolina es uno de los menos fáciles para calibrar, no obstante, con la reprogramación se logra una mejora del 10 al 15 por ciento de la potencia. Su configuración requiere una atención precisa en parámetros como las curvas de combustible y el encendido pues sintonizarlos tras una mejoría, otras alternativas es la sintonización del árbol de levas dentro del mapa (TESS, 2022).

Adicionalmente pueden reconfigurarse elementos preestablecidos como el tubo de escape de flujo libre, los filtros de aceite de alto flujo y re perfilado de levas, en definitiva, esto permite mejorar el potencial del motor y obtener ganancias en el rendimiento si se emplea un combustible con octanaje más alto (TESS, 2022).

2.1.10 Sistema de Control y Accionamiento

El sistema de control y accionamiento se clasifica de la siguiente manera: Mecánica, mecánica electrónica y electrónica. Mecánica es el accionamiento de los inyectores es mediante una forma mecánica como en el sistema K-Jetronic, mientras que mecánica electrónica consiste en Tiene un controlador electrónico y su accionamiento es mecánico. Y la electrónica posee un control y accionamiento electrónico comandado por la ECU (Pérez & Sellan, 2021).

2.1.11 Fueltech FT450

La computadora FUELTECH FT450 es ideal para proyectos que requieren la mejor relación calidad-precio, el FUELTECH FT450 tiene todas las características de la serie PowerFT, como inyección y encendido secuenciales, corrección de lazo cerrado de sonda, nuevo control de empuje activo, Boost Controller integrado, registrador de datos, control de nitro, cuenta kilómetros y función de succión y otros (Forja, 2019).

Dispone de carcasa de plástico impermeable, resistente y de alta calidad, conector para coche de 26 pines, conexión a través de puertos USB y CAN, 7 entradas y 10 salidas totalmente configurables. Comparte el mismo grupo de instrumentos que el FT600, diseñado para facilitar la conducción, incluidas las comodidades automotrices, como un botón de inicio y el uso de LED virtuales para indicar señales de giro, luces y otras funciones. La pantalla le permite editar mapas directamente en el dispositivo, no se requiere computadora, es la integración perfecta entre la ECU y el tablero del automóvil (Forja, 2019).

El FT450 (Figura 3) utiliza el mismo software FTManager con todas las características y funciones disponibles. Incluye una nueva funcionalidad para aplicar correcciones de cierre de

bucle a las entradas del mapa. Todos los mapas de la ECU PowerFT son compatibles entre sí y puede abrir, editar y guardar mapas utilizando su interfaz intuitiva y fácil de usar (Forja, 2019).

Figura 3

FUELTECH FT450



Nota. Tomado de Forja (2019).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Inyección Electrónica Programable

Dentro de los ciclos del motor, los pistones ascienden y descienden, los sensores enviarán una señal a la ECU que está el motor en movimiento. En el movimiento de bajada y con la válvula de admisión abierta, se genera una especie de aspiración tipo vacío, este aire pasa por todo el múltiple de admisión, cuerpo de aceleración, mariposa, hasta finalmente llegar al interior de los cilindros, el medidor de flujo de aire informa a la computadora cuanto aire fue admitido, con esta información, se dosificará la cantidad correspondiente de combustible en cada cilindro, tratando de que haya una mezcla de aire/combustible ideal, o estequiométrica, para tener un mejor desarrollo, menor emisiones y economía en el consumo (Yerera et al.,2021)

2.2.2 Torque

Es una fuerza que generan cuerpos en rotación. La explosión dentro del cilindro produce fuerza que se transmiten a los pistones, bielas y cigüeñal. En tal caso, una definición sería el producto de esa misma fuerza del pistón y la longitud del muñón del cigüeñal (Rueda, 2021).

2.2.3 Potencia

De acuerdo con Castillo et al., (2017) la potencia se define que tan rápido se realiza cierto trabajo. El producto entre torque y las RPM del motor será dicha potencia. El torque no es constante, por lo que se basa en el giro del motor, cabe recalcar que la fuerza que ejercen los pistones hacia la biela y cigüeñal varía según las revoluciones del motor. Una analogía sería que, a RPM bajas, torque bajo y a altas RPM cuando se pega un acelerón el torque también sube.

2.2.4 Adelantamiento

El adelantamiento es una maniobra que consiste en rebasar a otro vehículo que circula en la misma dirección que nosotros, pero a menor velocidad y por delante de nuestro vehículo. Esta maniobra está considerada como una de las más peligrosas que se pueden realizar en carretera, por lo que se deben tomar las máximas precauciones de seguridad antes de proceder para evitar accidentes y multas (Abertis Company, 2018).

2.2.5 Motor

Un motor es un dispositivo que convierte una fuente de energía, como energía química (alimentada), eléctrica o térmica, en energía o trabajo mecánicos continuo. A menudo se usa en el campo y tiene diferentes tipos de accionamiento entre ellos un coche (Planas, 2018).

2.2.6 Revolución

“Las revoluciones (RPM) de un motor de auto o motor, son las vueltas por minuto que realiza el cigüeñal del motor” (Lira, 2021, p. 1). Las revoluciones por minuto de un motor, son la medida de cuántas rotaciones completas realiza el cigüeñal en este lapso de tiempo, y el número de veces que cada pistón sube y baja en su cilindro.

Capítulo III

Metodología

En este apartado se establecen el tipo de investigación, nivel, diseño de la investigación, enfoque de la investigación, población de estudio seleccionada, método para el tratamiento de la información y desde luego los instrumentos seleccionados para la elaboración del instructivo para la programación de una ECU.

3.1 Enfoque de la Investigación

El presente trabajo de investigación se caracteriza por ser uno de tipo mixto, es decir cuantitativo y cualitativo, ya que se recopilan datos numéricos para medir los resultados de la reprogramación de la ECU, y se recopila información de diversos autores.

3.2 Tipo de Investigación

El tipo de investigación es descriptiva, ya que se pretende obtener información sobre los conceptos relacionados con los microprocesadores que tiene una computadora automotriz y busca describir los parámetros de gestión electrónica de un vehículo M1 mediante el mapeo y reprogramación de una computadora automotriz con protocolo J2534 de manera segura.

3.3 Diseño de la Investigación

3.3.1 Bibliográfico

En primera instancia, la indagación se desarrolla sobre una base bibliográfica documental. Este diseño en particular se emplea para sustentar adecuadamente cada una de las variables abordadas en el trabajo de investigación. Su sustentación se desarrolla por medio de la una revisión de libros, papers, revistas, tesis, entre otros.

3.3.2 Experimental

Es de diseño experimental, ya que se realiza una intervención en el vehículo para reprogramar la ECU y se medirán los resultados de dicha intervención.

3.4 Población

Para el siguiente estudio se utilizó el tamaño de la población de 500 vehículos M1 marca Toyota en la ciudad de Guayaquil del año 2019 que tienen una computadora automotriz reprogramable con protocolo J2534, esta información tomada de el “Market Place” de la plataforma Facebook, dándonos como resultado uno en el tamaño de la muestra que es con lo que trabajamos, el tamaño de la muestra se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 p * q}{e^2}$$

n= Tamaño de muestra buscado

N= Tamaño de la población

z= Parámetro de nivel de confianza

e= Error de estimación máximo aceptado

p= Probabilidad que ocurra el evento estudiado

q= (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

El resultado del tamaño de la muestra se calculó con un nivel de confianza del 80% y con un margen de error del 65%.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

- *Revisión de Literatura:* para recopilar información sobre los conceptos relacionados con los microprocesadores que tiene una computadora automotriz y establecer los protocolos de funcionamiento para la reprogramación y los parámetros que se modifican en la ECU.
- *Pruebas de Control:* se realiza pruebas en laboratorio para evaluar los resultados de la reprogramación de la ECU.

3.6 Método para el Tratamiento de la Información

Se utiliza un método estadístico para el análisis de los datos obtenidos durante la intervención en el vehículo.

3.7 Plan de Recolección y Análisis de la Información

Para obtener la información necesaria y dar alcance a los objetivos, se lleva a cabo el siguiente proceso investigativo:

1. *Revisión de Literatura:* para llevar a cabo la investigación sobre los conceptos relacionados con los microprocesadores que tiene una computadora automotriz y establecer los protocolos de comunicación para la reprogramación.
2. *Selección de Vehículo:* se selecciona un vehículo M1 con motor a gasolina marca Toyota de modelo Yaris ya que esta marca es muy confiable y tiene muy buenas prestaciones para poder trabajar, tenemos un amplio mercado local para obtener repuestos y sistemas para esta marca, así mismo como la alta demanda de estos vehículos, cuenta con una motorización sencilla de 4 cilindros en línea lo que lo hace sencillo para poder trabajar en nuestro proyecto.
3. *Mapeo y Reprogramación de la ECU:* se realiza la programación básica y las conexiones necesarias para el mapeo y reprogramación de la ECU.
4. *Pruebas de Control:* se lleva a cabo pruebas en carretera para evaluar los resultados de la reprogramación.
5. *Análisis de Datos:* se analiza los datos obtenidos de las pruebas para determinar si se cumple con el objetivo general y los objetivos específicos de la investigación.

3.8 Materiales

- Fueltech FT450
- Wideband
- Punta Lógica Power Probe 3
- Pistola Estroboscópica
- Insumos (cinta aislante, cortadora, pelacables, manguera de vacío)

Capítulo IV

Análisis e Interpretación de Resultados

4.1 Programaciones Básicas y Conexiones Usadas

A continuación, se detalla paso por paso como son los procesos para realizar un mapeo y programación en un vehículo M1 con motor a gasolina.

4.1.1 *Protocolos de Manejo de Computadora Reprogramable*

Los protocolos de manejo para esta computadora serán los siguientes:

1. Tener todas las conexiones habilitadas a cada uno de los sensores y actuadores a trabajar, así también como al switch y a tierra, estos deberán tener una conexión segura para evitar cortocircuitos o falsos contactos que podrían darnos problemas a futuro.
2. Con el cableado de la Fueltech se deberá soldar correctamente hacia los sockets de los actuadores y sensores, contando con un recubrimiento de termo-fundente.
3. La Fueltech una vez conectada, el motor apagado y switch abierto, nos pedirá la información del vehículo a trabajar.
4. Ingresamos la información esencial para ir al menú principal.
5. Con una laptop personal descargaremos el software en la página oficial de Fueltech.
6. Con el cable USB conectamos la Fueltech hacia la Laptop y procederá a leer la ECU.
7. En la laptop tendremos la opción de cargar mapa desde la ECU Fueltech o crear nuevo mapa, seleccionaremos “Crear Nuevo Mapa”.
8. Abrimos el menú principal de la Fueltech en la laptop e ingresaremos la misma información que pusimos de nuestro vehículo, grabamos la información y nos permitirá encender el vehículo.
9. Tendremos acceso a los mapas de inyección e ignición para ir modificando según las necesidades.

10. Tendremos que hacer las modificaciones con el vehículo parado y rodando para así tener una mejor calibración en los parámetros a modificar.

4.1.2 Cronología de la Instalación de la Computadora Reprogramable FUELTECH FT450

En este caso se recurre a la concesionaria de Toyota, ingresamos el vehículo para el diagnóstico, pero al ser un modelo moderno, no se encontraron actualizaciones con el protocolo J2534 que estuvieran disponibles por el momento, por este motivo es el cual se realizó las programaciones con los dos tipos de mapas con la ECU programable Fueltech, de inyección e ignición.

Para establecer los requerimientos de instalación del sistema FUELTECH y realizar el análisis de los parámetros de programación del software y posteriormente se realiza la conexión de la computadora al vehículo (Figura 4).

Figura 4

Conexión de la Unidad de Control Electrónico (ECU)



Nota. En la figura 4 se muestra el procedimiento de conexión de la unidad de control electrónico.

Se procede a conectar la unidad de control electrónico (ECU) a la fuente de alimentación de 12V de la batería del vehículo, siguiendo las instrucciones proporcionadas en el manual de usuario.

1. Se hace referencia al manual de usuario para determinar los pines y cables necesarios para la conexión de los diferentes sensores del vehículo.
2. Se realizan mediciones de señal utilizando una punta lógica y un multímetro en el cableado original del vehículo, específicamente en los sensores de posición del cigüeñal (CKP), posición del árbol de levas (CMP), sensor de temperatura, bobinas de encendido, inyectores de combustible y sensor de oxígeno.

Figura 5

Punta Lógica Power Probe 3 y Multímetro

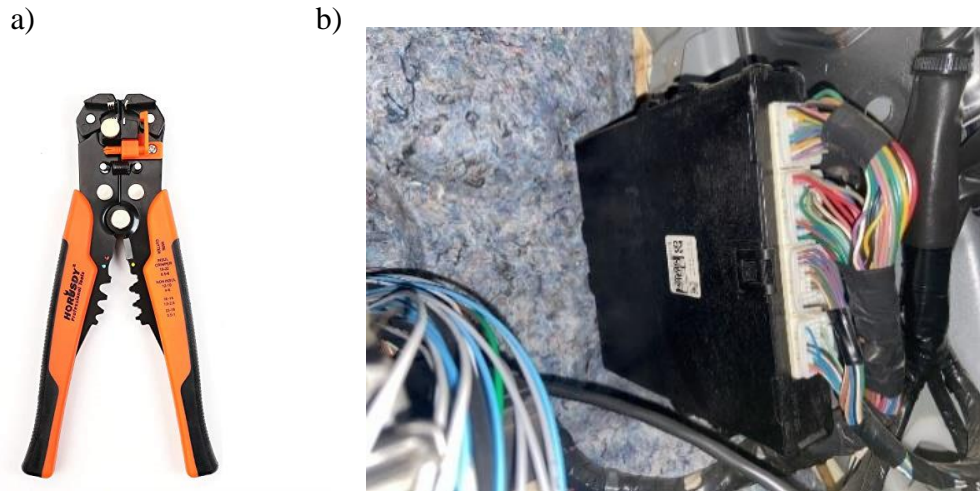


Tomado de: https://co.ebay.com/b/Power-Probe-Electrical-Testers/179478/bn_1875121

1. Una vez obtenidas las señales mediante la utilización de una punta lógica y multímetro en el cableado original del vehículo, se procederá a realizar la conexión entre el cableado de la FUELTECH y el cableado original del vehículo mediante el uso de un pelacables. Es importante tener en cuenta el cableado original salido de la ECU original del Toyota.

Figura 6

Conexión entre el Cableado de la FUELTECH



Nota. La figura a) es pelacables, b) es la ECU original y cableado

2. Conectar una manguera de vacío a la parte posterior de la FUELTECH hacia una línea de vacío del motor, una vez encendida la FUELTECH nos pedirá información acerca del vehículo, en este caso tenemos un Toyota Yaris Sport 2019 1.5 L con un motor 2NR. Esta información es importante ya que es clave para la posterior configuración que vayamos a realizar y para que tenga una exitosa conexión con nuestro vehículo.

4.1.3 Nuevo Mapa

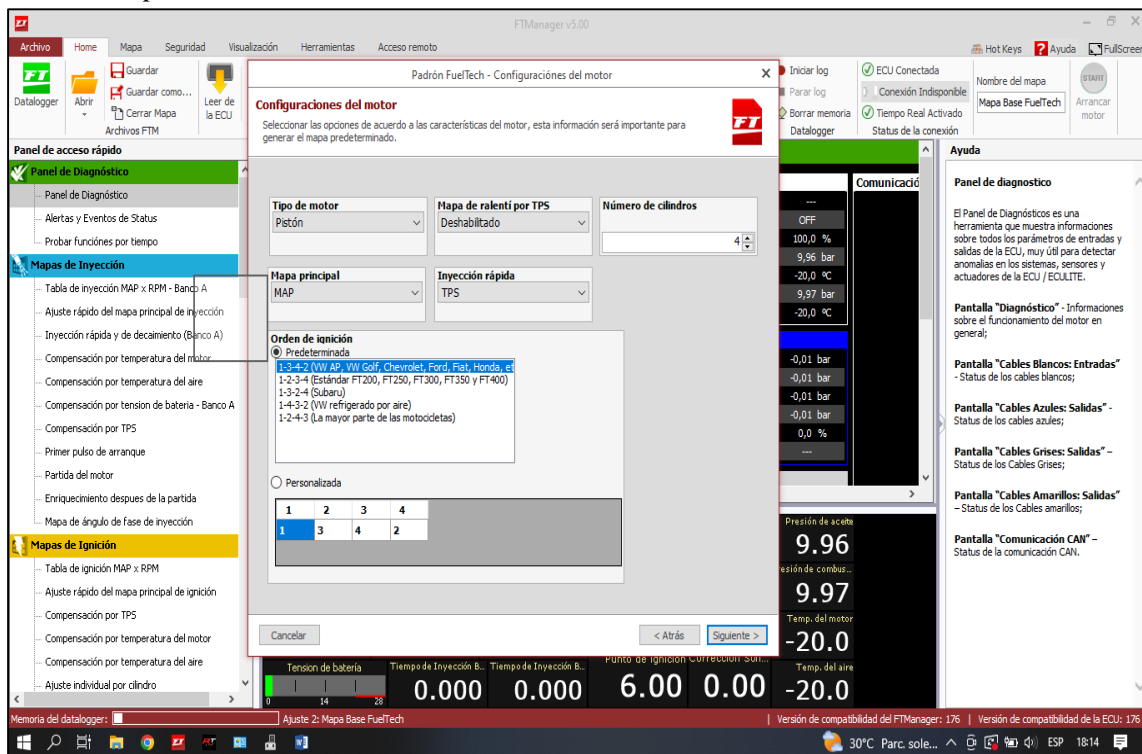
El mapa de la ECU es el software que viene configurado de fábrica y este viene grabado previamente en la memoria.

El programa de software (figura 7) solicita la información sobre el vehículo a modificar, incluyendo los siguientes parámetros:

- Tipo de motor: pistón
- Numero de cilindros: 4
- Orden de encendido: 1-3-4-2

Figura 7

Nuevo Mapa



4.1.4 Señal de RPM Configuración de Motor CKP

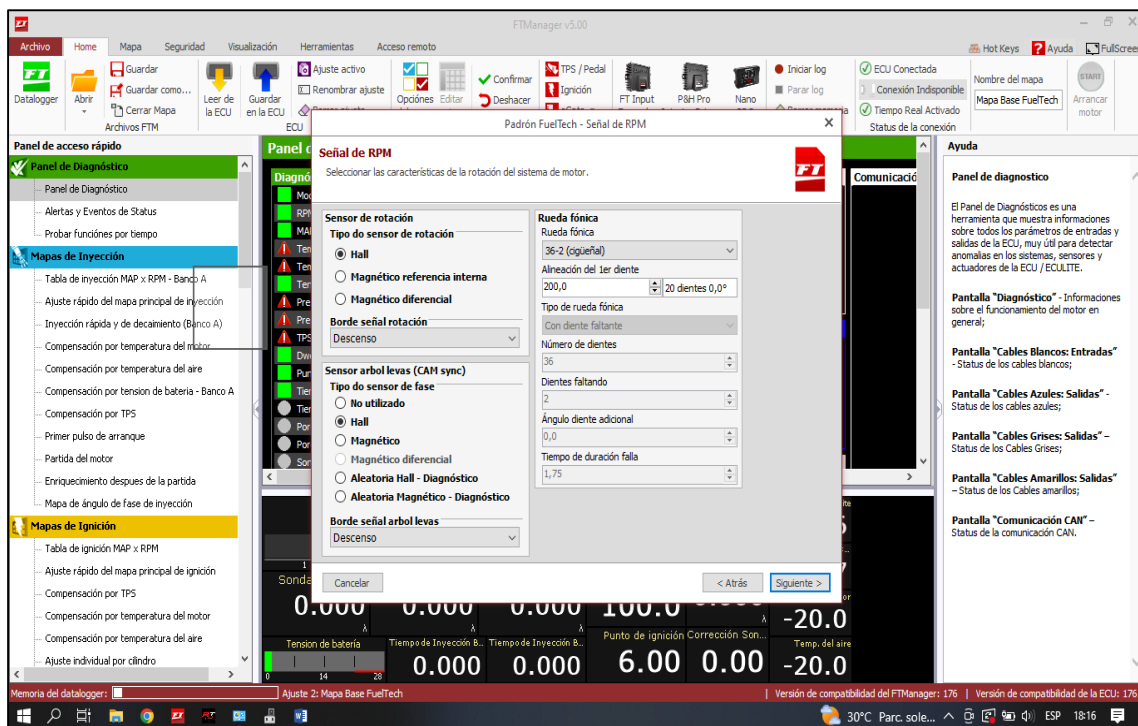
El Sensor CKP también indica las revoluciones del motor. El sensor CKP trabaja junto con una rueda dentada que está acoplada al cigüeñal. Los sensores de posición del cigüeñal y del árbol de levas, que son los sensores más importantes en cualquier motor, son fundamentales para el rendimiento del distribuidor y del tiempo de encendido. El sensor de posición del cigüeñal es un sensor multipropósito que controla el tiempo de encendido, detecta las RPM y calcula la velocidad relativa del motor.

Para la configuración del motor (Figura 8), se utiliza:

- Tipo de sensor CKP: tipo HALL
- Tipo de sensor CMP: tipo HALL
- Rueda fónica: 36-2
- Alineación de 1er diente: a 200°

Figura 8

Señal de RPM Configuración de Motor CKP



4.1.5 Configuración y Parámetros de Ignición

Se realiza la configuración y ajuste de los parámetros de ignición. Estos ajustes son cruciales para un correcto funcionamiento del sistema de ignición y asegurar un rendimiento óptimo del motor.

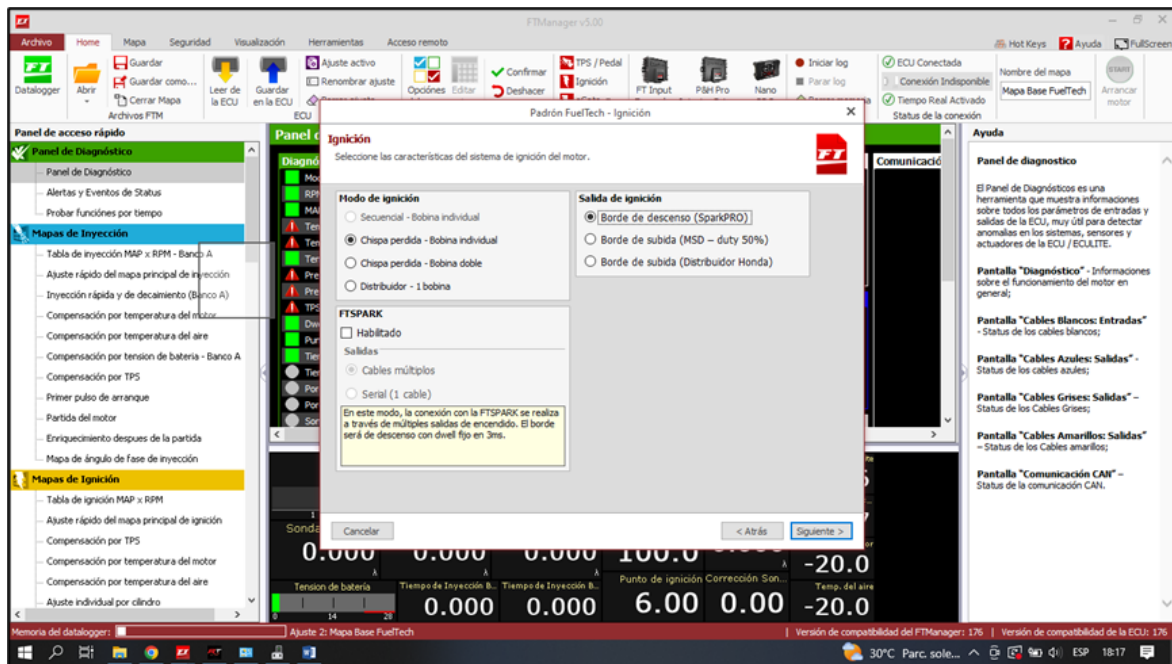
Dado que el motor de un automóvil pasa la mayor parte de su tiempo con aceleración parcial, la ECU se concentra en la máxima eficiencia en esta área. La mezcla ideal, en la que todo el combustible inyectado se quema y todo el oxígeno se consume en esta combustión, se conoce como 'estequiométrica' o, a menudo, 'Lambda'. En condiciones estequiométricas, $\text{Lambda} = 1,0$.

- Selecciona el tipo de bobina (figura 9): bobina individual

Salida de ignición: borde de descenso

Figura 9

Configuración y Parámetros de Ignición

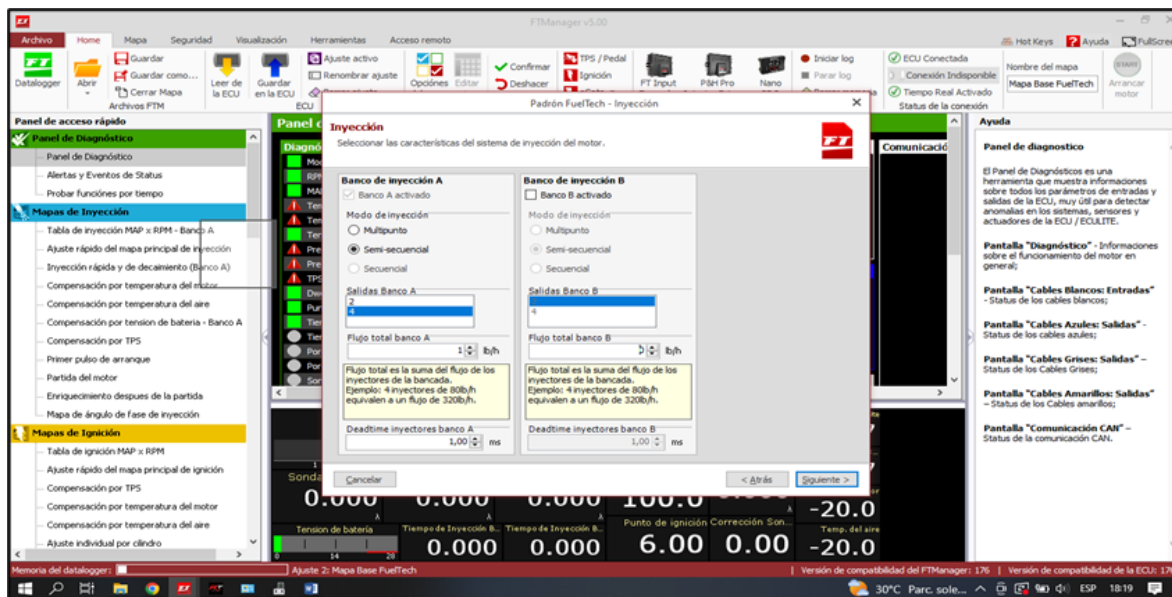


4.1.6 Configuración y Parámetros de Inyección

Tipo de inyección (figura 10): semisecucional

Figura 10

Configuración y Parámetros de Inyección



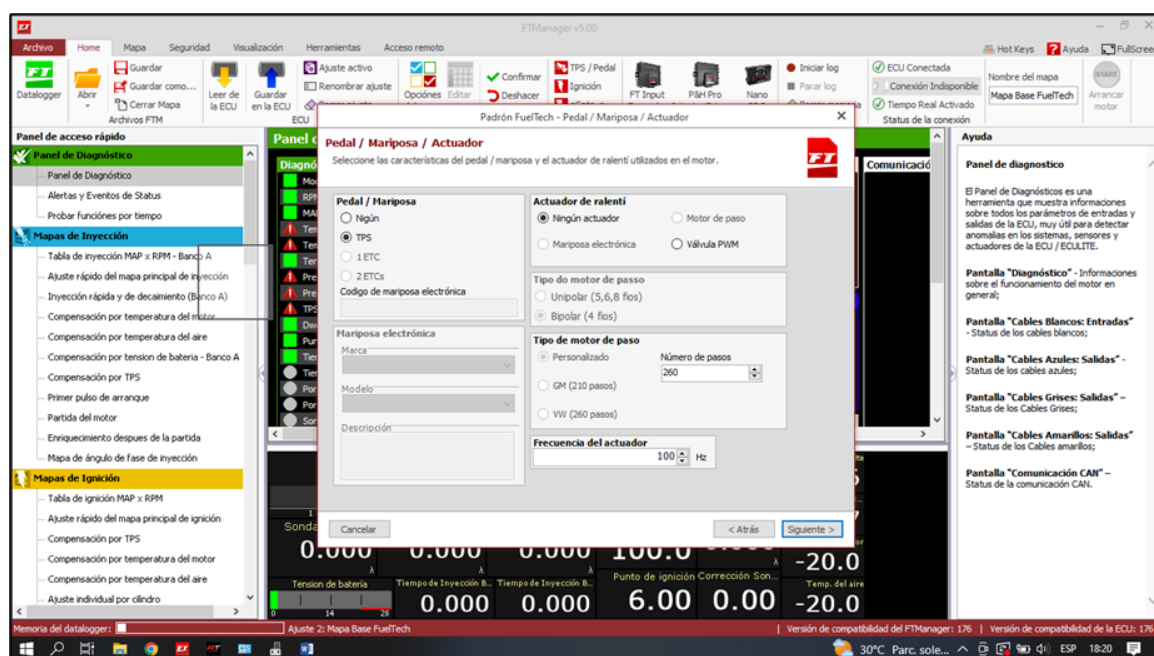
4.1.7 Configuración del Pedal de la Mariposa

Una ventaja importante del control electrónico del acelerador es que la ECU puede ajustar el ángulo del acelerador durante la aceleración para complementar el flujo de aire real a través del motor. Esto mejora la velocidad a la que el aire pasa a través de la admisión y proporciona ganancias en torque y capacidad de conducción.

Tipo de pedal (figura 11): TPS mariposa por cable

Figura 11

Configuración del Pedal de la Mariposa



4.1.8 Características de las Levas, Combustible a Utilizar y Relación de Compresión

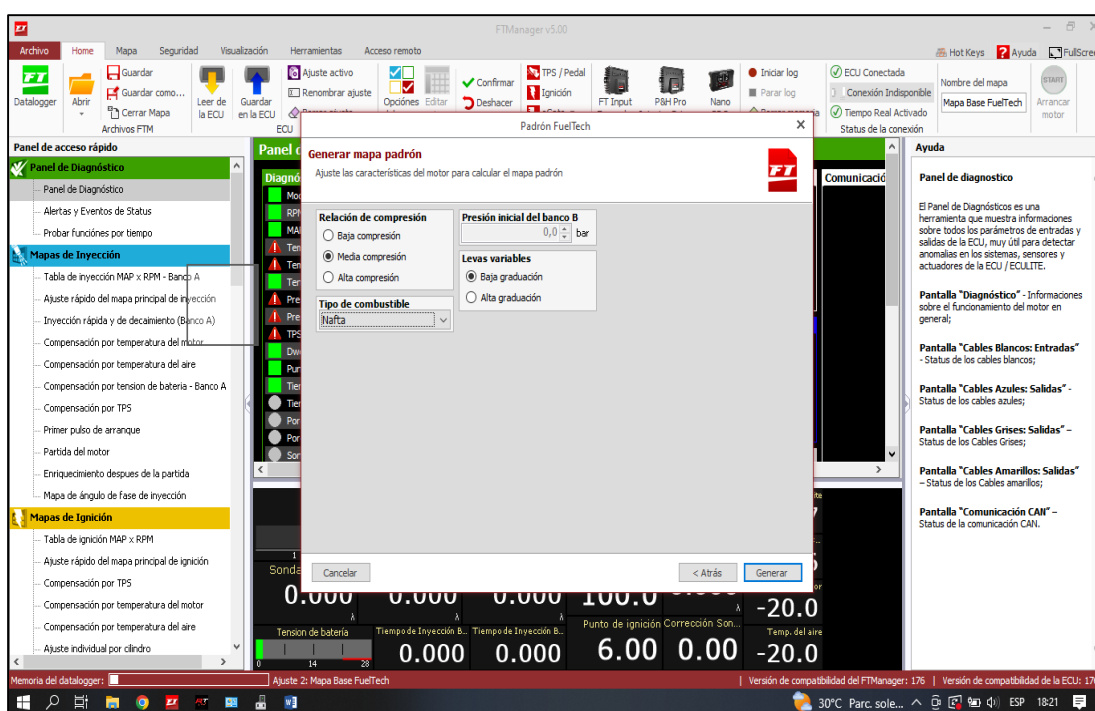
Los vehículos modernos están contruidos con tolerancias mucho más estrictas que los del pasado, sin embargo, aún son susceptibles a variaciones de fabricación, desgaste mecánico y aspectos ambientales. Como tales, son capaces de adaptarse a cambios graduales en el funcionamiento del motor (figura 12).

- Motor de media compresión, lo que indica que el volumen de la cámara de combustión será menor que el volumen total del cilindro en una proporción moderada.

- Tipo de combustible: nafta o gasolina, ya que ambas son opciones adecuadas para este tipo de motor.
- Levas variables de baja graduación, lo que significa que son capaces de ajustar la apertura y cierre de las válvulas para adaptarse a diferentes condiciones de carga y velocidad del motor.

Figura 12

Mapa Padrón



4.1.9 Calibración del Pedal del Cuerpo de Aceleración

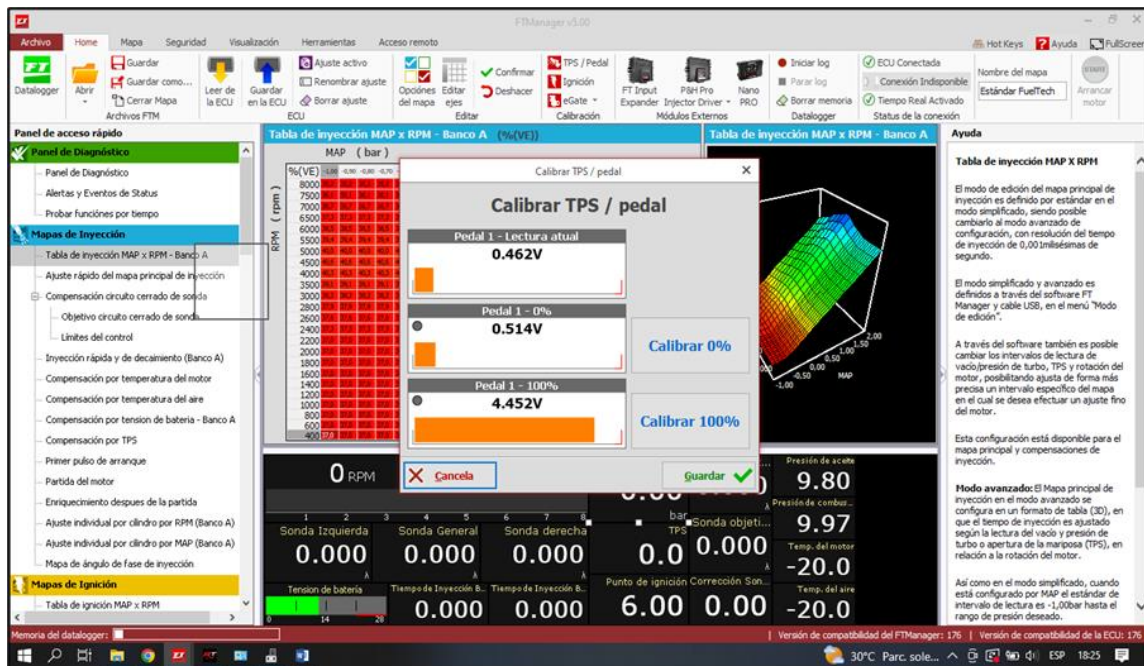
En esta etapa (figura 13), se realiza la grabación y calibración de la apertura de la mariposa del cuerpo de aceleración, con el fin de obtener información precisa sobre su funcionamiento. Se toman las siguientes lecturas:

- Lectura actual: mariposa cerrada
- Lectura al 0% con mariposa cerrada

Lectura al 100% con mariposa totalmente abierta

Figura 13

Calibración del Pedal del Cuerpo de Aceleración



Se procede a la calibración del pedal de aceleración, estableciendo su posición en 0% (figura 14) y su posición en 100% (figura 15).

Figura 14

Posición en 0%

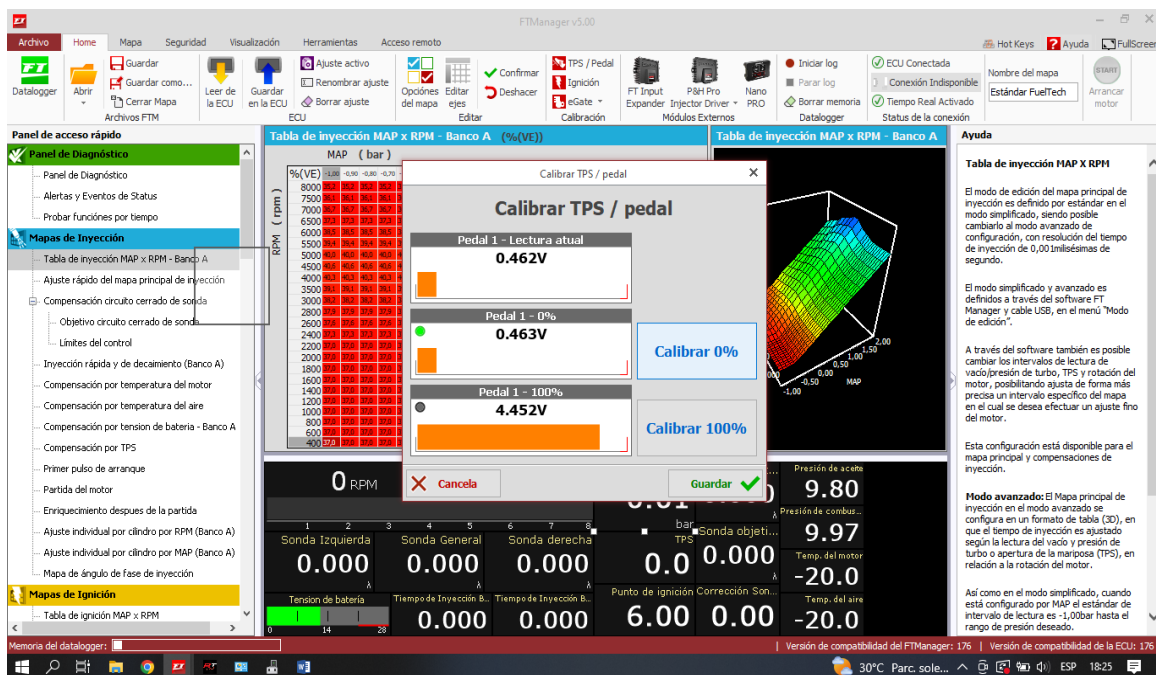
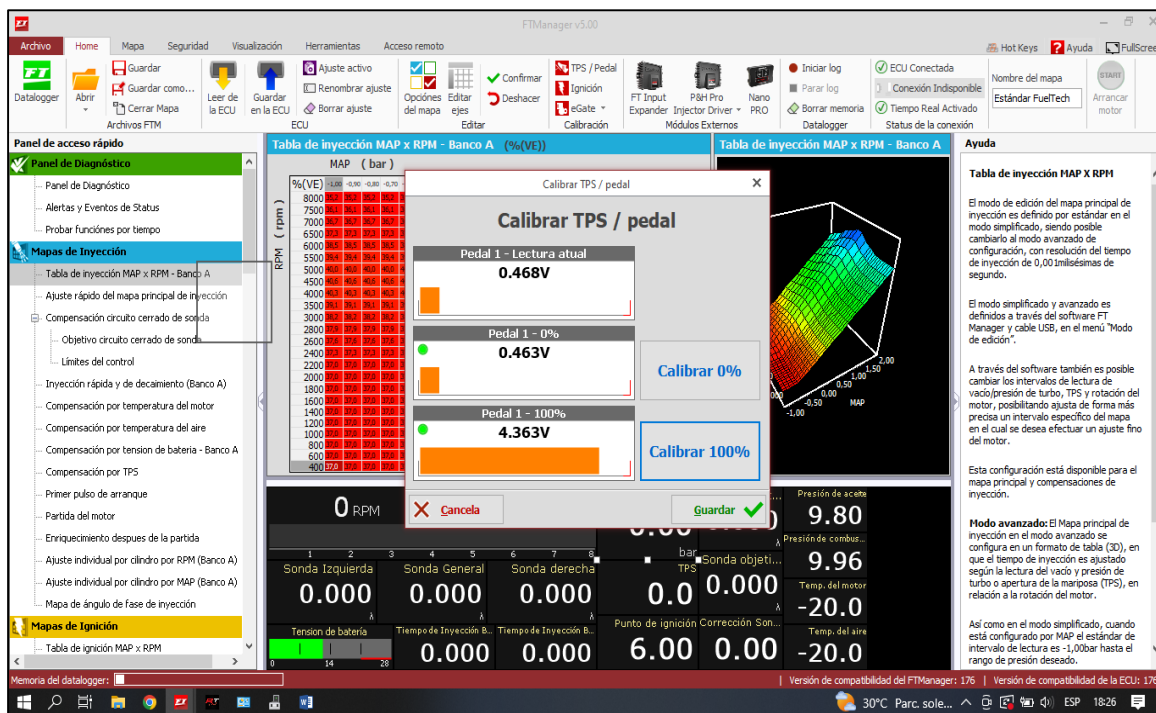


Figura 15

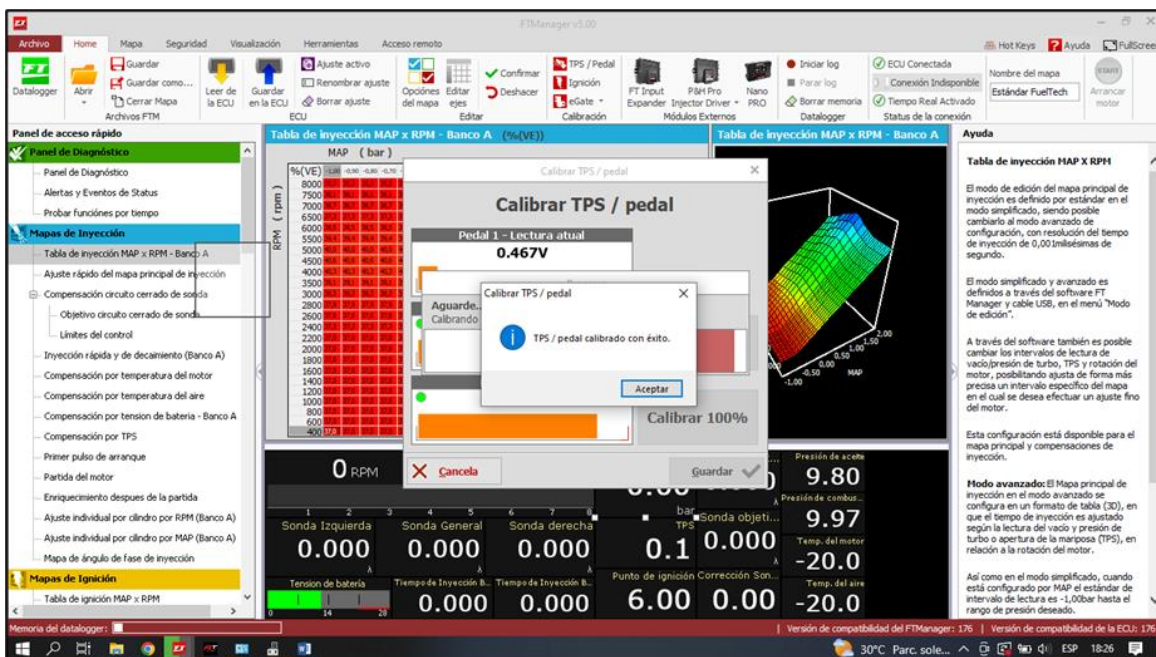
Posición en 100 %



Posteriormente se realiza la verificación de la calibración (figura 16).

Figura 16

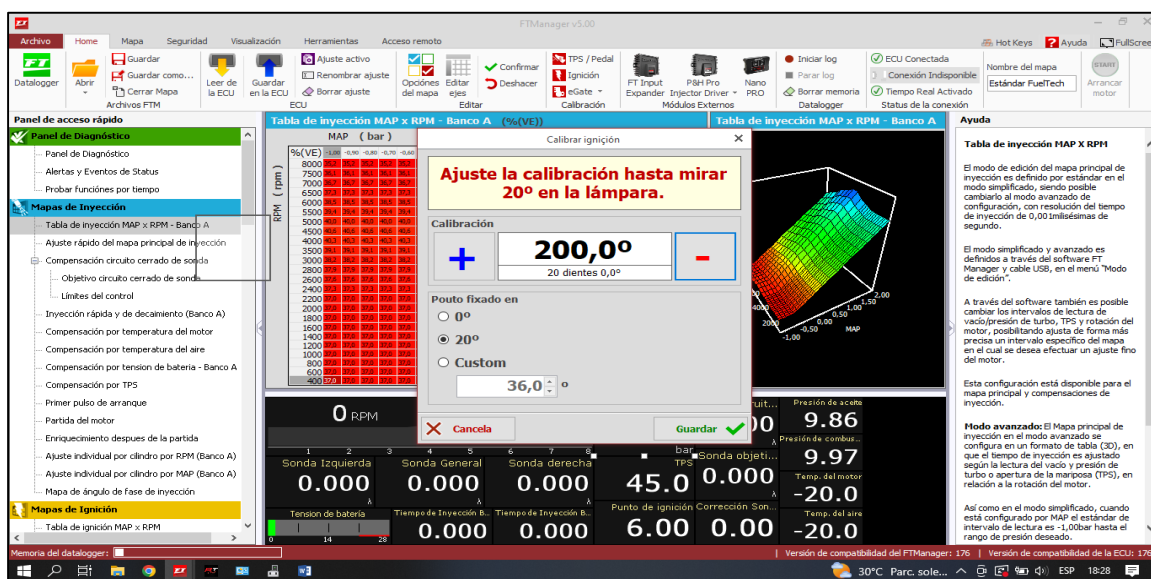
Verificación de Calibración



Para alinear la sincronización del motor con la sincronización de la ECU, es necesario marcar la puela del cigüeñal y utilizar una pistola estroboscópica (figura 18) para determinar el tiempo real. De esta manera, se conoce el ángulo preciso y se puede colocar la alineación a 200°, esto es esencial para dar marcha al motor (figura 17).

Figura 17

Alineación a 200°



En la figura 19 se muestra la utilización de la Pistola Estroboscópica en el automóvil empleado para la investigación.

Figura 18

Uso de la Pistola Estroboscópica



Figura 19

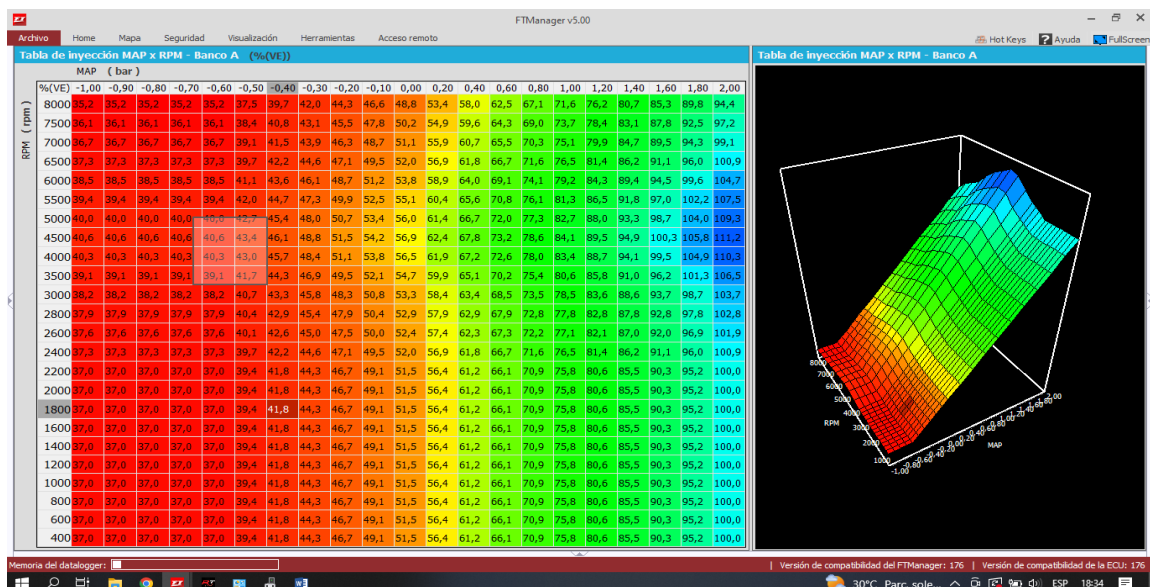
Pistola Estroboscópica

Tomado de: <https://www.multiscanners.cl/productos/estrob3551.htm>

4.1.10 Primer Encendido con Mapa Base Inyección

El proceso de inyección y de encendido se realiza a través de unidades electrónicas programables (figura 20), independientemente de la marca se basa en la obtención de valores a través de procesos de interpolación.

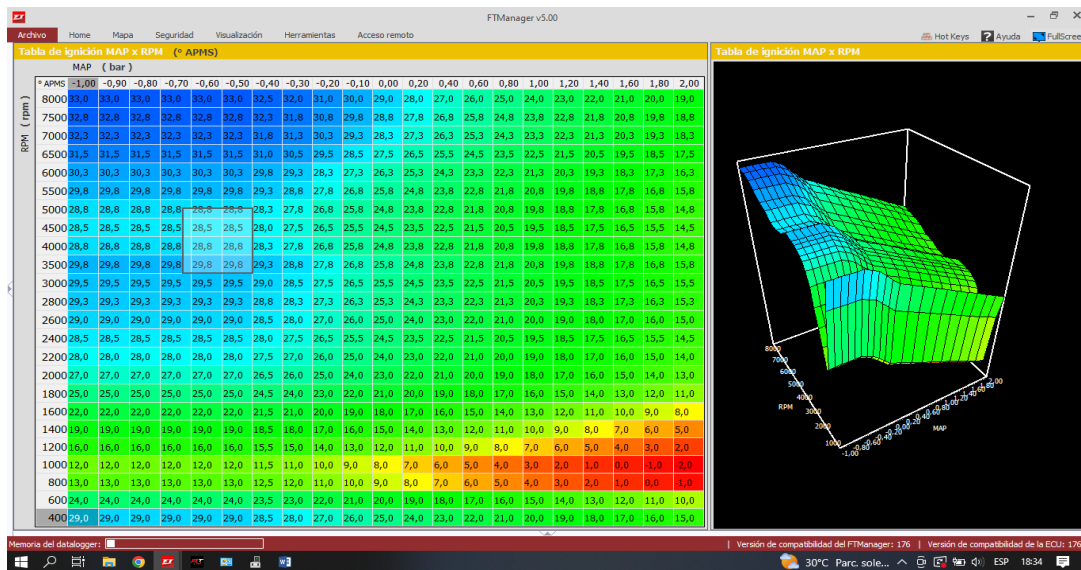
Figura 20

Primer Encendido con Mapa Base Inyección**4.1.11 Primer Encendido con Mapa Base Ignición**

En la figura 21 se observa el mapa base ignición.

Figura 21

Primer Encendido con Mapa Base Ignición



Se ajusta el mapa de inyección de combustible para optimizar la estabilidad del ralentí.

Se modifica la relación aire-combustible (figura 22) en función de las lecturas del sensor de oxígeno para ajustar el contenido de combustible y mejorar la eficiencia del motor.

Figura 22

Relación Aire-Combustible



a) Mezcla rica



b) Mezcla pobre

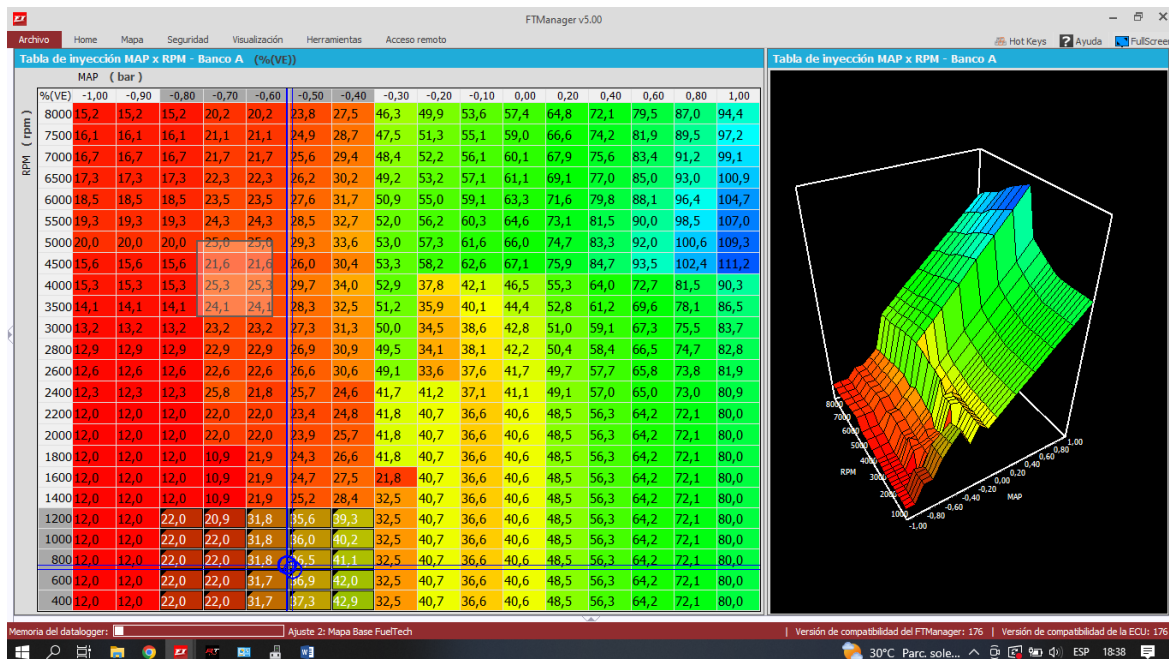


c) Mezcla cercana a ser estequiométrica

Se realiza la modificación del mapa de inyección para lograr una mezcla más estequiométrica en diferentes rangos de operación del motor, incluyendo ralentí, media y plena aceleración. Esta modificación tiene como objetivo mejorar la eficiencia del combustible y evitar que el motor se ahogue durante su operación (figura 23).

Figura 23

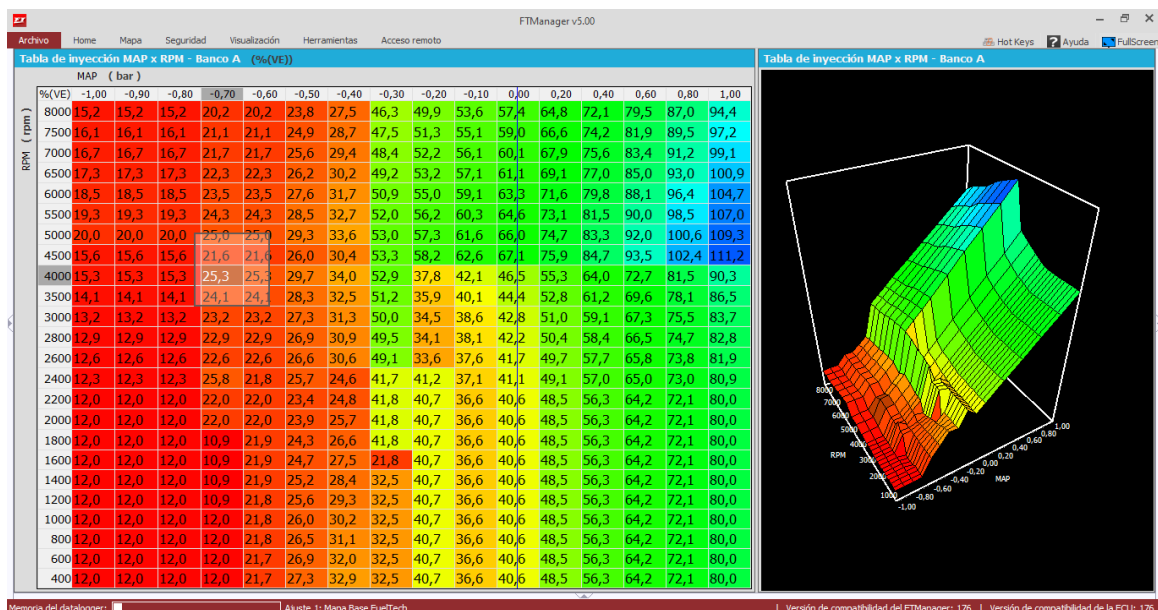
Modificación del Mapa de Inyección para Lograr una Mezcla más Estequiométrica



Se procede a realizar una serie de ajustes en la configuración del motor con el objetivo de lograr un equilibrio óptimo entre el rendimiento y la comodidad de conducción.

Figura 24

Mapa 2 Combustible Eficiencia Volumétrica (VE)



Se realizaron ajustes específicos para lograr la máxima potencia en condiciones de alta carga y parcial, y para garantizar la comodidad y maniobrabilidad del vehículo.

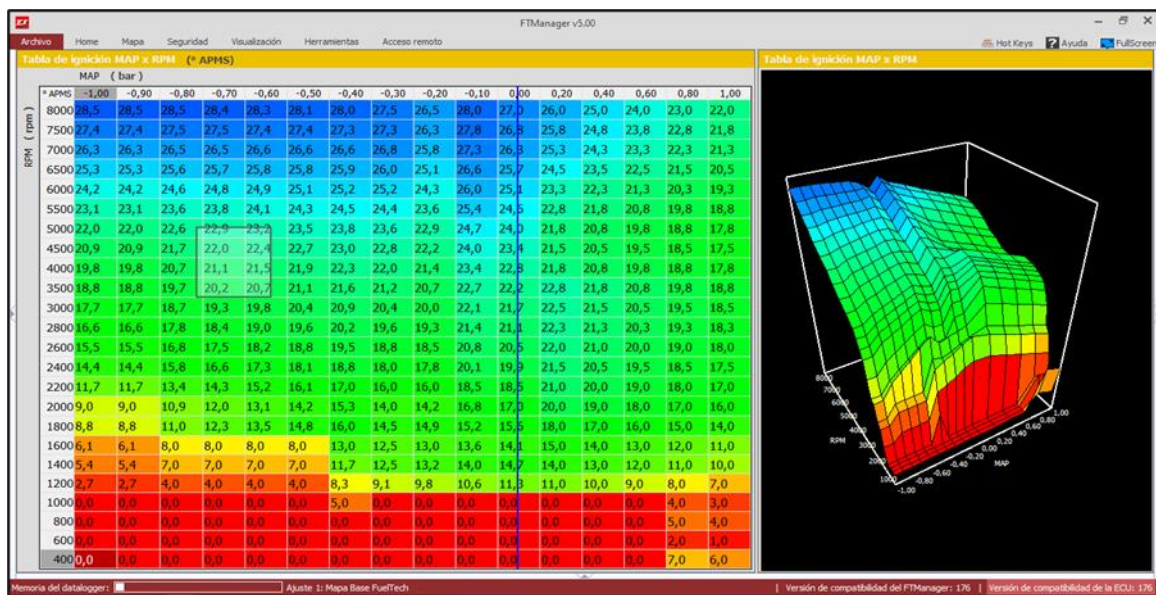
El mapa de inyección además incluye correcciones porcentuales para diferente régimen de giro del motor. La ECU verifica el tiempo de inyección en el mapa principal y aplica la corrección para el régimen de vueltas en el que se encuentre. De esta forma se forman mapas tridimensionales (figura 24).

4.1.12 Mapa Ignición Final

Los datos modificados de las cartografías, los cuales poseen sus mapas en 2D y 3D se observan en las (figuras 25 y 26).

Figura 25

Mapa Ignición Final



El sistema de control del ventilador se activa automáticamente cuando la temperatura del motor alcanza los 90°C y se desactiva cuando baja a 85°C. Además, se ha configurado una compensación de combustible del 1.5% para garantizar un funcionamiento óptimo del motor (figura 26).

Figura 26

Ventilador del Radiador 1

Ventilador de radiador 1

Temperatura de referencia
 Temperatura del motor
 Temperatura del aire

Activar por temperatura
 Activado
 Accionar arriba: 90 °C
 Desligar abajo: 85 °C

Modo de funcionamiento
 Prendido/Apagado
 Control proporcional PWM

Aire acondicionado
 Activar con A/C
 PWM con A/C ligado: 95 %

Tabla PWM por temperatura

Temperatura [°C]	1	2	3	4	5	6	7	8
20	40	60	80	100	120	140	160	
PWM [%]	100	100	100	100	100	100	100	100

Frecuencia del PWM: 25 Hz

Compensación de combustible: 1,5 %

Señal de accionamiento de la Salida
 Activo en 0V

Panel de acceso rápido:
 Ajuste rápido del mapa principal de ignición
 Compensación por TPS
 Compensación por temperatura del motor
 Compensación por temperatura del aire
 Ajuste individual por cilindro
 Límites mínimo y máximo
 Partida de motor
Otras Funciones:
 Datalogger interno
 Opciones individuales de canales
 Opciones individuales de canales digitales
 Opciones individuales de canales matemático
 Control de ralentí
 Cut-off de combustible
 Limitador de rotación
 Ventilador de radiador 1
 Bomba de combustible
 Salidas genéricas
Funciones de Drag Race:
 2-step (ajuste de largador)
 Mapa de ignición para corte de arrancada
 Compensaciones por tiempo
 Configuración de las compensaciones por tiempo

Dashboard:
 0 RPM
 MAP: 0.00
 Sonda Cinu...: 0.000
 Presión de aceite: 9.84
 Sonda Izquierda: 0.000
 Sonda General: 0.000
 Sonda derecha: 0.000
 Presión de combus...: 9.96
 TPS: 32.4
 Sonda objeti...: 0.000
 Temp. del motor: -20.0
 Tensión de batería: 14
 Tiempo de Inyección B.: 0.000
 Punto de ignición: 6.00
 Corrección Son...: 0.000
 Temp. del aire: -20.0

Panel de acceso rápido (Otras Funciones):
 Ajuste rápido del mapa principal de ignición
 Compensación por TPS
 Compensación por temperatura del motor
 Compensación por temperatura del aire
 Ajuste individual por cilindro
 Límites mínimo y máximo
 Partida de motor
Otras Funciones:
 Datalogger interno
 Opciones individuales de canales
 Opciones individuales de canales digitales
 Opciones individuales de canales matemático
 Control de ralentí
 Cut-off de combustible
 Limitador de rotación
 Ventilador de radiador 1
 Bomba de combustible
 Salidas genéricas
Funciones de Drag Race:
 2-step (ajuste de largador)
 Mapa de ignición para corte de arrancada
 Compensaciones por tiempo
 Configuración de las compensaciones por tiempo

Figura 27

Bomba de Combustible

Bomba de combustible

Modo de operación
 Siempre activada
 Temporizada
 Durante el arranque

Tiempo de activación: 3,50 s

Señal de accionamiento de la Salida
 Activo en 0V
 Activo en 12V (Salidas amarillas)

Panel de acceso rápido:
 Ajuste rápido del mapa principal de ignición
 Compensación por TPS
 Compensación por temperatura del motor
 Compensación por temperatura del aire
 Ajuste individual por cilindro
 Límites mínimo y máximo
 Partida de motor
Otras Funciones:
 Datalogger interno
 Opciones individuales de canales
 Opciones individuales de canales digitales
 Opciones individuales de canales matemático
 Control de ralentí
 Cut-off de combustible
 Limitador de rotación
 Ventilador de radiador 1
 Bomba de combustible
 Salidas genéricas
Funciones de Drag Race:
 2-step (ajuste de largador)
 Mapa de ignición para corte de arrancada
 Compensaciones por tiempo
 Configuración de las compensaciones por tiempo

Dashboard:
 0 RPM
 MAP: 0.00
 Sonda Cinu...: 0.000
 Presión de aceite: 9.84
 Sonda Izquierda: 0.000
 Sonda General: 0.000
 Sonda derecha: 0.000
 Presión de combus...: 9.96
 TPS: 32.4
 Sonda objeti...: 0.000
 Temp. del motor: -20.0
 Tensión de batería: 14
 Tiempo de Inyección B.: 0.000
 Punto de ignición: 6.00
 Corrección Son...: 0.000
 Temp. del aire: -20.0

Panel de acceso rápido (Otras Funciones):
 Ajuste rápido del mapa principal de ignición
 Compensación por TPS
 Compensación por temperatura del motor
 Compensación por temperatura del aire
 Ajuste individual por cilindro
 Límites mínimo y máximo
 Partida de motor
Otras Funciones:
 Datalogger interno
 Opciones individuales de canales
 Opciones individuales de canales digitales
 Opciones individuales de canales matemático
 Control de ralentí
 Cut-off de combustible
 Limitador de rotación
 Ventilador de radiador 1
 Bomba de combustible
 Salidas genéricas
Funciones de Drag Race:
 2-step (ajuste de largador)
 Mapa de ignición para corte de arrancada
 Compensaciones por tiempo
 Configuración de las compensaciones por tiempo

El control de la mezcla de combustible se realiza mediante una señal negativa enviada al terminal 86 del relé correspondiente.

El modo de operación es temporizado, permitiendo un flujo reducido al activarse el interruptor para llenar las tuberías de combustible (figura 27).

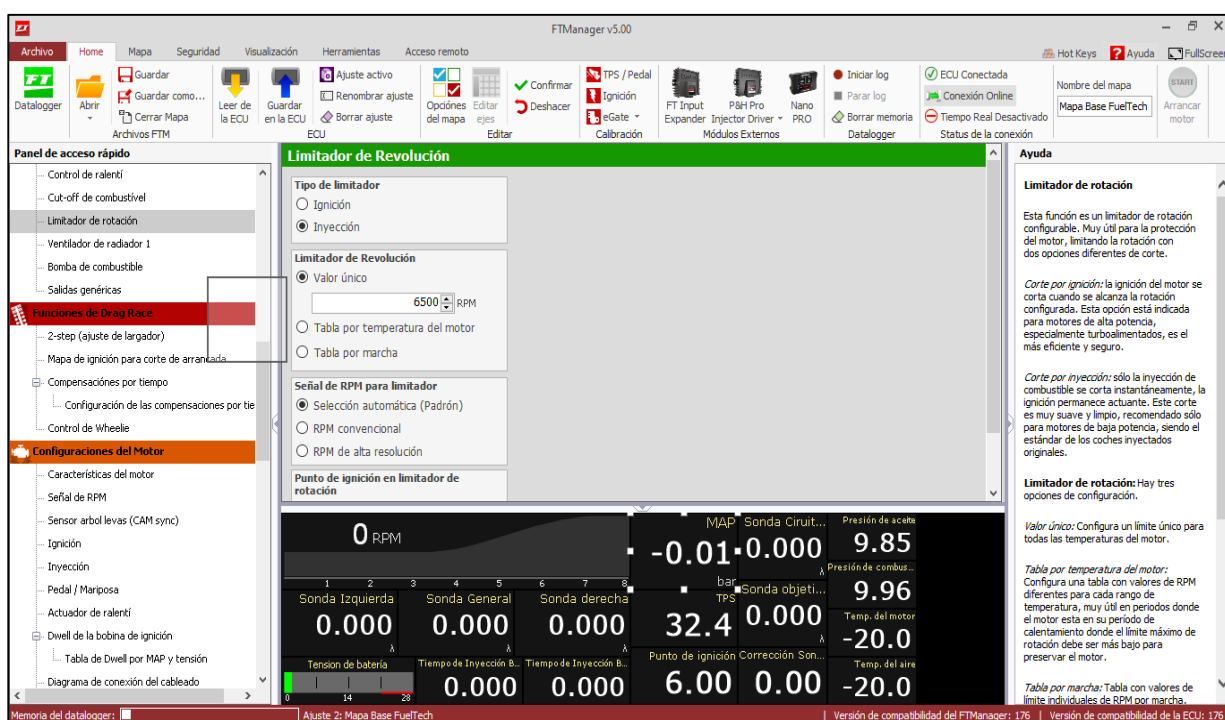
Las emisiones se pueden controlar mediante el uso del avance del encendido además de controlar la mezcla de aire/combustible.

4.1.13 Control Corte de Inyección

Se establece un límite de corte de inyección en 6500 RPM para evitar el sobrepaso del régimen máximo de rotación del motor y protegerlo de posibles daños (figura 28).

Figura 28

Control Corte de Inyección



4.1.14 Compensación por Temperatura de Motor

A medida que la temperatura del motor aumenta, la cantidad de combustible requerida para arrancar el motor disminuye (figura 29).

Figura 29

Compensación por Temperatura de Motor

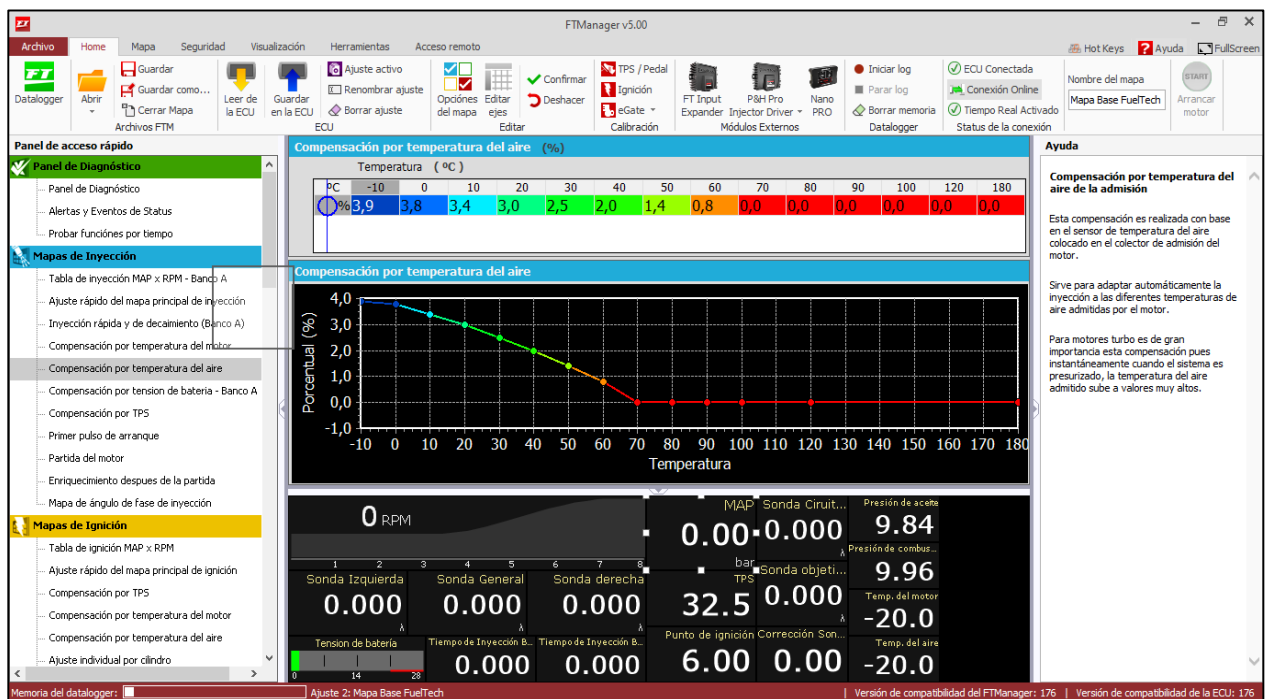


4.1.15 Compensación por Temperatura Aire

Se ajusta la relación aire-combustible en función de la temperatura del motor mediante un proceso de adaptación (figura 30).

Figura 30

Compensación por Temperatura Aire

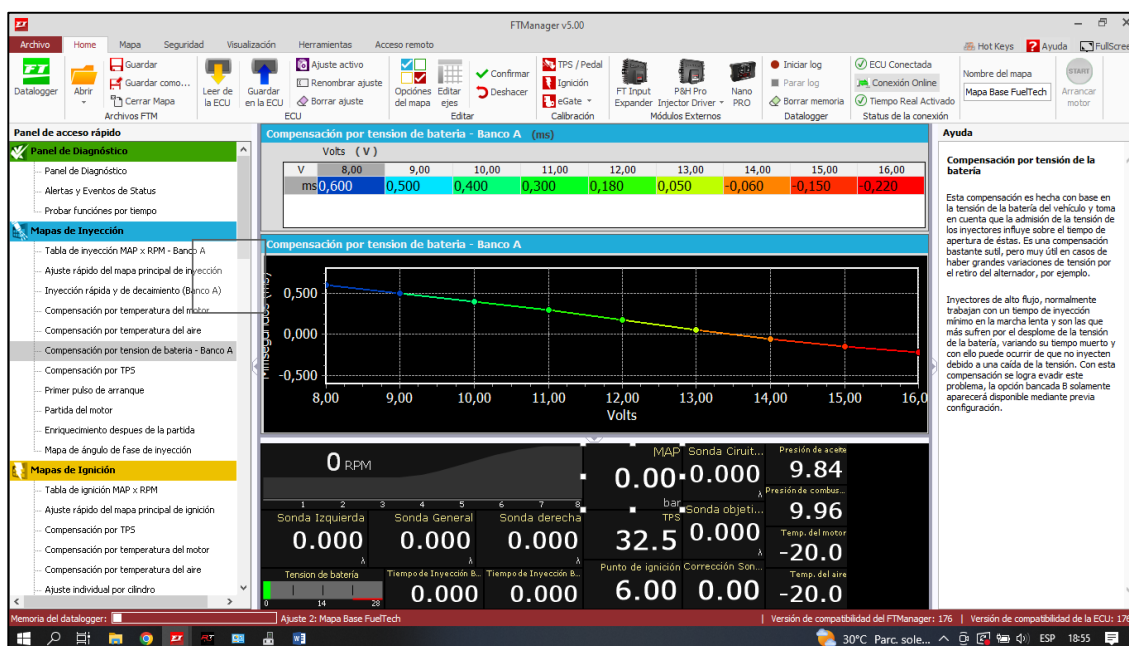


4.1.16 Compensación por Tensión de Batería

Esta estrategia permite compensar las posibles variaciones en la tensión eléctrica del sistema (figura 31), asegurando así un correcto funcionamiento en la apertura de los inyectores y evitando cualquier alteración en la mezcla de aire/combustible.

Figura 31

Compensación por Tensión de Batería



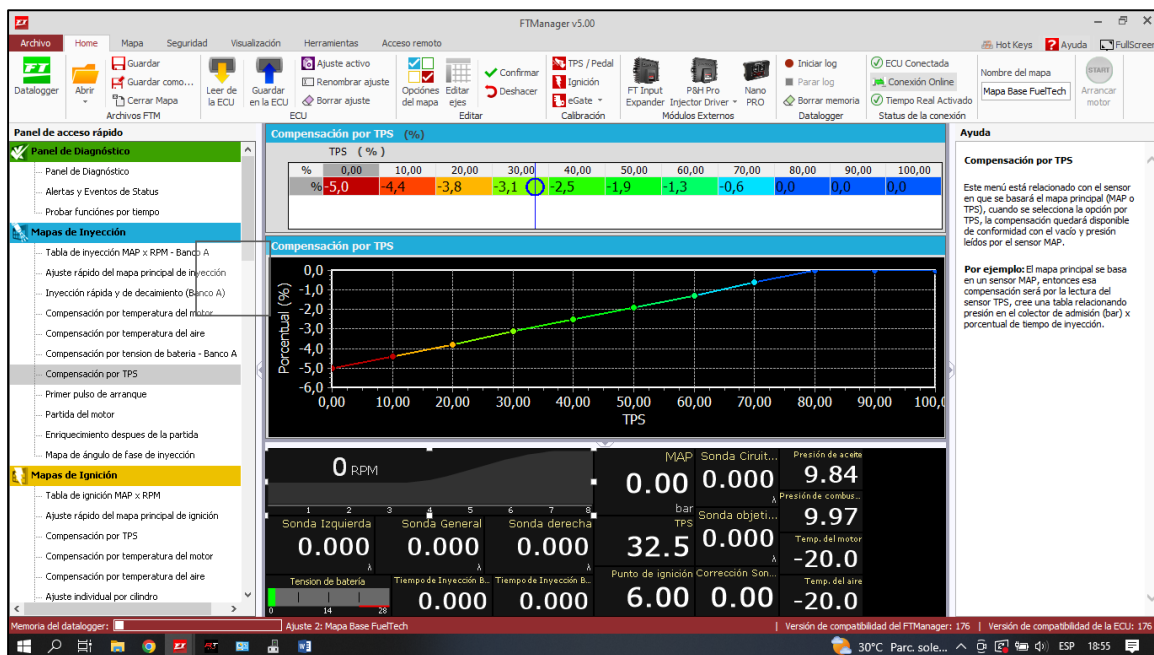
4.1.17 Compensación por TPS

En este sistema, la mariposa actúa como un dispositivo de compensación para el motor al detectar cargas adicionales y ajustar las RPM en consecuencia (figura 32). Por ejemplo, cuando se activa A/C, la mariposa compensará abriendo ligeramente para mantener las RPM correctas. El sensor de posición de la mariposa (TPS, Throttle Position Sensor) es un medidor de potencia colocado junto al eje de la mariposa con el propósito de informar la posición angular de ella. En casos especiales, puede configurarse el motor sin usar este sensor.

Se recomienda la utilización del TPS original, pues éste tiene su fijación y curso adecuados al cuerpo de mariposas utilizado. De cualquier forma, los productos FuelTech son compatibles con cualquier sensor TPS, pues poseen función de calibrado.

Figura 32

Compensación por TPS



4.1.18 Primer Pulso de Arranque

Al activar el interruptor de encendido, se realiza una inyección de combustible de pequeña magnitud para proporcionar una lubricación adecuada al motor y facilitar su arranque en condiciones de baja temperatura (figura 33).

Figura 33

Primer Pulso de Arranque

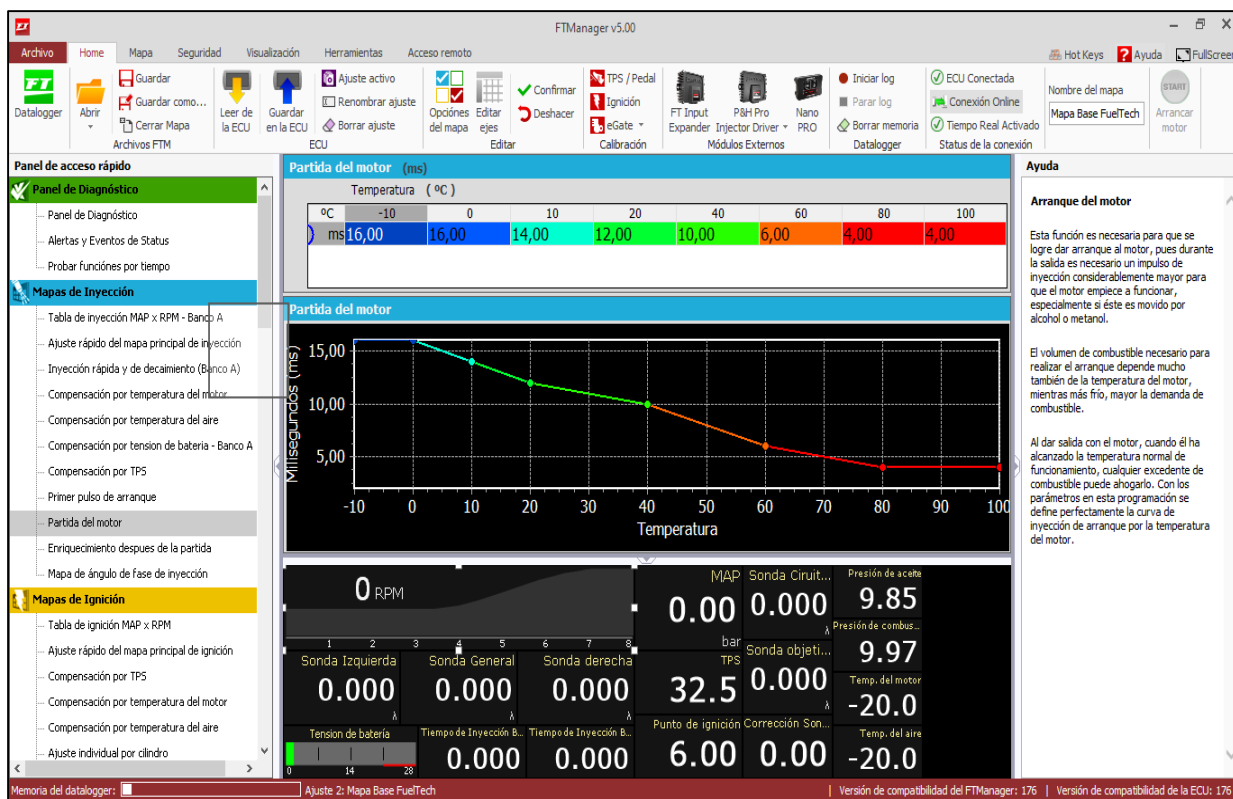


4.1.19 Partida de Motor

La cantidad de combustible que se envía al motor para un arranque óptimo depende de la temperatura de este (figura 34).

Figura 34

Partida de Motor



4.1.20 Enriquecimiento Después de la Partida

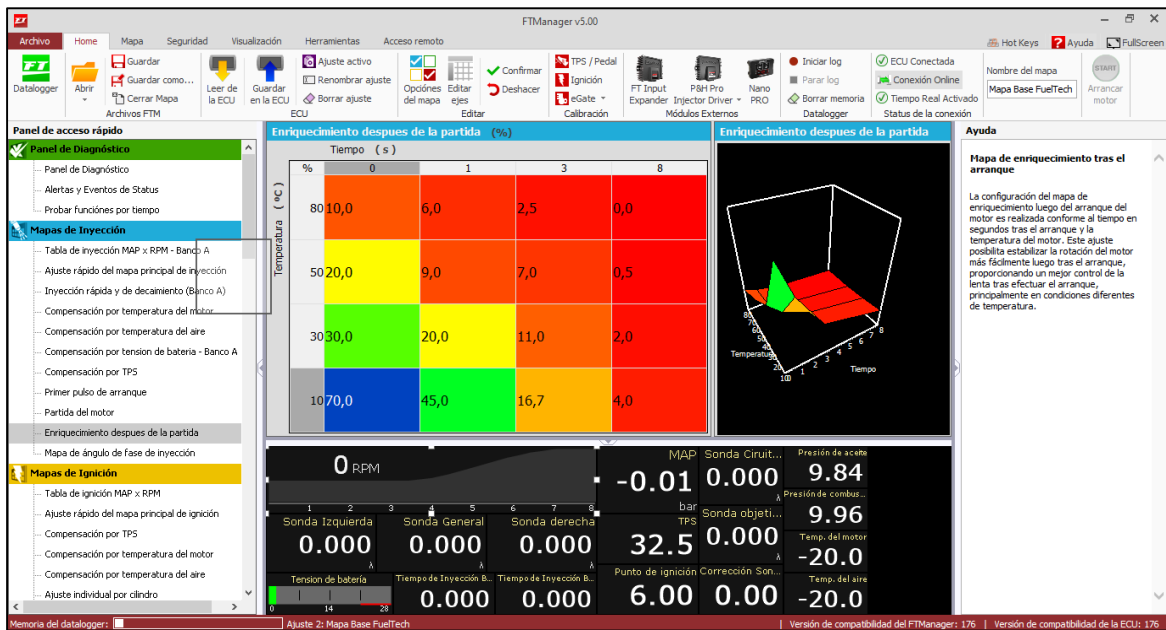
Durante el proceso de arranque del motor, se activa el sistema que ajusta la relación aire-combustible en función de la temperatura.

Esta regulación se realiza para lograr una mezcla adecuada que permita un arranque óptimo del motor, ya que en función al tiempo de arranque y de la temperatura del motor la mezcla puede ser más rica o más pobre (figura 35).

Así proporcionando una mejor estabilización en el motor, principalmente en diferentes condiciones de temperatura.

Figura 35

Enriquecimiento Después de la Partida

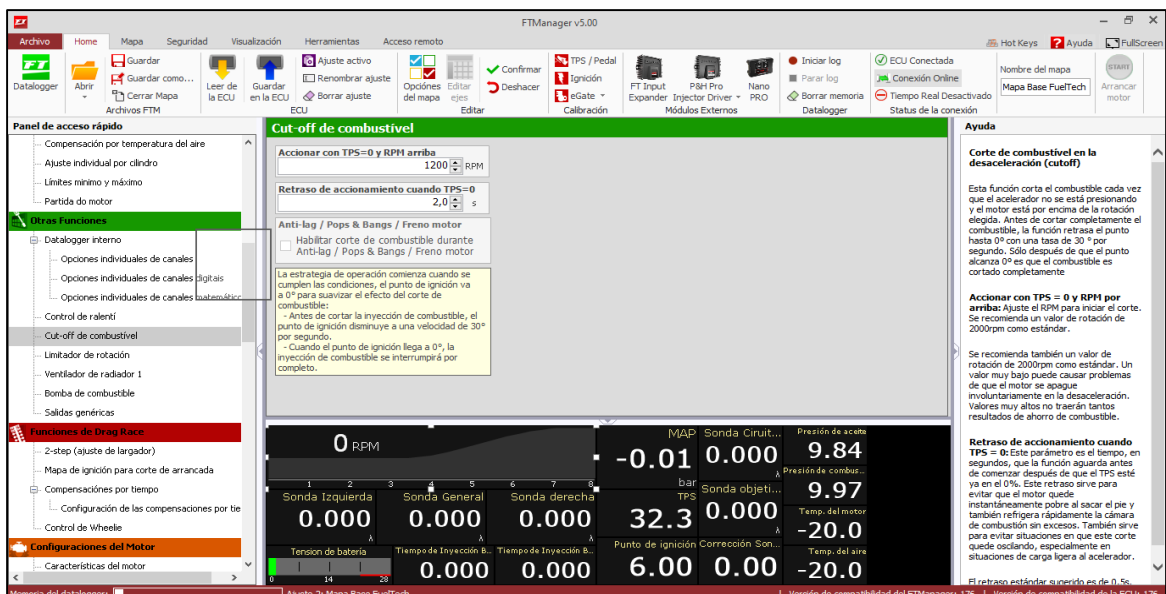


4.1.21 Freno Motor

Corte de combustible a 1200 rpm durante la desaceleración del motor en una pendiente descendente, con el fin de mejorar la eficiencia del combustible y prevenir un exceso de velocidad en situaciones peligrosas (figura 36).

Figura 36

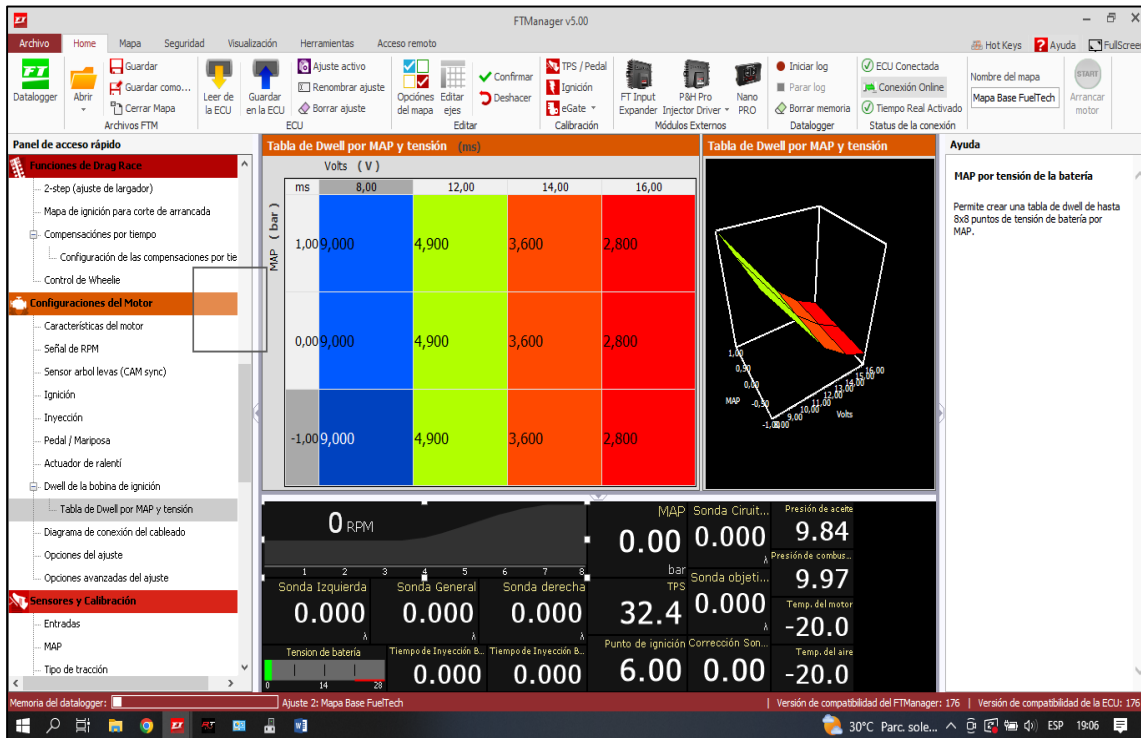
Freno Motor



El mapa de DWELL de la ignición se ajusta según la corrección del voltaje de la batería (figura 37).

Figura 37

Mapa de DWELL de la Ignición



4.1.22 Cableado

La mejor opción es realizar una nueva instalación, con el cableado de FuelTech, de acuerdo con las recomendaciones contenidas en el manual de funcionamiento. Esto elimina la posibilidad de problemas de mal contacto e interferencia, comunes en instalaciones ya con cierto tiempo de uso.

Pero si la opción de instalar un látigo nuevo no es posible, hay otra alternativa, cortando los conectores del látigo de la FuelTech (FT) antigua y ligando según los diagramas correspondientes.

Para realizar este procedimiento es necesario comprar el Kit de terminales y conectores disponibles en el sitio oficial (se vende por separado) (figuras 38 y 39).

Figura 38

Cableado

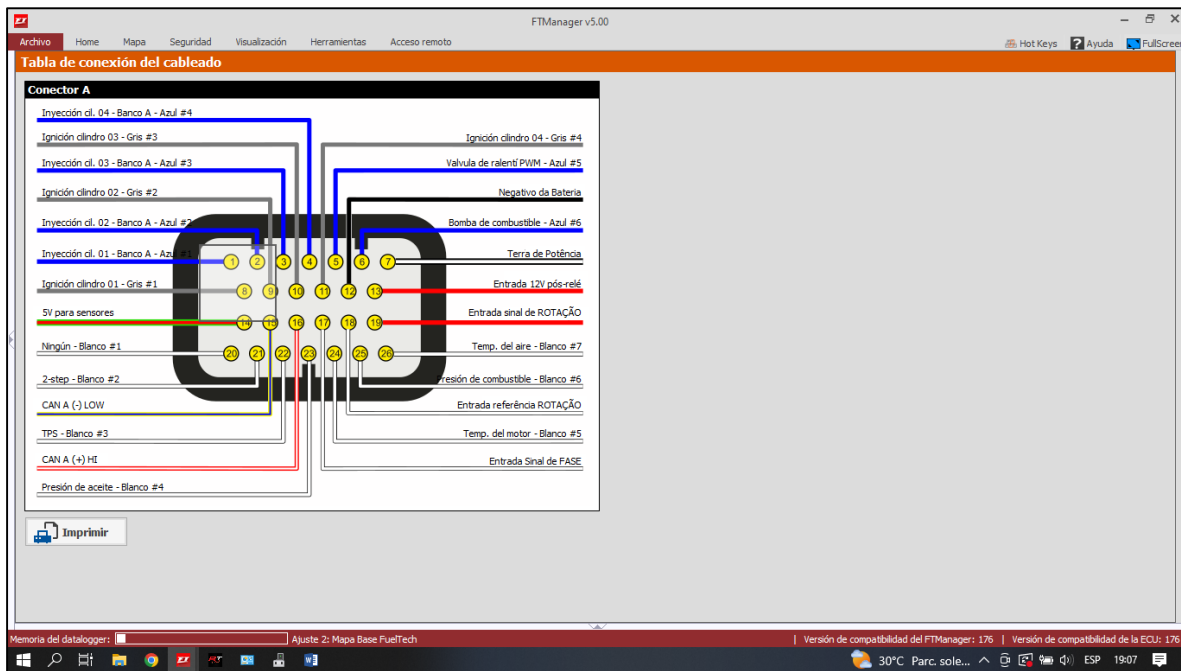
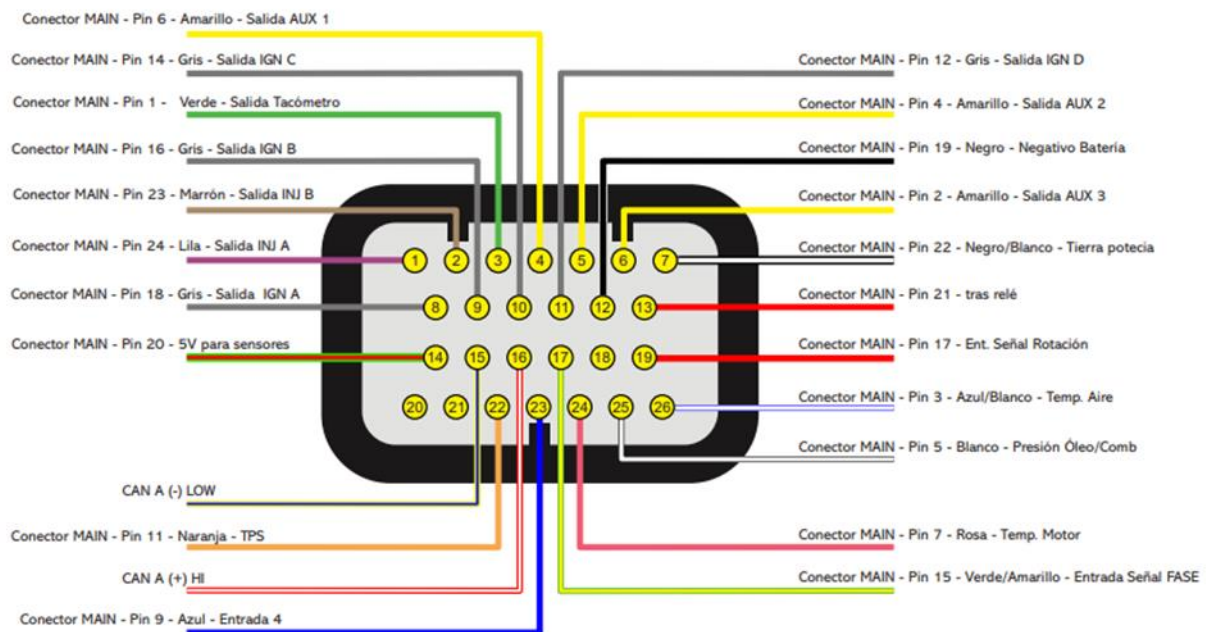


Figura 39

Esquema del Conector A - Conexión de las FT250, FT300, FT350 para FT450



Colores de los cables del Cableado Main de la FT250, FT300 y FT350 después de engaste y insertadas en el conector A de la FT450 / FT550

Conclusiones

Por medio del presente estudio, se investigó la forma más sencilla y menos costosa para realizar la programación de una ECU, que se suele realizar en estos trabajos en la llamada modificación automotriz, en sí, sería la utilización de los mismos sensores y actuadores con cableado original, tomando señales de cada uno con la FUELTECH para la obtención de resultados.

Al investigar sobre los conceptos relacionados con los microprocesadores que tiene una computadora automotriz se pudo establecer que es crucial contar con protocolos de funcionamiento bien establecidos y llevar a cabo la reprogramación de la ECU de manera profesional y responsable. Si se modifican incorrectamente los parámetros o se realizan ajustes extremos, puede ponerse en riesgo la integridad del motor y la seguridad del vehículo. Por lo tanto, es fundamental contar con personal capacitado y utilizar herramientas de programación confiables.

Al establecer los protocolos de manejo para la reprogramación de la ECU (Unidad de Control del Motor) y definir los parámetros que se modifican en dicho proceso son aspectos fundamentales para lograr un rendimiento óptimo y seguro del vehículo, se logra mejorar el rendimiento, permitiendo ajustar y optimizar los parámetros del motor, como la inyección de combustible, el tiempo de encendido, entre otros. Al personalizar estos parámetros, es posible mejorar el rendimiento del vehículo, obteniendo un aumento en la potencia y el par motor, así como una mejor respuesta del acelerador.

Se pudo constatar que al realizar las programaciones básicas y conexiones usados para el mapeo y reprogramación de la ECU de un vehículo M1 con motor a gasolina, se pudo conocer e identificar las amplias opciones de parámetros a poder modificar, teniendo siempre en cuenta las limitaciones del equipo y restricciones del fabricante, para que, mediante el método antes mencionado, de toma de señales, se pueda realizar el proyecto.

Se determinó, que para nuestro vehículo implementado en el proyecto deberemos tomar el tiempo y alinear el primer diente a 200° con la ayuda de la pistola estroboscópica, además de la reprogramación inicial, también es importante considerar las actualizaciones y mejoras posteriores en la ECU. Los fabricantes y proveedores de software de reprogramación suelen ofrecer actualizaciones periódicas que incluyen mejoras en la programación y nuevos ajustes. Mantenerse al día con estas actualizaciones puede ser beneficioso para aprovechar al máximo el potencial del vehículo.

Recomendaciones

Dentro del proceso de programación de ECU deberemos tener en cuenta ciertos puntos importantes antes de empezar con el trabajo.

Tener identificados los sensores y actuadores a utilizar a través de realizar una investigación exhaustiva: Antes de realizar cualquier modificación en la ECU, investigar a fondo sobre el modelo específico del vehículo, las capacidades de la ECU y las limitaciones del sistema. Esto ayudará a comprender qué parámetros se pueden modificar y cómo afectarán al rendimiento del vehículo.

Reconocer el cableado de cada uno de estos mismos para tomar las señales de estos para que luego la ECU reprogramable los comande.

Precisar los datos que nos pedirá la ECU reprogramable, como numero de dientes de rueda fónica, orden de encendido, tipo de inyección, etc. Hay que considerar la seguridad y la durabilidad: Al modificar los parámetros de la ECU, tener en cuenta la seguridad y la durabilidad del vehículo. Asegurarse de no comprometer la integridad del motor ni de otros componentes críticos. Siempre es recomendable buscar el asesoramiento de expertos en reprogramación de la ECU para evitar problemas o daños costosos.

Hay que tener claro las limitaciones del fabricante para los rangos a modificar y no dañar el equipo. Después de realizar cambios en la ECU, realizar pruebas y ajustes graduales. Realizar pruebas de manejo para evaluar el rendimiento del vehículo y realiza ajustes adicionales según sea necesario. Esto permitirá encontrar el equilibrio adecuado entre rendimiento y confiabilidad.

Bibliografía

- Abertis Company. (2018). *El adelantamiento, una maniobra que nos obliga a extremar las medidas de seguridad.* autopistas.com: <https://www.autopistas.com/blog/adelantamiento-extremar-medidas-seguridad/#:~:text=Un%20adelantamiento%20es%20una%20maniobra%20delante20de%20nuestro%20coche.>
- Auto Avance. (2018). *Ecu Automotriz Funcionamiento.* autoavance.co: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/ecu-automotriz-funcionamiento/>
- AUTODOC CLUB. (2022). *¿Qué es la ECU y cómo funciona?* autodoc.es: <https://club.autodoc.es/magazin/que-es-la-ecu-y-como-funciona>
- Automotive Engineering SL. (2022). *¿CÓMO FUNCIONA UNA ECU?* car-tec.es: <https://www.car-tec.es/blog/como-funciona-una-ecu/>
- Castillo , D., Rojas, V., & Martínez, E. (2017). Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. *Revista Politécnica*, 39(1), https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/719/pdf
- ECUTESTING. (2018). *¿Qué es una ECU?* ecutesting.com: <https://www.ecutesting.com/categories/ecu-explained/>
- Forja. (2019). *Fueltech FT 450.* Obtenido de forja2.cl: <https://forja2.cl/producto/fueltech-ft-450/>
- Granda Jaramillo, W. O. (2021). *Elaboración de un Manual de Manejo Ecodriving para Vehículos M1 en Guayaquil.*
- Guacho, E., & Ojeda, F. (2021). *Análisis del Efecto de la Implementación de ITBS Sobre las Curvas de Torque y Potencia Obtenidas por un Dinamómetro de Rodillos en un Vehículo Chevrolet Corsa Wind Equipado con una Computadora Programable.*

<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16053>

Hundevad Nymann, P. (2021). *¿Qué es una unidad de control electrónico (ECU)?* autopi.io:

<https://www.autopi.io/blog/what-is-electronic-control-unit-definition/>

Lira, G. (2021). *REVOLUCIONES DE UN AUTO: ¿QUÉ SON Y CÓMO LES SACO EL MÁXIMO PROVECHO?* autofact.cl: <https://www.autofact.cl/blog/mi-auto/conduccion/revoluciones-de-un-auto>

Méndez Torres, P. W., Gómez Berrezueta, M. F., & Llerena Mena, A. F. (2020). Análisis de la viabilidad para la implementación de vehículo eléctrico que preste servicio de taxi en la ciudad de Cuenca.

Prasad, A., & Shanthi, P. (2021, August). Automotive Electronic Control Unit Reprogramming Using Delta Method-A Review. In *2021 Asian Conference on Innovation in Technology (ASIANCON)* (pp. 1-6). IEEE.

Pérez Cebla, A., & Sellan Santana, A. (2021). *Diseño e implementación de un módulo didáctico de pruebas para un sistema de inyección automotriz utilizando un autómata programable S7-1200*. 2021: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20511>

Planas, O. (2018). *¿Qué es un motor? Concepto y definición*. motor.net: <https://demotor.net/blog/que-es-un-motor>

Rangam, K. (2020). *What Is An ECU? Electronic Control Unit (ECU) Explained*. gomechanic.in: <https://gomechanic.in/blog/ecu-electronic-control-unit-explained/>

Rivero, V. L. R., Mero, C. M. L., Barrezueta, M. F. G., & Jaramillo, W. O. G. (2022). Perspectivas del eco-driving como técnica para reducir el consumo de combustible en la ciudad de Guayaquil: Perspectives of eco-driving as a technique to reduce fuel consumption in the city of Guayaquil. *South Florida Journal of Development*, 3(5), 6226-6235.

Rodríguez, J. (2019). *Análisis electrónico de una unidad de control de motor (ECU) FORD-*

- WV TIPO EEC-IV. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjU9cUoLn8AhVKQzABHVjuBTIQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.uss.edu.pe%2Findex.php%2FING%2Farticle%2Fdownload%2F1079%2F920%2F3684&usg=AOvVaw2Fr_5wesIZwWzP7lghbD9U
- Rueda, J. (2021). *Torque y Potencia*. [ruedaconinternational.com: https://juanruedaconinternational.com/tips-de-mecanica-y-conduccion/todo-sobre-tu-camion/torque-y-potencia/](https://juanruedaconinternational.com/tips-de-mecanica-y-conduccion/todo-sobre-tu-camion/torque-y-potencia/)
- TESS. (2022). *¿QUÉ ES (Engine Control Unit) ECU?* [tallersanjavier.com: https://tallersanjavier.com/engine-control-unit/](https://tallersanjavier.com/engine-control-unit/)
- Yerera, S., López, J., Becerra, G., Di Lorenzo, F., Gil, R., Holzmann, C., & Graziano, S. (2021). *Sistemas de inyección electrónica*. <https://cupdf.com/document/sistemas-de-inyeccion-electronica-565b164ac8aa1.html?page=1>

