



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA ECU PROGRAMABLE MS3 EN UN
VEHÍCULO FIAT UNO FIRE Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE
PAR MOTOR, POTENCIA Y GASES CONTAMINANTES FRENTE A
LA ORIGINAL.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: ALEX AQUILES POMAQUERO MORA

DIRECTOR: Ing. VICTOR DAVID BRAVO MOROCHO, MSc.

Riobamba-Ecuador

2024

©2024, Alex Aquiles Pomaquero Mora

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Alex Aquiles Pomaquero Mora, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de junio 2024



Alex Aquiles Pomaquero Mora
0604728535

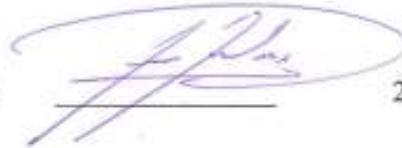
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DE UNA ECU PROGRAMABLE MS3 EN UN VEHÍCULO FIAT UNO FIRE Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE PAR MOTOR, POTENCIA Y GASES CONTAMINANTES FRENTE A LA ORIGINAL**, realizado por el señor **ALEX AQUILES POMAQUERO MORA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

FIRMA

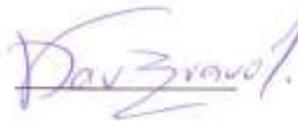
FECHA

Ing. Javier Milton Solís Santamaria, MSc,
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2024-06-27

Ing. Victor David Bravo Morocho, MSc.
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-06-27

Ing. Luis Eduardo Tipanluisa Sarchi, PhD.
**ASESOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-06-27

AGRADECIMIENTO

Doy gracias al creador del todo, al Dios eterno.

Alex Aquiles

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
<i>1.3.1. Objetivo general.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2. Objetivo específico</i>	<i>3</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Bases teóricas.....	4
<i>2.1.1. Motor de encendido provocado.</i>	<i>4</i>
<i>2.1.2. Parámetros fundamentales del motor de encendido provocado.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.2.1. Par motor.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.2.2. Potencia del motor por encendido provocado.....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.2.3. Consumo específico.</i>	<i>6</i>
<i>2.1.2.4. Eficiencia volumétrica.</i>	<i>7</i>
2.1.3. Gestión electrónica del motor por encendido provocado.	7
<i>2.1.3.1. Estructura de los sistemas de control electrónicos.....</i>	<i>7</i>
<i>2.1.3.2. Arquitectura de la unidad de control electrónica.....</i>	<i>10</i>
<i>2.1.3.3. Calibración de la gestión electrónica del MEP.....</i>	<i>11</i>
<i>2.1.3.4. Funcionamiento del sistema de encendido.....</i>	<i>12</i>
<i>2.1.3.5. Cálculo de la mezcla de combustible.....</i>	<i>14</i>
2.1.4. Unidad de control electrónico del motor en el mercado.....	16
2.1.5. Unidad de control electrónico MS3 de Megasquirt.....	18

2.1.5.1.	<i>Especificaciones técnicas de la ECU MS3</i>	19
2.1.6.	<i>Software TunerStudio</i>	20
2.1.6.1.	<i>Menú principal - ventanas del software TunerStudio</i>	21
2.1.7.	<i>Emisiones contaminantes</i>	22
2.1.7.1.	<i>Norma INEN NTE 2204</i>	23
2.1.8.	<i>Dinamómetro de chasis de doble rodillo</i>	23
2.1.8.1.	<i>Cálculo de potencia</i>	25
2.1.8.2.	<i>Cálculo de par motor</i>	26
2.1.9.	<i>Normas para la obtención de par motor y potencia del MEP</i>	26
2.1.9.1.	<i>Norma ISO 1585</i>	26
2.1.9.2.	<i>Norma DIN 70020</i>	26
2.1.9.3.	<i>Método de aceleración libre</i>	26
2.1.9.4.	<i>Norma SAE J1349</i>	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	28
3.1.	Diagrama de etapas del proyecto	28
3.1.1.	<i>Metodología de investigación a realizar</i>	29
3.1.1.1.	<i>Inductivo</i>	29
3.1.1.2.	<i>Deductivo</i>	29
3.1.1.3.	<i>Experimental</i>	29
3.1.2.	<i>Cronograma de actividades</i>	30
3.2.	Materiales, equipos y software	31
3.2.1.	<i>Materiales</i>	31
3.3.	Equipos y software	31
3.4.	Desarrollo del proyecto	31
3.4.1.	<i>Vehículo Fiat Uno Fire 2012</i>	32
3.4.2.	<i>Implementación de la unidad de control electrónico MS3</i>	33
3.4.2.1.	<i>Montaje del soporte para la ECU MS3, fusibles y relevadores</i>	36
3.4.2.2.	<i>Montaje de la bobina DIS sobre el bock del MEP</i>	38
3.4.2.3.	<i>Instalación de la red de cables desde la ECU MS3 hacia los sensores y actuadores</i> .	38
3.4.2.4.	<i>Montaje del soporte de la ECU MS3</i>	39
3.4.2.5.	<i>Sustitución del filtro de aire del motor</i>	40
3.4.3.	<i>Configuración de la ECU MS3 utilizando el software TunerStudio</i>	41
3.4.3.1.	<i>Configuración inicial de la ECU MS3</i>	41
3.4.3.2.	<i>Configuración de combustible en el software TunerStudio</i>	42

3.4.3.3.	<i>Configuración de arranque - Pulso de arranque</i>	44
3.4.3.4.	<i>Configuración de encendido en el software TunerStudio</i>	44
3.4.4.	<i>Obtención de datos del dinamómetro</i>	46
3.4.4.1.	<i>Procedimiento utilizando la norma SAE J1349</i>	46
3.4.4.2.	<i>Procedimiento para la ejecución de los ensayos SAE J1349</i>	47
3.4.4.3.	<i>Calibración de la ECU MS3 en el banco de ensayo dinamométrico</i>	48
3.4.4.4.	<i>Calibración de la ECU MS3 en circuito urbano</i>	48
3.4.5.	<i>Obtención de datos mediante el analizador de gases</i>	49

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	51
4.1.	Ensayos de par motor y potencia	51
4.1.1.	<i>Par motor y potencia – ECU de fábrica</i>	51
4.1.2.	<i>Par motor y potencia – ECU MS3</i>	54
4.2.	Emisiones contaminantes	59
4.2.1.	<i>Comparativa de las emisiones de CO₂, CO y HC con ECU de fábrica y ECU MS3</i>	60

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1.	Conclusiones	63
5.2.	Recomendaciones	64

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Ventajas y desventajas de las ECUs.....	17
Tabla 2-2: Pines de la placa electrónica de la ECU MS3.....	19
Tabla 2-3: Especificaciones técnicas de la ECU MS3.	20
Tabla 2-4: Límites máximos de emisiones contaminantes en ralentí.....	23
Tabla 3-1: Cronograma de actividades del proyecto de trabajo de integración curricular.	30
Tabla 3-2: Materiales.....	31
Tabla 3-3: Equipos	31
Tabla 3-4: Ficha técnica del vehículo Fiat uno Fire.....	32
Tabla 3-5: Pines de conexión ECU MS3 – sensores y actuadores	33
Tabla 3-6: Componentes del circuito eléctrico (sistema inyección) Fiat Uno Fire.	34
Tabla 4-1: Datos de los ensayos de par motor y potencia – ECU de fábrica.	51
Tabla 4-2: Datos de los ensayos de par motor y potencia – ECU MS3.	54
Tabla 4-3: Muestras de CO ₂ , CO, HC y Lambda con ECU de fábrica.	59
Tabla 4-4: Muestras de CO ₂ , CO, HC y Lambda con ECU MS3.....	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Esquema de un motor de cuatro tiempos de combustión interna.....	4
Ilustración 2-2: Curva característica de potencia y par motor.....	5
Ilustración 2-3: Curva característica de potencia P del motor.....	6
Ilustración 2-4: Esquema de un MEP de inyección directa.....	8
Ilustración 2-5: Unidad de control electrónico.....	10
Ilustración 2-6: Esquema de niveles del sistema de control.....	11
Ilustración 2-7: Mapa tridimensional del avance de la inyección.....	12
Ilustración 2-8: Señal del crankshaft position sensor.....	12
Ilustración 2-9: Diseño simplificado del control del sistema de encendido.....	13
Ilustración 2-10: Mapa tridimensional del avance de encendido.....	14
Ilustración 2-11: Componentes y sensor MAP input-output.....	15
Ilustración 2-12: ECUs del motor en el mercado.....	17
Ilustración 2-13: Unidad de control electrónica MS3.....	18
Ilustración 2-14: Placa electrónica de la ECU MS3.....	19
Ilustración 2-15: Interfaz gráfico del software TunerStudio.....	21
Ilustración 2-16: Menú principal del software TunerStudio.....	21
Ilustración 2-17: Imagen real de la estructura del dinamómetro.....	24
Ilustración 2-18: Dinamómetro de cachis de doble rodillo Dynocom DC500-FX.....	25
Ilustración 2-19: Freno de corrientes parasitas.....	25
Ilustración 3-1: Diagrama de etapas del proyecto de trabajo de integración curricular.....	28
Ilustración 3-2: Pantalla digital de la báscula en Kg.....	32
Ilustración 3-3: Vehículo Fiat Uno Fire año 2012.....	32
Ilustración 3-4: Conector 1, 2 y 3 del Pin data de la ECU MS3.....	33
Ilustración 3-5: Circuito eléctrico (sistema inyección - encendido) ECU de fábrica.....	35
Ilustración 3-7: Toma del MAF output.....	36
Ilustración 3-8: Circuito eléctrico del sistema de inyección (actuadores) de la ECU MS3.....	37
Ilustración 3-9: Soporte metálico de la ECU MS3 y otros componentes.....	37
Ilustración 3-10: Bobina DIS con módulo de encendido.....	38
Ilustración 3-11: Nueva red de cableado integrados al MEP.....	39
Ilustración 3-12: Conexión final de la nueva red de cableado.....	39
Ilustración 3-13: Lugar donde se montará la ECU MS3 en el vehículo.....	40
Ilustración 3-14: Ubicación del soporte de la ECU MS3 en el vehículo.....	40
Ilustración 3-15: Motor Fire 1.3 L con filtro de alto flujo.....	41
Ilustración 3-16: Menú principal del software TunerStudio.....	41

Ilustración 3-17: Configuración del motor – Combustible necesario.....	42
Ilustración 3-18: Ingreso de datos para combustible requerido.....	42
Ilustración 3-19: Configuración de combustible.	43
Ilustración 3-20: Características del inyector de combustible.....	43
Ilustración 3-21: Configuración de arranque del vehículo	44
Ilustración 3-22: Configuración de encendido.	45
Ilustración 3-23: Opciones de encendido	45
Ilustración 3-24: Configuración de chispa de encendido	46
Ilustración 3-25: Datos del datalog y del AFR.	48
Ilustración 3-26: Calibración de la ECU MS3 en circuito urbano	49
Ilustración 3-27: Datos obtenidos por el analizador de gases.	50
Ilustración 4-1: Curva característica de par motor y potencia: Caso ECU de fábrica.....	53
Ilustración 4-2: Curva característica de par motor y potencia: Caso ECU MS3.	56
Ilustración 4-3: Variación de par motor en función de las revoluciones del motor.	57
Ilustración 4-4: Cartograma tiempo de inyección de combustible	57
Ilustración 4-5: Cartograma avance al salto de chispa.	58
Ilustración 4-6: Variación de potencia en función de las revoluciones del motor.	58
Ilustración 4-7: Resultados del dióxido de carbono con la ECU de fábrica y ECU MS3.	60
Ilustración 4-8: Resultados del monóxido de carbono con ECU de fábrica y ECU MS3.	61
Ilustración 4-9: Resultados de los hidrocarburos con ECU de fábrica y ECU MS3.	61

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** TRES ENSAYOS DE POTENCIA Y PAR MOTOR - ECU DE FÁBRICA Y ECU MS3.
- ANEXO B:** VALOR LAMBDA DEL VEHICULO FIAT UNOS FIRE - ECU DE FÁBRICA Y ECU MS3.
- ANEXO C:** RECURSO ECONÓMICO.
- ANEXO D:** MANUAL SPTRONICS ELECTRONICS.
- ANEXO E:** NTE INEN 2204
- ANEXO F:** NTE INEN 2203

RESUMEN

Los motores de encendido provocado están limitados por el octanaje y la relación estequiométrica, así como también, la gestión electrónica del sistema de control. El fabricante delimita parámetros en la gestión electrónica con el objetivo de salvaguardar y alargar la vida del motor de combustión interna. El objetivo de esta investigación es implementar una unidad de control electrónica (ECU) que permita modificar los parámetros de: tiempo de inyección de combustible y avance al salto de chispa en un vehículo Fiat Uno Fire año 2012, y consecuentemente realizar un análisis comparativo de las curvas características de par motor y potencia mediante un banco dinamométrico de rodillos según la norma SAE J1349 y emisiones contaminantes aplicando la norma NTE INEN 2204. La metodología implementada es de carácter inductivo, deductivo y experimental. La modificación de parámetros de la nueva ECU denominada MS3, se ajustó el tiempo de inyección de combustible y avance al salto de chispa, mediante el software TunerStudio. Los resultados obtenidos del ensayo de par motor y potencia muestran que al implementar la ECU MS3 se obtuvo un incremento de potencia en 35% y de par motor en 22.72% en comparación con la ECU de fábrica, logrando una potencia máxima de 40 kW a 4950 rpm y un par máximo de 66 Nm a 3000 rpm; las muestras de emisiones contaminantes presentan en que a ralentí el CO se incrementó en 30% y HC en un 17.55%, mientras que a carga parcial el CO se incrementó en 24.13% y HC en 5.49% en comparación con la ECU de fábrica.

Palabra clave: <BANCO DINAMOMÉTRICO DE RODILLOS> <CONTROL ELECTRÓNICO> <EMISIONES CONTAMINANTES> <NORMA SAE J1349> <GESTIÓN ELECTRÓNICA DEL MOTOR >



SUMMARY

The ignition engines are limited by the octane and stoichiometric ratio, as well as the electronic management of the control system. The manufacturer delimits parameters in the electronic management with the objective of safeguarding and extending the life of the internal combustion engine. The objective of this research is to implement an electronic control unit (ECU) that allows modifying the parameters of: fuel injection time and spark advance in a 2012 Fiat Uno Fire vehicle, and consequently perform a comparative analysis of the characteristic curves of torque and power through a roller dynamometer according to the SAE J1349 standard and pollutant emissions by applying the NTE INEN 2204 standard. The methodology implemented is inductive, deductive and experimental. The modification of parameters of the new ECU called MS3, the fuel injection time and advance to spark jump were adjusted by means of the TunerStudio software. The results obtained from the torque and power test show that by implementing the MS3 ECU an increase of 35% in power and 22.72% in torque was obtained compared to the factory ECU, achieving a maximum power of 40 kW at 4950 rpm and a maximum torque of 66 Nm at 3000 rpm. The pollutant emission samples show that at idle CO increased by 30% and HC by 17.55%, while at partial load CO increased by 24.13% and HC by 5.49% compared to the factory ECU.

Keyword: <DYNAMOMETRIC ROLLER BANK > <ELECTRONIC CONTROL UNIT > <POLLUTING EMISSIONS> <SAE STANDARD J1349> <ELECTRONIC ENGINE MANAGEMENT>.



Lic. Patricia Moyota A. Mgs

ID number: 0603611013

EFL Teacher

INTRODUCCIÓN

El trabajo de integración curricular denominado implementación de una unidad de control electrónica (MS3) en el vehículo Fiat Uno Fire utilizando un banco dinamométrico y comparar las curvas características de par motor, potencia y emisiones contaminantes empleando las normas SAE J1349 e NTE INEN 2204 para incrementar el desempeño del motor en futuras aplicaciones deportivas. Para cumplir este objetivo se lleva a cabo un estudio bibliográfico con el tema definido y los métodos inductivo, deductivo y experimental.

Este documento se encuentra estructurado en V capítulos que se describen a continuación. El capítulo I, describe el planteamiento del problema, justificación y objetivos del trabajo de integración curricular. En el capítulo II, se detallan las bases teóricas tales como motor de encendido provocado (MEP), parámetros fundamentales del MEP, gestión electrónica del MEP, unidad de control electrónica MS3, software TunerStudio, emisiones contaminantes, dinamómetro de chasis de doble rodillo. El capítulo III, describe la metodología a utilizar la cual sigue un plan de etapas, lo que permitirán la implementación de la ECU MS3 en un vehículo Fiat Uno Fire, calibración de la ECU MS3 mediante el uso del software TunerStudio, ensayos de par motor y potencia mediante un dinamómetro de rodillos Dynocom DC500-Fx con la ECU de fábrica y la ECU MS3, mediciones de las emisiones contaminantes mediante el equipo Kane Autoplus 4-2. En el capítulo IV, se discuten los principales resultados obtenidos de los ensayos de potencia, par motor y emisiones contaminantes, sobre el vehículo de pruebas con ECU de fábrica y con ECU MS3. Finalmente, en el capítulo V, se detallan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Al no poder aprovechar el par motor y la potencia del motor de encendido provocado modelo Fire 1.3 L con la unidad de control electrónica de fábrica, debido que el fabricante intenta salvaguardar y alargar la vida del MEP, ya que al querer aprovechar el vehículo y el MEP para fines deportivos es indispensable la sustitución de la ECU de fábrica por una ECU que permita modificar los parámetros avance al salto de chispa y tiempo de inyección de combustible con la finalidad de aumentar la potencia del motor a altas rpm y mantener la curva de par motor en un amplio rango de rpm (Erazo et al., 2021).

La ECU de fábrica trabaja con mezclas estequiométricas, es decir el factor lambda (λ) se mantiene lo más cercano de 1, esto resulta en un menor trabajo del ciclo Otto y una menor producción de emisiones contaminantes con el uso de catalizador de tres vías (Salazar & Terán, 2023).

1.2. Justificación

Con la ECU MS3 se busca maximizar la potencia y el par motor. Uno de los mayores inconvenientes en los MEP de aspiración natural a nivel mundial es la pérdida de rendimiento, que en algunos casos puede llegar al 40% en los motores de un árbol de leva a la cabeza (por sus siglas en inglés, SOHC) (Meneses, 2019, p. 27), debido a diversos factores entre ellos el efecto de altitud (Rocha et al., 2018). Generando inconvenientes en el funcionamiento del motor, lo que resulta en un bajo par motor y potencia (Meneses, 2019).

En Ecuador se han llevado a cabo diversos estudios que buscan corregir el efecto de altitud, mala mezcla estequiométrica aire-combustible, bajo octanaje del combustible (Rocha et al., 2018) (Arroyo et al., 2021). Se opta por soluciones como la implementación de una unidad de control electrónico que permita modificar parámetros como el tiempo de dosificación del combustible, mezcla estequiométrica, avance o retraso al salto de chispa, con el objetivo final de mejorar la eficiencia volumétrica de cada cilindro y conseguir una relación par motor-potencia óptima (Erazo et al., 2021, p. 2).

Con el fin de comparar el cambio de parámetros de la ECU de fábrica frente a la ECU MS3 se utilizan bancos de ensayo de motor conocidos como equipos dinamométricos automotrices para

evaluar parámetros de operación del motor (Eckert et al., 2017). El banco ensayo puede ser de rodillos o de motor, teniendo como su tarea principal de obtener datos de par motor, potencia y revoluciones por minuto (por sus siglas en español, rpm) los cuáles serán las principales variables para comparar si los parámetros de desempeño mencionados anteriormente funcionan correctamente y se logra obtener la relación de par motor y potencia óptima del motor (Lairenlakpam, Kumar & Thakre, 2019).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Implementar una unidad de control electrónica MS3 en el vehículo Fiat Uno Fire utilizando un banco dinamométrico y comparar las curvas características de par motor, potencia y emisiones contaminantes empleando las normas SAE J1349 e NTE INEN 2204 para incrementar el desempeño del motor en futuras aplicaciones deportivas.

1.3.2. Objetivo específico

- Fundamentar el marco teórico con bibliografía relevante y acorde al tema mediante libros y artículos científicos de alto impacto.
- Implementar la ECU MS3 en el vehículo Fiat Uno Fire.
- Calibrar la ECU MS3 utilizando el software TunerStudio.
- Realizar ensayos de par motor y potencia mediante un dinamómetro de rodillos con la ECU de fábrica y la ECU MS3.
- Realizar mediciones de emisiones contaminantes mediante el equipo Kane Autoplus 4-2 con la ECU de fábrica y con la ECU MS3.
- Analizar los resultados de par motor, potencia y emisiones contaminantes.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Motor de encendido provocado.

Un motor de combustión interna por encendido provocado (MEP) o motor de encendido por chispa (por sus siglas en inglés, SI) (Pulkrabek, 2004, p. 6). La mezcla de combustible y aire se encuentra en el colector de admisión y entra al cilindro a través de la válvula de admisión como se presenta en la Ilustración 2-1, a la derecha, la válvula de admisión abierta en carrera de admisión, donde se mezcla con una pequeña porción de gases residuales del ciclo anterior y juntos son comprimidos por el pistón al llegar al punto muerto superior (por sus siglas en español, PMS) (Álvarez & Callejón, 2005, p. 79).

De esta forma, la mezcla homogénea de aire y combustible formada se quema al final de la carrera de compresión mediante el salto de chispa generada por la descarga eléctrica de la bujía (Reif, 2015, p. 105). Producto de esta inflamación, se crea una llama que luego se propaga caóticamente a través de la mezcla aire y combustible, hasta llegar a las paredes de la cámara de combustión y extinguirse, posteriormente el gas residual es expulsado del motor a través de la válvula de escape terminando el ciclo Otto (Álvarez & Callejón, 2005, p. 76).

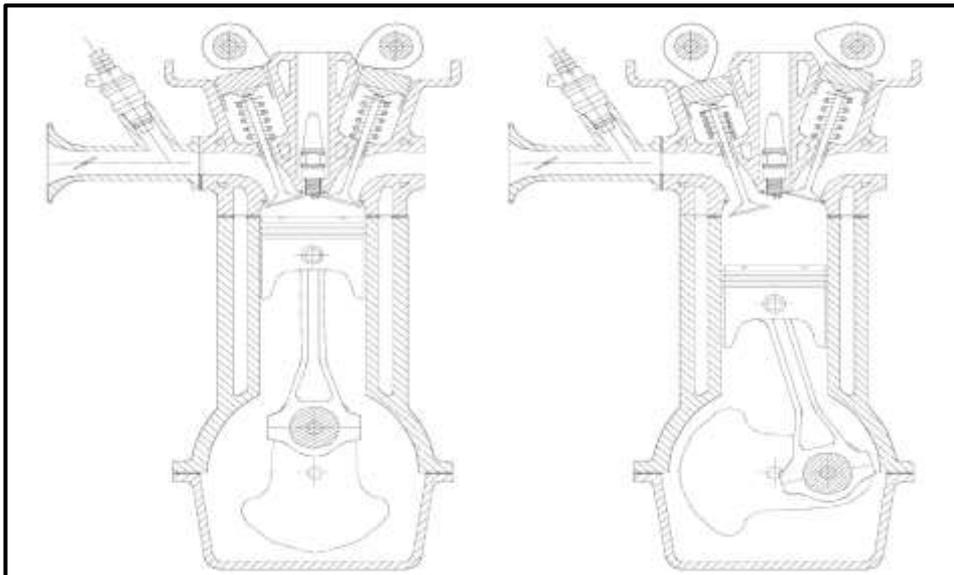


Ilustración 2-1: Esquema de un motor de cuatro tiempos de combustión interna.

Fuente: (Álvarez & Callejón, 2005)

2.1.2. Parámetros fundamentales del motor de encendido provocado.

2.1.2.1. Par motor

El par motor es indicador de la capacidad de un motor para realizar trabajo. La magnitud física par motor M es el resultado de multiplicar la fuerza F por el brazo de biela s (Ortmann, 2005, p. 11). Se determina mediante la ecuación 1.

$$M = F * s \quad (1)$$

El brazo de biela s transforma el movimiento vaivén del pistón en un movimiento de rotación del cigüeñal (Ortmann, 2005, p. 11). En la carrera de expansión, la presión ejercida por el gas combustionado producto de la combustión se expande sobre la cabeza del pistón, desplazado al punto muerto inferior (por sus siglas en español, PMI), esta se transforma por equilibrio de fuerzas en par motor M en el eje del cigüeñal (Roriva & Muñoz, 2015, p. 23).

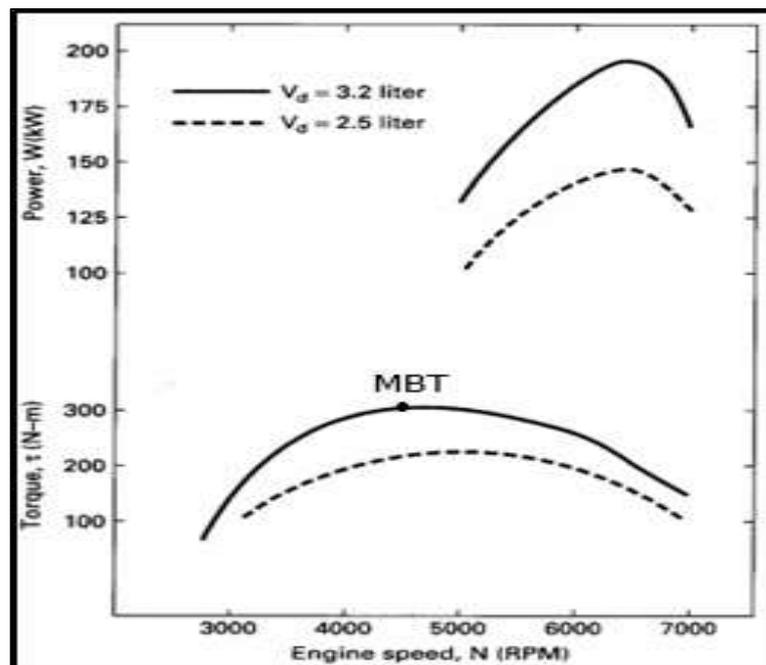


Ilustración 2-2: Curva característica de potencia y par motor.

Fuente: (Pulkrabek, 2004)

En la Ilustración 2-2. La potencia (Power, W(kW)) y par motor (Torque, τ (N-m)) de automóvil en función de la velocidad del motor (Engine speed, N (RPM)). El término "par máximo" se refiere a la velocidad en la que se alcanza el máximo par motor (por sus siglas en inglés, MBT).

La potencia aumenta con la velocidad mientras que el par motor aumenta hasta un máximo y luego disminuye (Pulkrabek, 2004, p. 51).

2.1.2.2. *Potencia del motor por encendido provocado.*

La potencia P proporcionada por el motor, incrementa a medida que aumenta el par motor M y el número de revoluciones por minuto (rpm) (Ortmann, 2005, p. 12). Se determina mediante la ecuación 2.

$$P = 2\pi * n * M \quad (2)$$

La Ilustración 2-3, presenta a la potencia P del MEP que incrementa, hasta alcanzar al número de rpm nominal n_{nom} con la potencia nominal P_{nom} logrando su valor máximo.

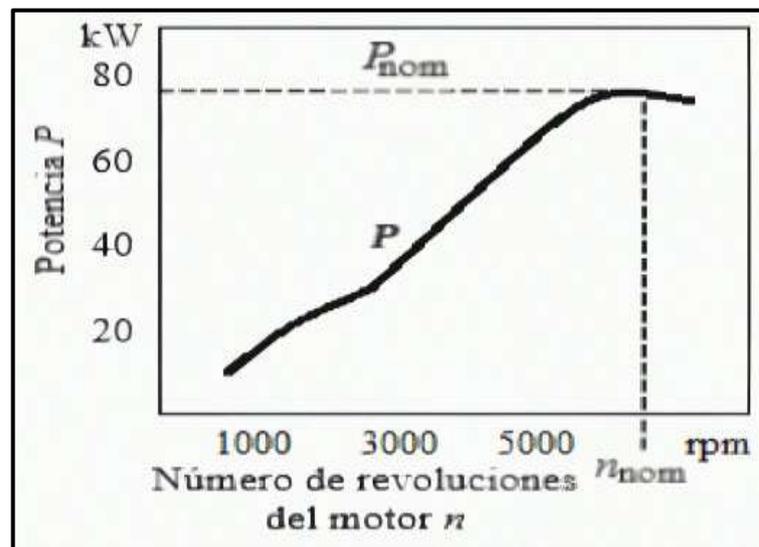


Ilustración 2-3: Curva característica de potencia P del motor.

Fuente: (Ortmann, 2005).

2.1.2.3. *Consumo específico.*

(Payri & Desantes, 2011, p. 116), especifica al consumo específico ce como el consumo horario de combustible con relación a la potencia producida. Mientras que (Álvarez & Callejón, 2005, p. 98), define ce como el coeficiente entre la masa de combustible $m_{combustible}$ en gramos (gr) sobre el trabajo efectivo $W_{efectivo}$ en kWh, Se determina mediante la ecuación 3.

$$ce = \frac{m_{combustible}}{W_{efectivo}} \quad (3)$$

En Ecuador los vehículos de MEP, dado que la compra de combustible es en galones (gal) y consecuentemente al consumidor le importa la distancia (km) recorrida, tiene por costumbre expresar el consumo en galones por kilómetro, que ciertamente tiene relación directa con el consumo específico (ce) (López, 2013, p. 88).

2.1.2.4. Eficiencia volumétrica.

El autor del libro de termodinámica (Rolle, 2006, p. 301). Define como la relación de la masa de aire tomado por el cilindro del motor de combustión interna \dot{m}_a , entre la masa teórica que podría haber entrado al cilindro en condiciones atmosféricas \dot{m}_t . Se determina mediante la ecuación 4.

$$\eta_v = \dot{m}_a / \dot{m}_t \quad (4)$$

La eficiencia volumétrica es un parámetro habitual para especificar la eficiencia de la maquina y en el campo de la industria automotriz como la eficiencia volumétrica de un motor de combustión interna (Payri & Desantes, 2011, p. 46).

2.1.3. Gestión electrónica del motor por encendido provocado.

A los inicios de los MEP fue necesario el control de algunos reglajes durante su funcionamiento, aunque la potencia era controlada por el conductor mediante una válvula de mariposa en la admisión y el carburador fue capaz de solucionar, con mayor o menor precisión la dosificación de combustible en función del gasto de aire que entraba en el motor fue necesario el desarrollo de sistemas capaces de adaptar el punto de encendido a las condiciones de funcionamiento (Isermann, 2022).

Con el fin de centrar la combustión resulta necesario aumentar el ángulo de avance en altas rpm del motor para compensar la mayor velocidad angular del motor y a bajas rpm del motor se hace necesario el empleo de avance de encendido para compensar el aumento en el tiempo de combustión, esto con fin de mejorar la eficiencia volumétrica del motor (Isermann, 2022).

2.1.3.1. Estructura de los sistemas de control electrónicos.

Los sistemas de control electrónicos basados en microcontroladores han reemplazado a los sistemas electromecánicos tradicionales como el carburador ya que la inyección electrónica ofrece ventajas sobre el sistema de carburación. La inyección electrónica de combustible proporciona una mejor atomización del combustible, lo que mejora la eficiencia del motor y

reduce las emisiones contaminantes (Montero & Paguay, 2012). Además, la inyección electrónica es más precisa en la dosificación del combustible, lo que resulta en un mejor rendimiento del motor y en una conducción más suave. También es más eficiente en términos de consumo de combustible, lo que puede traducirse en ahorro de combustible para el propietario del vehículo (Salazar & Terán, 2023). El sistema de control de un MEP incluye sensores, actuadores, cableado y la ECU como se muestra en la Ilustración 2-4.

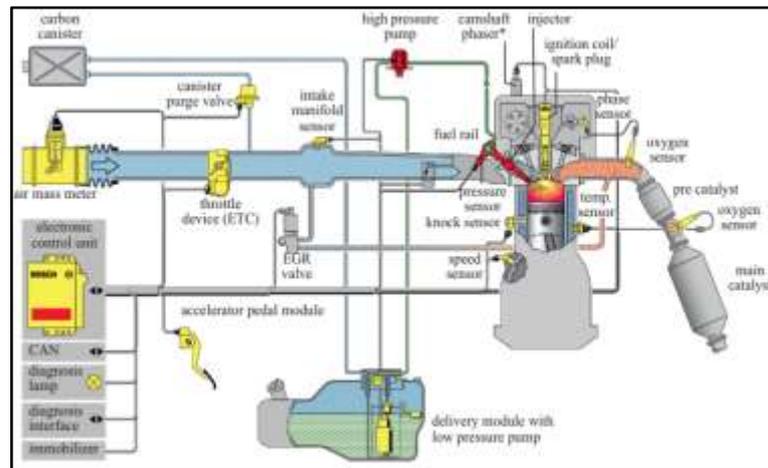


Ilustración 2-4: Esquema de un MEP de inyección directa.

Fuente: (Isermann, 2017)

Los sensores son los encargados de medir las variables de funcionamiento del MEP, además de suministrar a la ECU información para el control y diagnóstico. La unidad electrónica de control está estrechamente condicionada por la posibilidad de disponer información con suficiente calidad como para indicar el estado de un sistema en particular, información que debe ser censada por los sensores disponibles en el MEP (Isermann, 2017, p. 81). Los sensores se clasifican por:

- Sensores de posición: Sensor de posición del cigüeñal (por sus siglas en inglés, CKP) y sensor de posición de árbol de levas (por sus siglas en inglés, CMP).
- Sensores de presión: Sensor de presión absoluta del múltiple de admisión (por sus siglas en inglés, MAP).
- Sensores de temperatura: Sensor de temperatura del aire de admisión del motor (por sus siglas en inglés, IAT) y Sensor de temperatura del refrigerante (por sus siglas en inglés, ECT).
- Sensores de caudal de aire: Sensor de flujo de masa de aire (por sus siglas en inglés, MAF).
- Sensores de composición de gases: O₂, NO_x, etc.
- Sensores de vibración: Knock sensor

Por su parte, los actuadores son los encargados de modificar los diversos parámetros físicos y configuraciones particulares de los elementos de control, modificando las características de la inyección del MEP, por nombrar algunos actuadores como válvula de recirculación de gases (por sus siglas en inglés, EGR), válvula de control de aire de ralentí (por sus siglas en inglés, IAC), inyectores de combustible, bobinas de encendido, electroventilador entre otros (Roriva & Muñoz, 2015).

La unidad de control electrónico (ECU) de un MEP, en ella se incorpora los sistemas de acondicionamiento de la señal, las etapas de conversión analógico-digital, la unidad central de procesamiento (por sus siglas en inglés, CPU) y las unidades de procesado de tiempo (por sus siglas en inglés, TPU) que permiten el sincronismo con el cigüeñal, también se integran en la ECU las etapas de conversión digital-analógicas y las etapas de potencia para generar las señales de actuación (Payri & Desantes, 2011).

En la Ilustración 2-5, se presenta a una ECU sin la carcasa de aluminio donde se enumera los componentes más significativos que se hallan dentro de una unidad de control electrónico.

1. Microcontrolador: Dentro de la ECU se encuentran las directrices y procedimientos encargados de realizar los cálculos necesarios para la correcta gestión electrónica del motor. En síntesis, el microprocesador lee la información almacenada del componente External flash para ejecutar las instrucciones con precisión y realiza ajustes según las señales de los sensores y actuadores del motor. Por lo general, el microprocesador es el componente más grande ubicado en el centro de la placa electrónica (Aranda, 2013).
2. ETERNAL flash: Almacena mapas de combustible, salto de chispa, entre otros y configuraciones para la gestión electrónica del motor, como el control de la inyección de combustible, control de la presión del turbo y control de encendido. Estas memorias pueden ser independientes o estar integradas dentro del microprocesador (Aranda, 2013).
3. Serial eeprom: La información acerca del sistema de inmovilización se almacena en la ECU del vehículo, ya sea en una memoria dedicada o integrada en el microprocesador. Este sistema tiene la función de reconocer la señal transmitida por la llave del vehículo antes de permitir el arranque del motor. Una vez que la llave y la ECU se han sincronizado con éxito, la ECU autoriza el arranque del motor. Además, el microprocesador realiza un análisis y verificación de todos los componentes de la ECU, si la verificación es satisfactoria, permite el arranque del motor. Este procedimiento se conoce como cálculo de Checksum (Moreno, 2021).

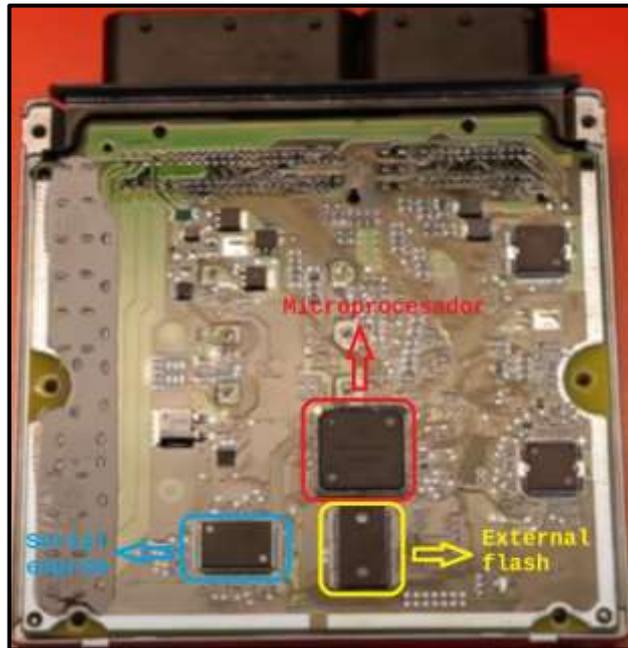


Ilustración 2-5: Unidad de control electrónico.

Fuente: (Moreno, 2021)

2.1.3.2. *Arquitectura de la unidad de control electrónica.*

En el transcurso de los años, el software de control ha experimentado un crecimiento notable en lo referente a funciones, datos manejados y tamaño de la lógica de control. Aunque los primeros códigos se escribían directamente en el ensamblador, en la actualidad con el fin de reducir los tiempos de desarrollo mediante la reutilización de funciones, se emplean diferentes capas o niveles en calibración de la ECU (Payri & Desantes, 2011).

La Ilustración 2-6, muestra un esquema simplificado de la estructura software de los sistemas de control actuales. La estructura se basa en la existencia de varias capas que van desde lo general (capa superior) hasta los componentes de sistemas operativos y gestión de sistemas (capa inferior). En la capa superior se gestiona la coordinación global del vehículo, se interpretan los requerimientos de usuario y las implicaciones de todos ellos sobre los diferentes componentes del vehículo, en una capa inferior se gestiona de forma global el tren motriz y finalmente la tercera capa se traducen los requerimientos sobre los componentes individuales del motor (turbina, válvula EGR, sistema de inyección) de esta forma se puede sustituir únicamente el bloque destinado a cierto control de componentes sin tener que afectar al resto del sistema de control (Payri & Desantes, 2011).

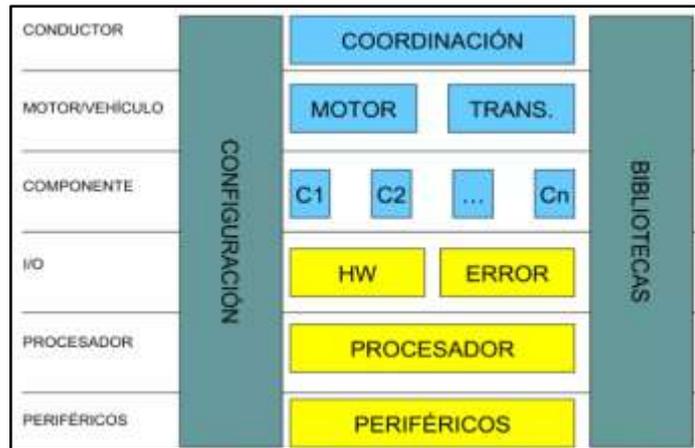


Ilustración 2-6: Esquema de niveles del sistema de control.

Fuente: (Payri & Desantes, 2011)

2.1.3.3. Calibración de la gestión electrónica del MEP

En los sistemas de control electrónico basados en microcontroladores es posible ejecutar programas de gran complejidad que deciden las acciones de control a aplicar para cada punto de operación, reaccionando de forma adecuada a las condiciones ambientales y los requerimientos del usuario (Vong & Wong, 2010, p. 3). Como contrapartida, estos sistemas necesitan una gran cantidad de información que define como debe actuar el sistema de control en función de las entradas que recibe en cada momento, así como el historial del motor o estados pasados (Payri & Desantes, 2011).

El proceso seguido para obtener las actuaciones que va a efectuar un determinado motor en cada condición operativa se le conoce como proceso de calibración de motor (Degolier et al., 2021). A los parámetros obtenidos durante el proceso se les conoce como parámetros de calibración del motor.

Dentro de estos parámetros pueden encontrarse los valores de referencia de presión de inyección, avance de la inyección y de encendido en los MEP, entre otros (Payri & Desantes, 2011). Dado que el valor óptimo de estos valores varía de forma importante en función del punto de operación del MEP, en general se emplean mapas bidimensionales o mapas tridimensionales en función del régimen del motor y del grado de carga o la cantidad de combustible inyectada.

En la Ilustración 2-7, muestra un ejemplo del mapa tridimensional.

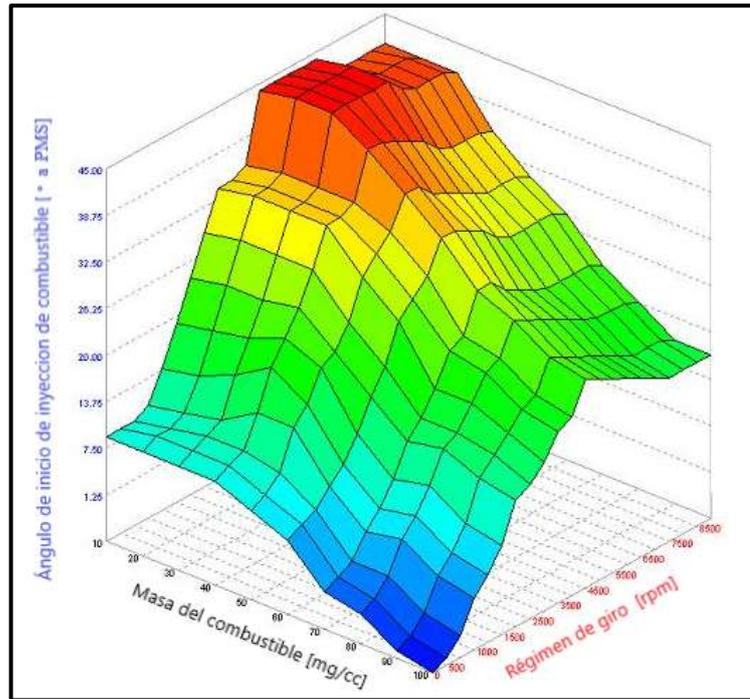


Ilustración 2-7: Mapa tridimensional del avance de la inyección.

Fuente: (Payri & Desantes, 2011)

2.1.3.4. Funcionamiento del sistema de encendido

La principal fuente de referencia para el sistema de encendido es el sensor CKP. Este es un sensor inductivo magnético está ubicado al lado del volante motor que contiene 58 dientes. Cada diente ocupa un ángulo de 6° del volante con un espacio de 12° , colocado 114° antes del punto muerto superior (PMS) para el cilindro número uno (Denton, 2019, p. 375).

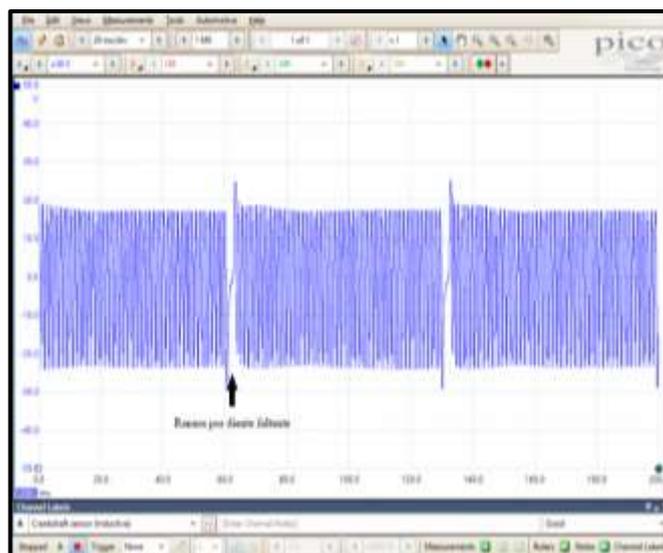


Ilustración 2-8: Señal del crankshaft position sensor.

Fuente: (Picoscope, 2024)

La resistencia de la bobina sin distribuidor (por sus siglas en inglés, DIS) es de 800 Ω . El espacio de aire entre el sensor y el anillo del volante es de aproximadamente 1 mm. La señal producida por el sensor del volante se muestra en la Ilustración 2-8. Es esencialmente una onda sinusoidal a la que le falta un ciclo por un diente faltante. La información proporcionada a la ECU es la velocidad del motor a partir de la frecuencia de la señal y la posición del motor a partir del número de pulsos antes o después del pulso perdido (Denton, 2019, p. 375).

La Ilustración 2-9, muestra un diagrama de bloques que muestra cómo funciona el sistema de encendido.

La ECU debe ser capaz de:

- Determinar y crear curvas de avance.
- Establecer energía constante.
- Transmitir la señal de encendido directamente a la bobina de encendido DIS.

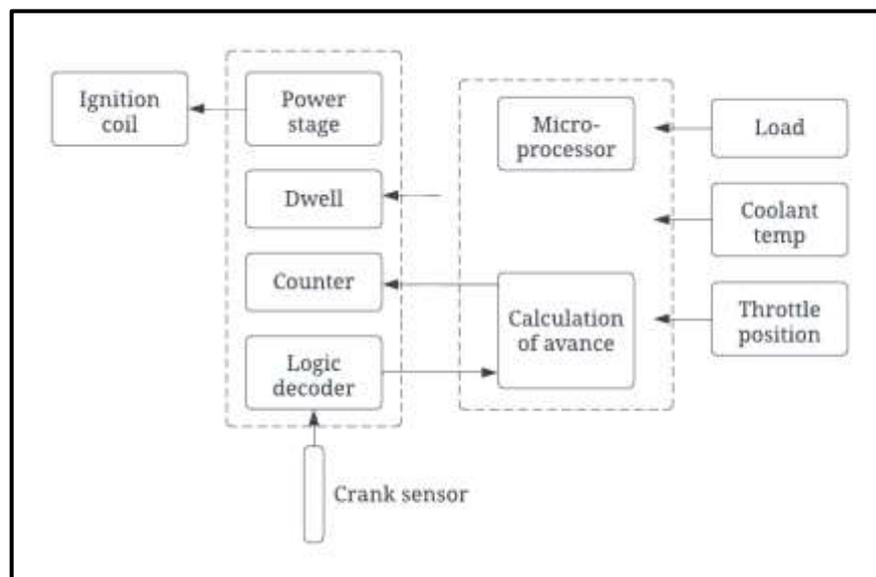


Ilustración 2-9: Diseño simplificado del control del sistema de encendido.

Fuente:: (Denton, 2017)

El ángulo de avance de ignición o avance al salto de chispa se obtiene a partir de un mapa cartográfico memorizado, esto se guarda en un chip ROM dentro de la ECU (Denton, 2019, p. 376). Los parámetros para esto son:

- Revoluciones del motor, dadas por el sensor CKP.
- Presión del aire de entrada, proporcionada por el sensor de presión absoluta del colector.

Los dos parámetros anteriores (velocidad y carga) proporcionan la configuración básica, pero para asegurar un ángulo de avance óptimo, la sincronización se corrige mediante:

- Temperatura del refrigerante.
- Temperatura del aire.
- La posición del acelerador.

El encendido se ajusta a un avance predeterminado durante la fase de arranque. La Ilustración 2-10, muestra un mapa de avance de encendido típico en función del régimen de giro del cigüeñal y del sensor TPS.

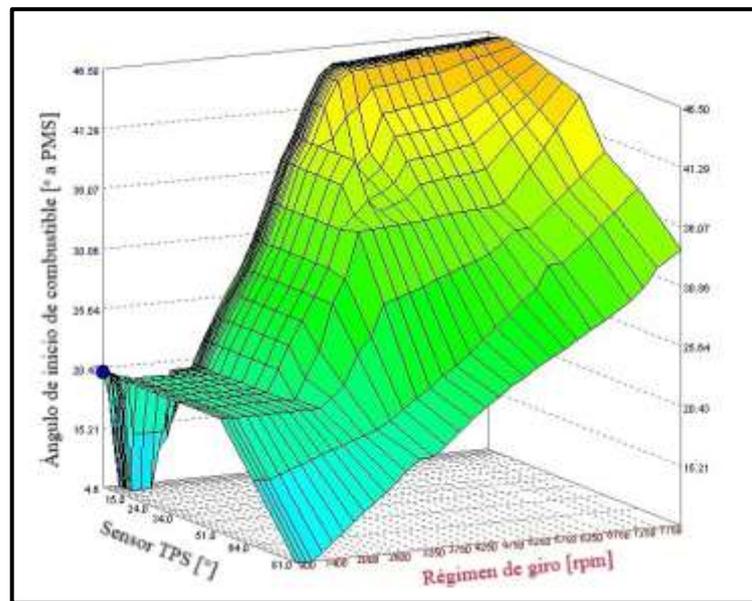


Ilustración 2-10: Mapa tridimensional del avance de encendido.

Fuente:: (Payri & Desantes, 2011)

2.1.3.5. Cálculo de la mezcla de combustible

La cantidad de combustible a inyectar está determinada principalmente por la cantidad de aire que ingresa al motor (Denton, 2019, p. 380). Esto depende de dos factores:

- Revoluciones del motor
- Presión del colector de admisión, obtenidas por el sensor MAP

Esta característica de carga de velocidad se guarda en la memoria de lectura (por sus siglas en inglés, ROM). El sensor MAP conectado al múltiple de admisión mediante una tubería detecta la

presión absoluta del colector. Es un sensor interno alojado dentro de la ECU, donde la resistencia varía con la presión. El sensor se alimenta con una fuente estabilizada de 5 V y transmite una tensión de salida en función de la presión. El sensor está instalado lejos del colector y, por lo tanto, se requiere una tubería para conectarlo. La señal de salida varía entre aproximadamente 0,25 V a 0,17 bar y aproximadamente 4,75 V a 1,05 bar. La Ilustración 2-11, muestra la entrada del sensor MAP interno y su salida al múltiple de admisión.

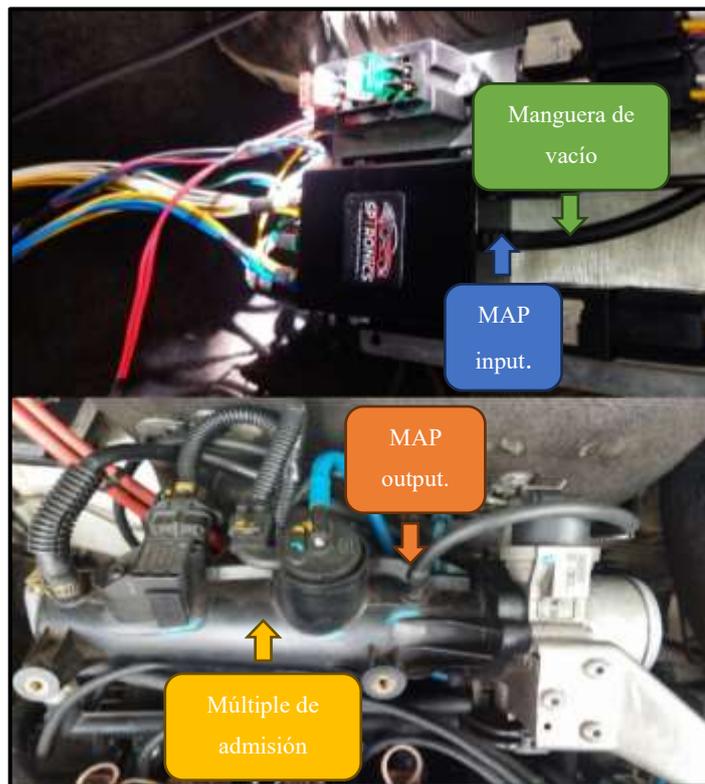


Ilustración 2-11: Componentes y sensor MAP input-output.

Fuente: Pomaquero A, 2024

Además de la presión del aire, la ECU necesita saber la velocidad del motor para determinar la cantidad de inyección.

El mismo sensor CKP utilizado por el sistema de encendido proporciona esta información. Los cuatro inyectores funcionan simultáneamente, una vez por revolución del motor, inyectando la mitad del combustible requerido, esto ayuda a garantizar una combustión equilibrada. El inicio de la inyección varía según el momento del encendido. Un período de apertura básico para los inyectores se determina utilizando la información ROM relacionada con la presión del colector y la velocidad del motor (Denton, 2019, p. 380).

En las condiciones iniciales, el período de inyección se calcula de manera diferente. Esto se determina principalmente a partir de una cifra fija, que varía en función de la temperatura. El sensor de temperatura del refrigerante es un termistor y se utiliza para proporcionar una señal a la ECU relacionada con la temperatura del refrigerante del motor. Luego, la ECU puede calcular cualquier corrección en la inyección de combustible y el tiempo de encendido. El funcionamiento de este sensor es de tipo coeficiente de temperatura negativo (por sus siglas en inglés, NTC), El valor de la resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura y viceversa (Denton, 2019, p. 381).

El sensor TPS informa a la ECU de la posición del acelerador y la velocidad de cambio de posición del acelerador. El sensor proporciona información sobre la aceleración, la desaceleración y si el acelerador está en la posición de carga completa o de ralentí. El sensor TPS consta de una resistencia variable y una resistencia fija, se proporciona un suministro fijo de 5 V y la señal de retorno variará aproximadamente entre 0 y 5 V. El voltaje aumenta a medida que se abre el acelerador (Denton, 2019).

2.1.4. Unidad de control electrónico del motor en el mercado

En la actualidad, en el mercado ecuatoriano, se encuentran disponibles una variedad de ECUs. El precio de estas varía según sus capacidades y velocidad de procesamiento de información (Altamirano & Guevara, 2022, p. 7). Algunas de las marcas más utilizadas en la actualidad son Megasquirt, Haltech, Motec y FuelTech.

Por ejemplo, Megasquirt ofrece varios modelos que están diseñados con propósitos educativos, lo que significa que pueden tener limitaciones en cuanto a su capacidad de procesamiento de información (Altamirano & Guevara, 2022, p. 8).

Por otro lado, los diversos modelos de FuelTech han ganado popularidad debido a su capacidad para procesar información rápidamente y la facilidad para realizar modificaciones directamente en la ECU, sin necesidad de un interfaz de comunicación con una computadora, esta se describe más detalladamente en la Tabla 2-1

En la Ilustración 2-12 se pueden observar algunas ECUs utilizadas para mejorar el rendimiento de vehículos. La elección de cada una depende del uso que se le dará al vehículo, y el costo varía según las prestaciones y capacidades de cada modelo.



Ilustración 2-12: ECUs del motor en el mercado.

Fuente: (Altamirano & Guevara, 2022)

Tabla 2-1: Ventajas y desventajas de las ECUs.

Tabla comparativa de las ECUs		
ECUs	Ventajas	Desventajas
Megasquirt MS3	Tamaño reducido	Velocidad de transmisión 50kbits/s
	Conexión Wifi	Socket no reforzado
	Precio accesible	Inyección multipunto hasta 4 inyectores
	Ideal en MEP de aspiración natural	Software libre
	Fusibles en alimentación y sensores MAP sensor interno	
Fueltech FT300	No necesita el interfaz de comunicación	Velocidad de transmisión
	Velocidad de transmisión 78kbits/s	MAP sensor externo
	Control de MEP hasta 12 cilindros	Inyección multipunto hasta 4 inyectores
	Ideal en MEP de aspiración natural	Necesita sonda lambda banda ancha externo
Precio accesible		
Haltech Elite 500	Velocidad de transmisión 500 kbits/s	Precio elevado
	Control de distribución variable	Conocimiento previo
	Gestión de par motor	
	Ideal en MEP de inducción forzada	
	MAP sensor interno	
	Transmisión de comunicación BUS CAN	
Control de lanzamiento		

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

En consecuencia: Se opta por la ECU MS3 debido al modelo del motor. El vehículo Fiat Uno Fire cuenta con el motor Fire 1.3 L (1242 cc) con 2 válvulas por cilindro de aspiración natural, no integra distribución variable ya que el motor es SOHC.

2.1.5. Unidad de control electrónico MS3 de Megasquirt.

La ECU MS3 de Megasquirt se presenta en la Ilustración 2-13, se trata de una unidad de control electrónico que permita modificar los parámetros avance al salto de chispa y tiempo de inyección de combustible, comercializada por la empresa Sptronics bajo la licencia de Megasquirt. La ECU MS3 cuenta con componentes electrónicos que pueden procesar la información proveniente de los sensores colocados en el motor. Estos componentes facilitan la comunicación con el programador de la ECU, al convertir los datos recopilados a un formato común mediante el software TunerStudio.

Al referirse a una ECU MS3, se hace alusión a una ECU universal que requiere conocer varios datos específicos para iniciar la calibración en el software TunerStudio, aunque ECU MS3 ya viene con una calibración estándar, esta no puede ser utilizado porque cada vehículo tiene una diferente condición mecánica, necesariamente se debe realizar una nueva calibración o ajuste (Guacho & Ojeda, 2021).

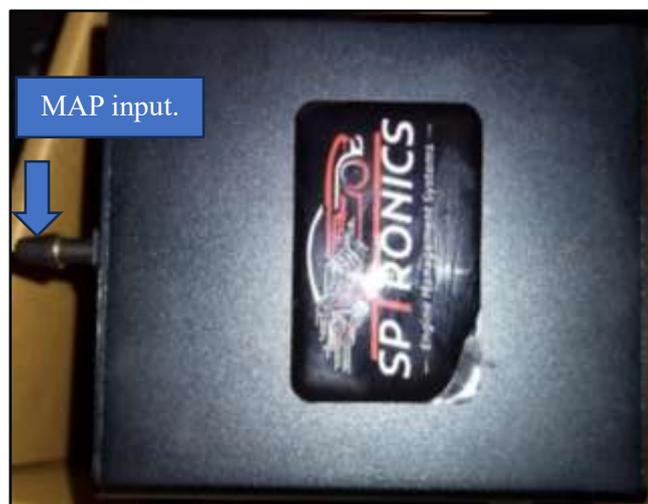


Ilustración 2-13: Unidad de control electrónica MS3.

Realizado por: Pomaquero A, 2024

Como se presenta en la Ilustración 2-14. Dentro de la arquitectura de la placa electrónica se encuentran circuitos de acondicionamiento para varias entradas, fundamentalmente están compuestos de capacitores, resistencias y diodos, adicionalmente se encuentra la toma del sensor

MAP, este sensor se encuentra integrada en la placa electrónica como se visualiza en la Ilustración 2-14. La Tabla 2-2 presenta especificaciones de cada pin mostrado en la Ilustración 2-14.

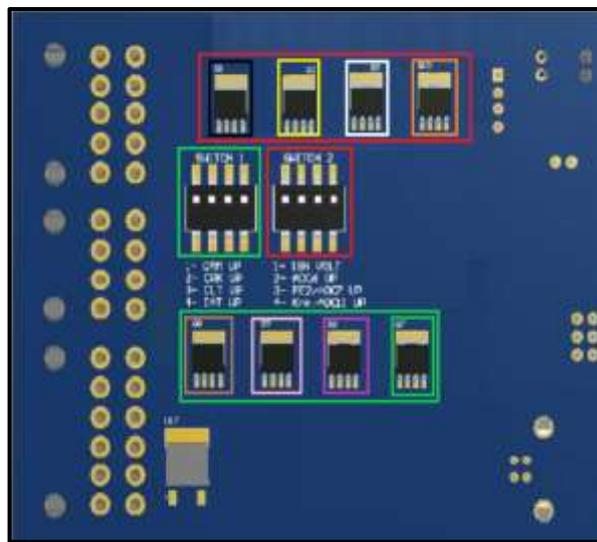


Ilustración 2-14: Placa electrónica de la ECU MS3.

Fuente: (Speed, 2020)

Tabla 2-2: Pines de la placa electrónica de la ECU MS3.

Interruptor 1: Controla las siguientes funciones		
Color	N.º	Funciones
Café	Pin 1	Cuando este encendido, levanta la entrada CAM CAM +
Rosado	Pin 2	Cuando este encendido, levanta la entrada CRK CRK +
Morado	Pin 3	Cuando este encendido, activa la entrada CLT
Verde	Pin 4	Cuando este encendido, activa la entrada IAT
Interruptor 2: Controla las siguientes funciones		
Color	N.º	Funciones
Negro	Pin 1	Cuando este encendido, las salidas de encendido serán de 12 V, de lo contrario, son de 5V
Amarillo	Pin 2	Cuando este encendido, levanta ADC6 Conector 3, 11
Blanco	Pin 3	Cuando este encendido, levanta PE3/ADC7 Conector 3, 12
Kaki	Pin 4	Cuando está ON, tira hacia arriba Knocking/ADC11(en caso de que no esté instalado Knocking) Conector 3, 10

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

2.1.5.1. Especificaciones técnicas de la ECU MS3.

En la Tabla 2-3 se detallan especificaciones técnicas de la ECU MS3 que presenta el fabricante Sptronics, donde tenemos entradas y salidas para sensores y actuadores.

Tabla 2-3: Especificaciones técnicas de la ECU MS3.

Especificaciones técnicas de la ECU MS3.	
Entradas de activación	2 entradas diferenciales Hall, VR
Controladores de inyectores	4 entradas (impedancia mínima del inyector:8 ohm)
Controladores de bobina de encendido	4 entradas (a 12 V y 1.5 A como máximo)
Salida de la electrobomba de combustible	1 salida
Salda del tacómetro	1 salida digital de 5 V a 12 V
Entrada del Knock sensor	1 entrada con ganancia ajustable
Entrada del sensor TPS	1 entrada de 0 V a 5 V
Entrada sensor MAP	1 entrada de 0 V a 5 V
Sensor MAP interno	Hasta 5 bar
Sensor ECT	1 entrada análoga
Sensor IAT	1 entrada análoga
Sensor O ₂	1 entrada de 0 V a 5 V
5 V de referencia	1 entrada
Entrada USB	1 entrada para comunicación entre software y laptop

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

2.1.6. *Software TunerStudio*

TunerStudio es un software integral que permite calibrar un motor por encendido provocado, además permite a los usuarios modificar y optimizar el rendimiento de los sistemas de gestión electrónica del motor, como la modificación y visualización de los mapas bidimensionales de inyección de combustible, avance del encendido y la mezcla aire-combustible del MEP (Erazo et al., 2021).

El software TunerStudio permite al usuario registrar una variedad de sensores para recopilar datos que puede utilizar para calibrar aún más el motor para obtener un óptimo par motor y potencia. Este software TunerStudio está diseñado para ser fácil de usar y altamente personalizable, lo que lo convierte en una opción popular para entusiastas, estudiantes y profesionales del mundo motor (Guacho & Ojeda, 2021).

La ECU MS3 es compatible con el software TunerStudio, donde el ordenador se comunica a través del puerto serial USB. En la Ilustración 2-15 se muestra la interfaz gráfica del software TunerStudio, donde existe la comunicación entre la ECU MS3 y el software TunerStudio por ello se visualiza en la parte inferior de la ilustración de color verde.



Ilustración 2-15: Interfaz gráfico del software TunerStudio.

Fuente:: (Megasquirt, 2016)

2.1.6.1. Menú principal - ventanas del software TunerStudio.

En la Ilustración 2-16 se visualiza el menú principal del software TunerStudio, donde las configuraciones principales están enmarcadas por cuadros de colores, dentro de las configuraciones más relevantes se encuentran los siguientes:



Ilustración 2-16: Menú principal del software TunerStudio.

Fuente: (Megasquirt, 2016)

- Opciones: Encerrado por el cuadro de color rojo, que contiene los ajustes básicos, como las especificaciones del motor, la cilindrada, el número de cilindros, el número de inyectores y el limitador de rpm.
- Configuración de combustible: Encerrado por el cuadro de color verde, donde se pueden establecer valores como el número de dientes de la rueda fónica para la señal del sensor CKP y la corrección de arranque en frío.
- Puesta en marcha/ralentí: Encerrado por el cuadro de color amarillo, en ella se configura el arranque del MEP, el asistente de calentamiento, el enriquecimiento de combustible
- Tuning: Encerrado por el cuadro de color violeta, en la cual se visualizan los mapas

tridimensionales de control de combustible y el mapa de avance al encendido.

2.1.7. Emisiones contaminantes

Entre los gases contaminantes que salen del tubo de escape de los vehículos propulsados por MEP son: dióxido de azufre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y óxido de nitrógeno (NO_x) (Álvarez & Callejón, 2005).

A partir de 2010, en Ecuador, el Ministerio del Ambiente ha mostrado un creciente interés, en abordar el problema de la contaminación generada por los vehículos motorizados. Con el propósito de fortalecer y sistematizar el control de la contaminación atmosférica a nivel nacional, se ha establecido una red de monitoreo de material particulado en áreas urbanas con más de 150 mil habitantes, incluyendo ciudades como Quito, Latacunga, Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Ibarra, Manta, Portoviejo, Milagro, Babahoyo, Loja, Azogues y Esmeraldas. Adicionalmente, se han instalado dos estaciones automáticas que registran datos de óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre en Quito, Cuenca y Guayaquil. El objetivo de estas medidas es proporcionar información analizada de manera regular y eficaz para comprender el estado actual de la calidad del aire a nivel nacional (MAAE, 2023).

A continuación, una breve descripción de las emisiones contaminantes controladas para motores a gasolina en Ecuador.

- **Monóxido de carbono (CO):** Es una de las sustancias contaminantes más significativas en los procesos de combustión, especialmente cuando se dan condiciones de mezcla estequiométrica o ricas (Payri & Desantes, 2011, p. 424). En motores de gasolina, la generación de CO se origina principalmente por la disociación de las moléculas de CO₂, un fenómeno que ocurre a temperaturas elevadas (aproximadamente a partir de 2000 K°, que son temperaturas típicas en los procesos de combustión) (Payri & Desantes, 2011, p. 425). Se trata de un gas incoloro e inodoro, presente en cualquier proceso de combustión debido a su papel como un intermediario que surge por la cinética química de dicha combustión (Roriva & Muñoz, 2015, p. 116). Su toxicidad para la salud humana radica en su capacidad para impedir la absorción de oxígeno por parte de los glóbulos rojos, lo que puede provocar asfixia. Aunque con el tiempo se convierte en CO₂ en la atmósfera, mientras esta transformación no se ha completado, puede representar un peligro significativo a nivel local y en espacios cerrados (Roriva & Muñoz, 2015, p. 117).
- **Hidrocarburos (HC):** Las emisiones de hidrocarburos, en términos generales, se refieren

a la liberación de compuestos de hidrocarburos en forma sólida, líquida o gaseosa, que resulta de la falta de combustión o de una combustión incompleta (Roriva & Muñoz, 2015, p. 116). En MEP los HC se liberarán al ambiente condensados dentro de los gases de combustión, lo que resultará en la emisión de un humo característico, que puede ser azul (HC no quemados) o blanco (HC parcialmente oxidados) especialmente en las condiciones de arranque. Este fenómeno ocurre porque en frío, las condiciones de combustión son menos eficientes, lo que aumenta la cantidad de hidrocarburos expulsados (Álvarez & Callejón, 2005, p. 342).

2.1.7.1. Norma INEN NTE 2204

(NTE INEN 2204, 2017). Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) para emisiones contaminantes emitidas por el vehículo a gasolina establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres con más de tres ruedas, como los vehículos automotores y prototipos. Se establecen los límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motores de gasolina. Durante la marcha mínima o el ralentí en condiciones estáticas. La normativa NTE INEN 2204 está fundamentada en los criterios de emisiones establecidos en la normativa europea Euro 3.

En la Tabla 2-4. Se indica los límites máximos de emisiones contaminantes con motor de gasolina. Prueba estática en ralentí.

Tabla 2-4: Límites máximos de emisiones contaminantes en ralentí.

Año modelo	% CO ^a		ppm HC	
	0 -1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
2000 y posteriores	1	1	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

^a Volumen

^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

Fuente: (NTE INEN 2204, 2017)

Realizado por: Instituto ecuatoriano de normalización.

2.1.8. Dinamómetro de chasis de doble rodillo.

Los dinamómetros de chasis son dispositivos empleados por la industria automotriz para realizar procedimientos de prueba estandarizados, como el NTE INEN 2204 (NTE INEN 2204, 2017). Que sirve como guía para la medición de emisiones vehiculares en Ecuador. Además, estos

dispositivos también pueden utilizarse para realizar investigaciones académicas (Guacho & Ojeda, 2021).

(Figliola & Beasley, 2011). Define el dinamómetro como un dispositivo que absorbe la potencia producida por un motor primario para evaluar su rendimiento, convirtiendo esta potencia en otra forma de energía, como calor o electricidad. Sin embargo, este equipo está asociado con actuadores como frenos de corrientes parásitas (para reducir la carga aplicada al vehículo) y con motores eléctricos (para reducir la carga aplicada al vehículo), se le pueden permitir emular las condiciones reales de conducción a las que se encuentran los vehículos comúnmente presentes en el parque automotor.

Una de las principales plataformas de vehículos de prueba es un dinamómetro de chasis, también conocido como dinámetro de rodillos. Hay dos tipos principales de dinamómetros de chasis: de un solo rodillo y de doble rodillo como se presenta en la Ilustración 2-17. Por lo tanto, hay diferentes configuraciones de contacto de los neumáticos y huella, dependiendo del número de rodillos (Silva et al., 2016).



Ilustración 2-17: Imagen real de la estructura del dinamómetro.

Realizado por: Pomaquero, A, 2024

El concepto de dinamómetro de chasis presentado en este trabajo de integración curricular de tipo proyecto técnico se basa sobre un banco de rodillos gemelos 4x2 (doble punto de contacto para el acoplamiento neumático) de la empresa Dynocom, modelo DC500-FX como se presenta en la Ilustración 2-18. Este dispositivo puede insertar y/o quitar energía del sistema, cambiando la fuerza de tracción del vehículo y consecuentemente el punto de operación del motor, lo que

influye directamente en el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del tubo de escape (Eckert et al., 2018).



Ilustración 2-18: Dinamómetro de cachis de doble rodillo Dynocom DC500-FX.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

2.1.8.1. Cálculo de potencia



Ilustración 2-19: Freno de corrientes parasitas.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

Se calcula mediante la ecuación 5. Donde: F es la fuerza, obtenida por el sensor galga estequiométrica mediante el freno de corrientes parasitas, como se visualiza en la Ilustración 2-19, v es la velocidad a la que gira el rodillo y se determina mediante la ecuación 6.

$$P = F * v \quad (5)$$

$$v = \omega * r \quad (6)$$

$$P = F * \omega * r \quad (7)$$

Donde: ω es la velocidad angular del rodillo, obtenida por el sistema de adquisición de datos generado por un sensor magnético y una rueda perforada y r es el radio del rodillo.

2.1.8.2. Cálculo de par motor

Necesariamente el sistema de adquisición de datos debe saber la relación entre las revoluciones del rodillo y las revoluciones del volante de inercia en 4ta marcha. A partir de esta relación o comparación el sistema de adquisición de datos sabrá que existe una relación ≥ 4 . En ese instante se empieza a grabar los datos del par motor.

$$P = T * \omega \quad (8)$$

$$T = P/\omega \quad (9)$$

Donde P es la potencia y ω es la velocidad angular del rodillo, se muestra en la ecuación 5.

2.1.9. Normas para la obtención de par motor y potencia del MEP

Se acude a normas internacionales que gobiernan los MEP, donde cada una de las normas presentadas a continuación tienen su método para la obtención de par motor y potencia de un vehículo MEP.

2.1.9.1. Norma ISO 1585

Sugiere en presiones atmosféricas de (0.8 – 1) bar y a temperatura ambiente de (17.85 - 34.85) °C, de modo que sugiere a alturas menores que 2000 msnm (Cargua & Castelo, 2017, p. 101).

2.1.9.2. Norma DIN 70020

Norma europea decreta la reacción de presión atmosférica y temperatura ambiente, ignorando la humedad relativa del ambiente donde se realiza el ensayo de par motor y potencia (Cargua & Castelo, 2017, p. 102).

2.1.9.3. Método de aceleración libre

El método de aceleración libre es una técnica utilizada para medir el par motor y la potencia de un motor. Este método se basa en la medición de la aceleración del motor cuando no hay carga aplicada. La aceleración libre se mide en términos de la velocidad angular del motor. El par motor se calcula a partir de la aceleración libre y la inercia del volante del motor. La potencia se calcula a partir del par motor y la velocidad angular del motor (Cargua & Castelo, 2017).

2.1.9.4. Norma SAE J1349

Norma americana incluye elementos necesarios del MEP o MEC para los ensayos en el dinamómetro de rodillos (Cargua & Castelo, 2017, p. 102). Determina valores de par motor y potencia teniendo en cuenta datos atmosférico y que el MEP o MEC deben estar en plena carga mientras se realiza los ensayos (Rafael & Guzmán, 2014), (SAE J1349, 2004).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Desarrollo de la implementación y calibración de la ECU MS3 a través del software TunerStudio y el banco dinamométrico de rodillos.

Los ensayos realizados para la determinación de par motor y potencia fueron mediante el dinamómetro de rodillos Dynocom DC500-FX mediante la norma SAE J1349 y para las emisiones contaminantes fueron realizadas en base a la norma NTE INEN 2204 mediante el equipo analizador de gases Kane Autoplus 4-2.

3.1. Diagrama de etapas del proyecto

Este trabajo de integración curricular de tipo proyecto técnico se lleva a cabo de acuerdo con el siguiente plan en etapas mostrado en la Ilustración 3-1

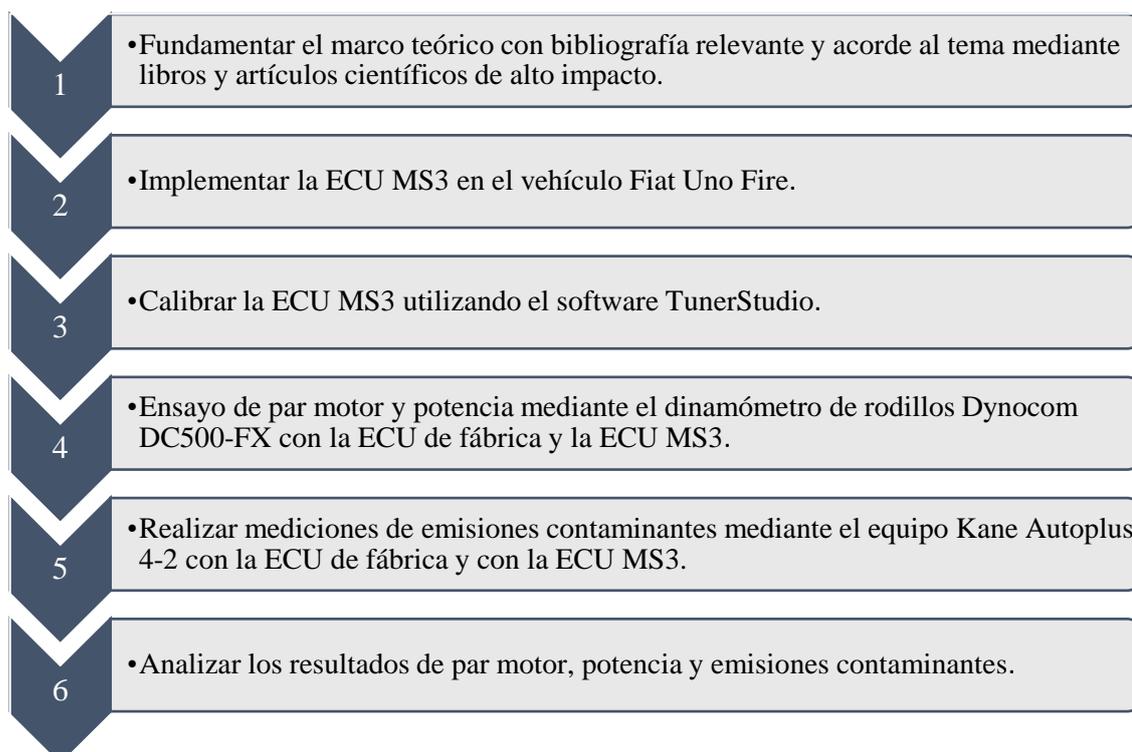


Ilustración 3-1: Diagrama de etapas del proyecto de trabajo de integración curricular.

Realizado por: Pomaquero, A, 2024

3.1.1. Metodología de investigación a realizar.

3.1.1.1. Inductivo

Dado que se recopilarán datos durante los ensayos de par motor y potencia para evaluar el rendimiento del vehículo Fiat Uno Fire tanto con la ECU de fábrica como con la ECU MS3, así como durante las mediciones de emisiones contaminantes, estos datos proporcionarán información que permitirá identificar patrones o tendencias. Posteriormente, se utilizarán estos datos para llegar a una conclusión.

3.1.1.2. Deductivo

Dado que la hipótesis en la implementación de la ECU MS3 en el vehículo Fiat Uno Fire resultará en un aumento del rendimiento del motor en términos de par motor, potencia y de emisiones contaminantes en comparación con la ECU de fábrica.

3.1.1.3. Experimental

Dado que se llevará a cabo la calibración de la ECU MS3, que implica ajustes en el tiempo de combustible y en el avance al salto de chispa, se realizarán múltiples ensayos de par motor y potencia con el fin de alcanzar un óptimo incremento de par motor y potencia.

3.1.2. Cronograma de actividades

La Tabla 3-1 muestra el cronograma de actividades del proyecto técnico que se llevó a cabo en el transcurso del periodo octubre 2023 - marzo 2024.

Tabla 3-1: Cronograma de actividades del proyecto de trabajo de integración curricular.

N° Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16
Aprobación del tema de trabajo integración curricular	■	■														
Estructura del trabajo de integración curricular	■	■	■	■												
Capítulo II			■	■	■	■										
ABS de motor						■										
Instalación de la ECU MS3 en el vehículo Fiat Uno Fire						■	■	■								
Programación de la ECU MS3, mediante software TunerStudio									■	■						
Calibración del motor en circuito urbano y en el dinamómetro mediante el software TunerStudio											■	■				
Capitulo III				■	■	■	■									
Capitulo IV								■	■	■	■	■				
Ensayo de par motor y potencia mediante el dinamómetro de rodillos Dynocom DC500-FX con la ECU de fábrica y la ECU MS3.													■	■		
Ensayo de emisiones contaminantes mediante el equipo Kane Autoplus 4-2 con la ECU de fábrica y la ECU MS3														■	■	
Resultados													■	■	■	■

Realizado por: Pomaquero. A., 2024

3.2. Materiales, equipos y software

3.2.1. Materiales

Para llevar a cabo el trabajo de integración curricular de tipo proyecto técnico, se requirió el uso de los siguientes materiales y equipos que se presentan a continuación en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Materiales

Materiales		
Dimensión	Descripción	Motivo
(30x30) cm	Platina de 3mm	Base de la ECU MS3
1 docena	Correas plásticas	Fijación del mazo de cableado
5 m	Manguera corrugada	Recubrimiento de mazo de cables
4 m	Termo fundente	Aislamiento de los puntos de empalmes
1 unidad	Estaño	Empalmes fijos de la ECU con sensores y actuadores
1 unidad	Pasta de soldadura	
1 unidad	Bobina DIS	Bobina de encendido
4 unidad	Relay	Relay bobina, inyector, electroventilador y bomba de combustible
1 docena	Fusibles resistencia variable	Resistencia de la ECU MS3
2 m	Manguera de vacío	Conexión ECU - colector de admisión
1 unidad	Caja porta fusibles	Conexiones de fusibles
1 unidad	Sensor Inductivo CKP	Conexión ECU - volante de inercia
1 unidad	Filtro de alto flujo	Ingreso de aire al colector de admisión
1 unidad	ECU MS3	Gestión electrónica del motor

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

3.3. Equipos y software

Para el desarrollo del proyecto técnico, fue necesario los siguientes equipos mostrados a continuación en la Tabla 3-3. El recurso económico del presente trabajo se detalla en el ANEXO C

Tabla 3-3: Equipos

Equipos	
ECU MS3	Gestión electrónica del motor
Laptop	Equipo utilizado para la comunicación TunerStudio - ECU MS3
Dinamómetro de rodillos	Equipo para estimar el torque y potencia del vehículo Fiat Uno Fire
Tuner Studio	Software parámetros de calibración del motor
Kane Autoplus 4-2	Analizador de gases

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

3.4. Desarrollo del proyecto

3.4.1. Vehículo Fiat Uno Fire 2012

Los dos vehículos pertenecen a la misma marca y del mismo motor, como se muestra en la Ilustración 3-3, cuyas características del motor de detallan en la Tabla 3-4, se encuentran con el mismo peso de 840 kg como se evidencia en la Ilustración 3-2, el kilometraje de los dos vehículos se encuentra alrededor de 20000 km, el convertidor catalítico utilizados en los dos vehículos fue de medio uso, el combustible utilizado para las siguientes ensayos es la gasolina de 93 octanos y la temperatura ambiente es alrededor de 15 °C a 2754 msnm Riobamba – Ecuador.



Ilustración 3-2: Pantalla digital de la báscula en Kg.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024



Ilustración 3-3: Vehículo Fiat Uno Fire año 2012.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

Tabla 3-4: Ficha técnica del vehículo Fiat uno Fire.

Ficha técnica del vehículo Fiat Uno Fire 1.3 L (1242 cc)		
Motor		
Tipo de motor		MEP
Orientación del motor		transversal
Cilindrada		1242 cc
Diámetro * carrera		76,1 * 71,5 mm
Válvulas por cilindro		SOCH 2 válvulas
Relación de compresión		9.8:1
Potencia		68 CV a 5250 rpm

Par motor	11.3 kgm a 2250 rpm
Transmisión	
Tracción	Delantera
Caja de transmisión	Manual
Numero de velocidades	5
Performance	
Cantidad máx. combustible	47 lts/100 km
Consumo de combustible – rural	7,25 lts/100 km
Consumo de combustible - urbano	4,77 lts/100 km
Consumo de combustible - combinado	5,67 lts/100 km
Dimensiones y peso neto	
Largo	364,4 cm
Ancho	154,8 cm
Alto	143,2 cm
Peso neto	850 kg

Fuente: Ficha Técnica Fiat Uno Fiorino 1.3 L

3.4.2. Implementación de la unidad de control electrónico MS3.

La Ilustración 3-4, muestra el pin data que se encuentra en la ECU MS3, para la conexión de la red de cables entre la ECU MS3, sensores y actuadores del vehículo. Se lo realizo mediante la Tabla 3-5, que nos proporciona el fabricante de la ECU MS3, que consta en el Anexo D.

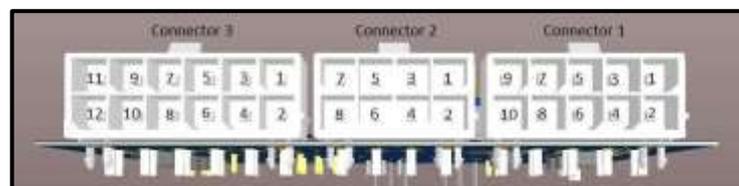


Ilustración 3-4: Conector 1, 2 y 3 del Pin data de la ECU MS3

Fuente: Manual MS3, 2020

Tabla 3-5: Pines de conexión ECU MS3 – sensores y actuadores

Connector 1			
Pin	Name	Wire Color	Comment
1	Injector 1 output	Orange	
2	Injector 2 output	Orange	
3	Injector 3 output	Orange	
4	Injector 4 output	Orange	
5	Fuel pump output	Brown	
6	Low side output 1	Brown	FIDLE
7	Output 1 complementary	Brown	
8	Low side output 2	Brown	IAC1
9	Low side output 3	Brown	IAC2
10	GND2	Black	Connect to Engine Block/Head

Connector 2			
Pin	Name	Wire Color	Comment
1	Ignition output 1	Green	
2	Ignition output 2	Green	
3	Ignition output 3	Green	
4	Ignition output 4	Green	
5	Tachometer output	Blue	
6	Sensors Reference Voltage (+5V)	White	
7	Switched +12V	Red	Conecte a un relay y fusible de 5 amperios
8	GND	Black	Connect to Battery negative

Connector 3			
Pin	Name	Wire Color	Comment
1	Crank input +	Yellow	
2	Crank input -	Black	
3	Cam input +	Yellow	
4	Cam input -	Black	
5	MAP/MAF input	White	
6	Intake air temperature input	White	
7	Coolant temperature input	White	
8	O2 sensor input	White	
9	Throttle position input	White	
10	Knock sensor input	White	Knocking/ADC11
11	External input 1	White	ADC6
12	External input 2	White	PE2/ADC7

Fuente: Ficha técnica ECU MS3

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

Antes de realizar la conexión, ECU MS3 – sensores y actuadores al vehículo Fiat Uno, es necesario revisar el diagrama eléctrico del vehículo ya que podría existir módulos electrónicos aparte de la ECU del vehículo, ya que al implementar la ECU MS3 podría tener interferencia o corte en las redes de comunicación. Al revisar el manual y el diagrama eléctrico del vehículo Fiat Uno Fire que se muestra a continuación en la Ilustración 3-5 y la Tabla 3-6, se confirma que únicamente existe comunicación entre la ECU, tablero de instrumentos y sensores – actuadores.

Tabla 3-6: Componentes del circuito eléctrico (sistema inyección) Fiat Uno Fire.

Componentes circuito eléctrico (sistema inyección - encendido)	
1	Central electrónica inyección – encendido
2	Conmutador de encendido
3	Central vano motor <ul style="list-style-type: none"> a. Interruptor principal sistema de inyección b. Interruptor comando compresor aire acondicionado c. Interruptor baja velocidad electroventilador radiador d. Interruptor alta velocidad electroventilador radiador
4	Bobina de encendido cilindros 1 e 4
5	Bobina de encendido cilindros 2 e 3

- 6 Electroválvula vapores de combustibles
- 7 Electro inyectores
- 8 Sonda Lambda
- 9 Interruptor inercial
- 10 Electrobomba combustible
- 11 Sensor taquimétrico
- 12 Cuentavueeltas
- 13 Taquímetro
- 14 Indicador temperatura líquido refrigerante motor
- 15 Espía avería sistema de inyección
- 16 Toma de diagnosis
- 17 Body computer
- 18 Presostato a cuatro niveles
- 19 Actuador régimen mínimo motor (motor paso a paso)
- 20 Interruptor mínima presión de aceite
- 21 Sensor posición de la mariposa
- 22 Sensor de presión de temperatura aire aspirado
- 23 Sensor temperatura liquido refrigerante motor
- 24 Sensor de fase
- 25 Sensor de detonación
- 26 Sensor de vueltas de motor y PMS
- 27 Batería

Fuente: Ficha técnica Fiat Uno Fiorino 1.3 L

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

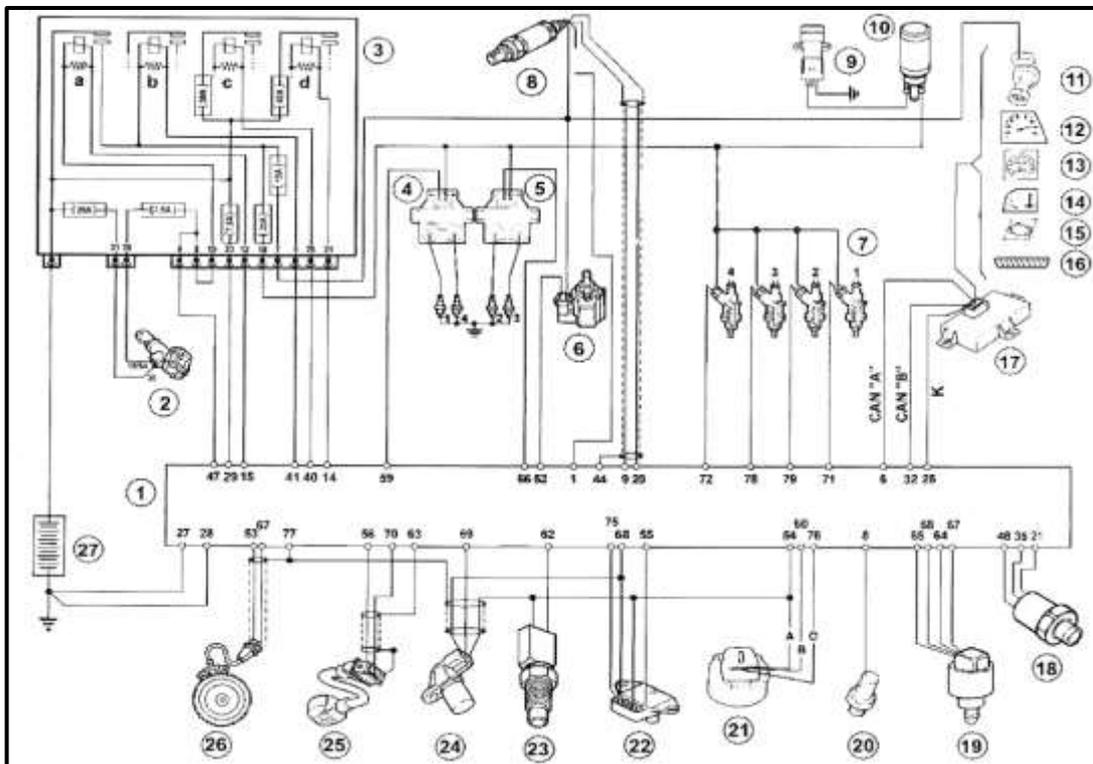


Ilustración 3-5: Circuito eléctrico (sistema inyección - encendido) ECU de fábrica.

Fuente: Fiat Fiorino 1.242 cc, 2009

3.4.2.1. Montaje del soporte para la ECU MS3, fusibles y relevadores

Después de haber estudiado el diagrama eléctrico de fábrica del vehículo Fiat Uno Fire y el diagrama de la ECU MS3, se continúa con la conexión entre la ECU MS3 y sensores. Donde la ECU MS3 requiere indispensablemente de sensores: TPS, MAP, CKP, ECT como se presenta en la Ilustración 3-6.

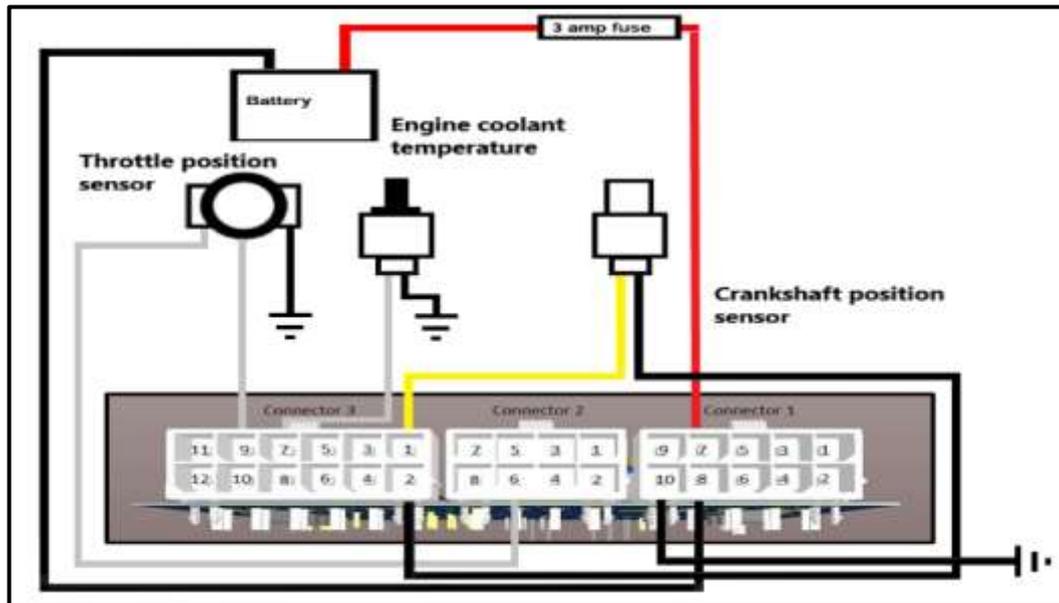


Ilustración 3-6: Circuito eléctrico del sistema de inyección (sensores) de la ECU MS3.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

El sensor MAP input se presenta en la Ilustración 3-9, se conectó la manguera de vacío entre el múltiple de admisión del MEP y la ECU MS3, como se visualiza en la Ilustración 3-7 como MAP output, ya que esta funciona a través de un diafragma que lleva dentro del chasis, junto al circuito de la ECU MS3. En esta simplemente se conectó a una manguera de vacío al puerto de sensor sin necesidad de cableado.



Ilustración 3-7: Toma del MAP output

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

En actuadores: Cuatro inyectores de combustible de alta impedancia, es decir cada inyector debe tener una resistencia mayor o igual a 8Ω , una bobina de encendido DIS de cuatro pines, un electroventilador, una electrobomba de combustible y estos últimos cuatro actuadores mencionados se han conectado a cuatro relevadores como se presenta en la Ilustración 3-8.

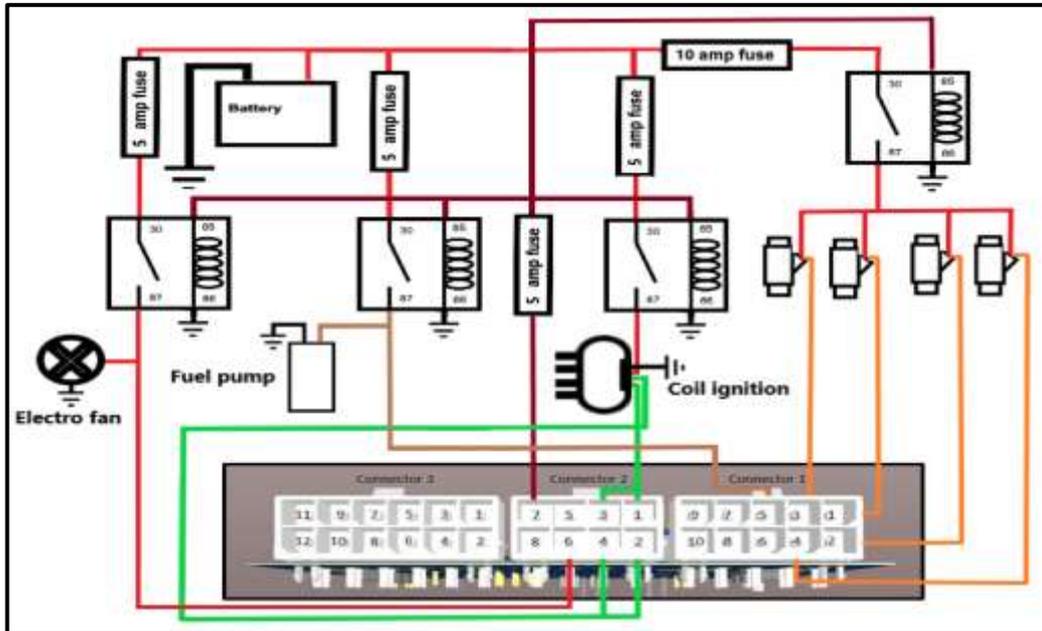


Ilustración 3-8: Circuito eléctrico del sistema de inyección (actuadores) de la ECU MS3.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

En la Ilustración 3-9, se visualiza ECU MS3 montada sobre el soporte metálico, junto a ello relevadores y la caja de fusibles, donde la red de cables está en dirección a los sensores actuadores, alimentación y a masa.

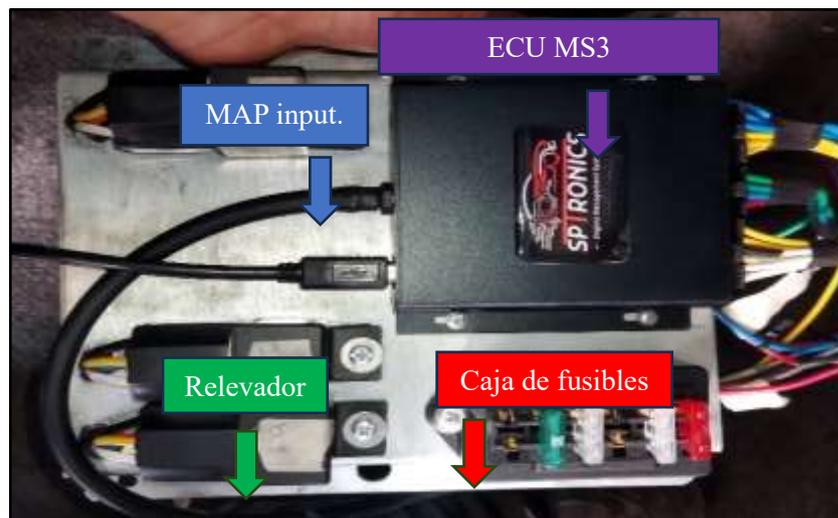


Ilustración 3-9: Soporte metálico de la ECU MS3 y otros componentes

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

3.4.2.2. Montaje de la bobina DIS sobre el block del MEP.

La ECU MS3 requiere de una bobina DIS con módulo de encendido, puesto que la bobina de fábrica mantiene tres pines y debe ser sustituida por la bobina DIS con módulo de encendido. Esta bobina DIS con módulo de encendido tiene cuatro pines, dos pines de señal, un pin de alimentación y un pin de masa como se visualiza en el diagrama eléctrico Ilustración 3-8. Seguidamente se montó sobre el block del motor sujetados por los mismos tornillos de la anterior bobina como se representa en la Ilustración 3-10.



Ilustración 3-10: Bobina DIS con módulo de encendido.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

3.4.2.3. Instalación de la red de cables desde la ECU MS3 hacia los sensores y actuadores

Al iniciar con la nueva red de cableado como se presenta en la Ilustración 3-11, es necesario medir la longitud de cada cable desde la ECU MS3 hacia cada sensor y actuador ayudado de una cinta métrica, seguidamente se realizó la unión entre cada componente a través de estaño y termo fundente para el aislamiento.

Seguidamente es preciso conectar el voltaje de batería y a masa, como se determina en el manual de conexión ECU MS3 que consta en el Anexo D. Finalmente, se logra sellar la red de cableado sin antes haber comprobado el funcionamiento de los sensores y actuadores, continuidad y caída de tensión. Finalmente se cubre con manguera corrugada según el grosor de la red de cableado como se visualiza en la Ilustración 3-12.

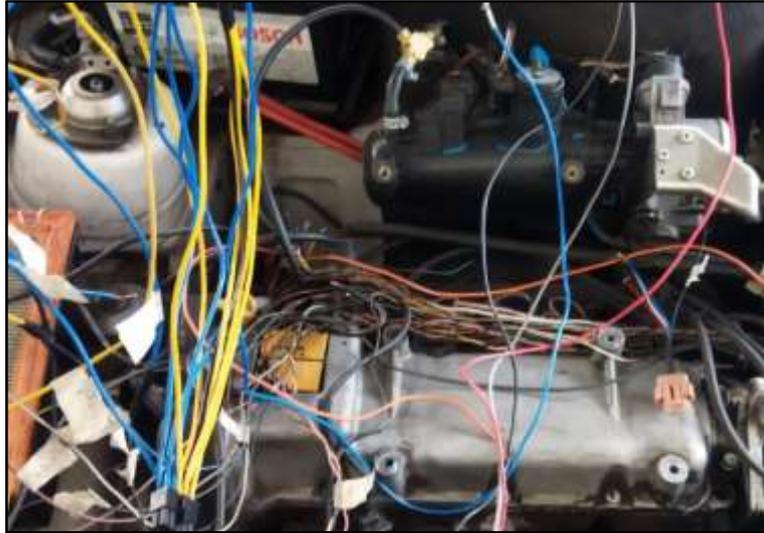


Ilustración 3-11: Nueva red de cableado integrados al MEP

Realizado por: Pomaquero. A, 2024



Ilustración 3-12: Conexión final de la nueva red de cableado.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

3.4.2.4. Montaje del soporte de la ECU MS3.

Se decide montar el soporte armado debajo de la guantera del copiloto ya que está aislado del agua y meramente por seguridad. Montada sobre pernos que sobresalen del chasis uniéndose con el soporte armado. Se ha retirado el aislamiento térmico para tener un mayor espacio de trabajo, esta sin afectar la estética o integridad del vehículo como se aprecia en la Ilustración 3-13. Al montar el soporte armado, nuevamente se coloca el aislamiento térmico como se evidencia en la Ilustración 3-14.



Ilustración 3-13: Lugar donde se montará la ECU MS3 en el vehículo.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024



Ilustración 3-14: Ubicación del soporte de la ECU MS3 en el vehículo.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

3.4.2.5. *Sustitución del filtro de aire del motor*

Como se ha mencionado anteriormente no se ha realizado cambios mecánicos en el MEP, es decir no se ha realizado preparación mecánica al motor más que la sustitución del filtro de aire por un filtro de aire cónico como se evidencia en la Ilustración 3-15.

Según el artículo de la universidad de Azuay (Arízaga, 2023). Concluye que el par motor y la potencia con diferentes filtros, sea filtro de aire de fábrica o filtro de aire cónico, no existe variación considerable en los ensayos de par motor y potencia, la variación máxima que puede existir es de 1% en mejor de los escenarios.



Ilustración 3-15: Motor Fire 1.3 L con filtro de alto flujo

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

3.4.3. Configuración de la ECU MS3 utilizando el software TunerStudio

3.4.3.1. Configuración inicial de la ECU MS3.

En cuanto se ha comprobado las señales de los sensores y actuadores en la interfaz principal, en el apartado inferior de TunerStudio indicará “Listo o Ready”, enmarcando la casilla con color verde como se muestra en la Ilustración 3-16, de lo contrario se volverá a revisar las conexiones de cableado.



Ilustración 3-16: Menú principal del software TunerStudio.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

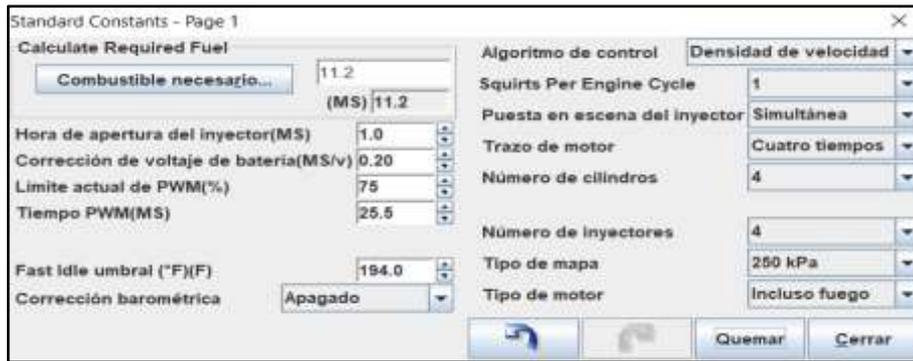


Ilustración 3-17: Configuración del motor – Combustible necesario

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

La ECU MS3, es capaz de inyectar combustible de forma alternada o secuencial esta configuración se encuentra en el apartado configuración de combustible como se observa en la Ilustración 3-17. En el software TunerStudio extiende un menú que debe ser completado con información del MEP del vehículo Fiat Uno Fire como se muestra en la Ilustración 3-18, siendo estos:

- La cilindrada del motor en centímetro cúbicos (cc)
- El número de cilindros del motor
- Flujo del inyector de combustible
- Relación aire-combustible

Se utilizo el combustible de 93 octanos, y la relación estequiométrica será la aproximación a 14.7 :1.

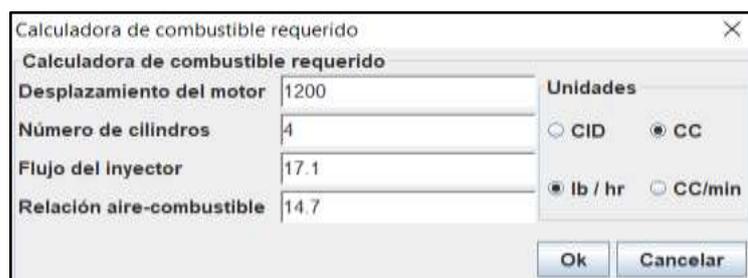


Ilustración 3-18: Ingreso de datos para combustible requerido.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

3.4.3.2. Configuración de combustible en el software TunerStudio.

Se encontrará en el apartado superior izquierdo como configuración de combustible donde se desplegará una ventana, como se en la Ilustración 3-19.



Ilustración 3-19: Configuración de combustible.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

La ECU MS3, es capaz de inyectar combustible alternada o secuencial, necesariamente cada inyector debe ser de alta impedancia como se lo detallo anteriormente, de lo contrario el inyector no inyectara combustible ya que la ECU MS3 no excitara el bobinado de campo magnético del inyector.

Los inyectores del vehículo Fiat Uno Fire cuentan con inyectores de alta impedancia ya que la lectura de resistencia es de 8.5 ohmios. Este valor ayudara en el tiempo muerto del inyector ya que puede mantenerse en 1 MS como se presenta en la Ilustración 3-20.

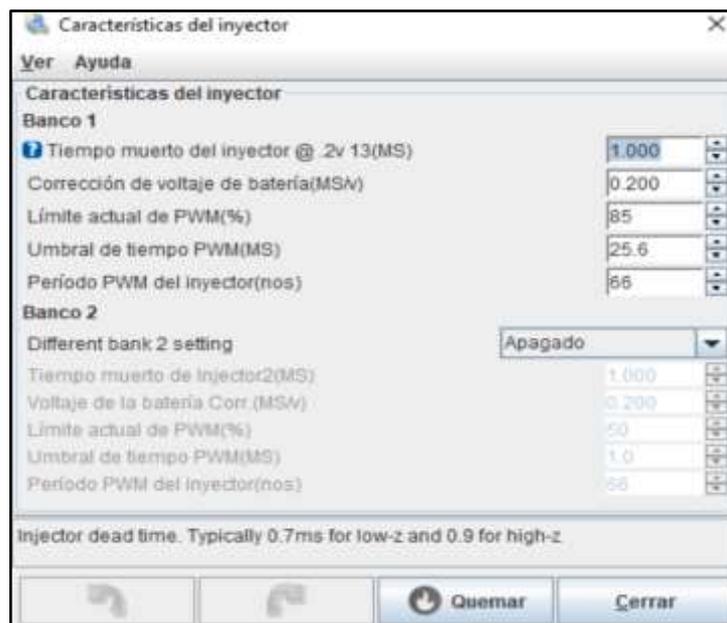


Ilustración 3-20: Características del inyector de combustible.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

3.4.3.3. Configuración de arranque - Pulso de arranque



Ilustración 3-21: Configuración de arranque del vehículo

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

Se tiene un valor de 700 rpm como se presenta en la Ilustración 3-21, al momento que las rpm del motor supera este valor la ECU MS3 empieza a inyectar combustible.

También en la misma ventana se visualiza el apartado de desbordamiento transparente TPS (%) en la que, si sobrepasa este valor de 70 % (mariposa del acelerador), la ECU MS3 dejará de inyectar combustible ya que el vehículo Fiat Uno Fire estará sin movimiento.

3.4.3.4. Configuración de encendido en el software TunerStudio.

La configuración de encendido se encuentra en el apartado superior, donde se desplegará una ventana como se muestra en la Ilustración 3-22.



Ilustración 3-22: Configuración de encendido.

Realizado por: Pomaquero, A, 2024

Necesariamente se debe especificar el modo de chispa a trabajar debido que la ECU MS3 desprende varios modos de chispa como de visualiza en la Ilustración 3-23. El vehículo Fiat Uno Fire de fábrica incorpora una rueda dentada fónica de 60 dientes conectada al cigüeñal de igual manera se especifica el tipo de bobina a utilizar ya que la ECU MS3 necesariamente trabaja con una bobina de encendido DIS de 4 pines y por lo tanto esta debe ser sustituida ya que la de ECU de fábrica incorpora bobina de encendido de 3 pines.

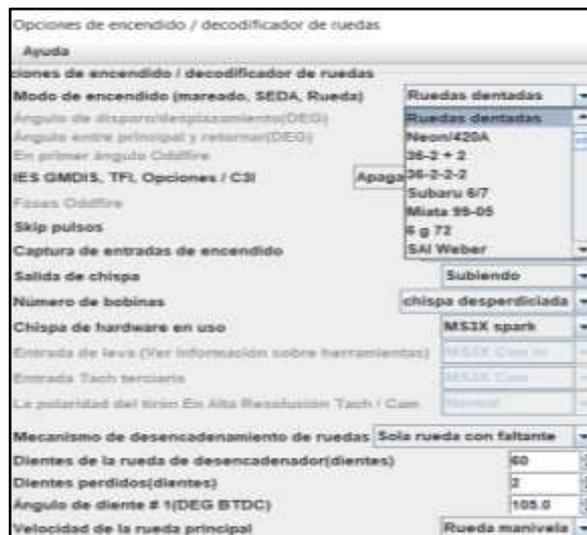


Ilustración 3-23: Opciones de encendido

Realizado por: Pomaquero, A, 2024

En cuanto se encienda el vehículo es necesario regular con una lampara estroboscópica, la cual ayudara a tener un valor cercano al exacto por ende esto ayudara al avance de encendido correcto. Al realizar la configuración opciones de encendido se ayuda de este apartado con un valor fijo de

avance y así ir experimentando con valores hasta llegar al ángulo del diente correcto, esta se encuentra en el aparatado tiempo fijos en la Ilustración 3-24.

Avance fijo	Tiempos fijos
Predicción de uso	Predicción de Deriv 1
Tiempo de avance fijo(grados)	10.0
Manubrio permanencia(MS)	6.0
Avance de arranque(grados)	10.0
Multiplex de Toyota	Apagado
Tipo de detención	Permanencia estándar
Utilice permanencia frente a la curva Rpm	Apagado
Utilice la tabla de permanencia	Apagado
Detención nominal(MS)	3.0
Duración de la chispa(MS)	1.0
Tiempo de permanencia(MS)	1.0
deber de permanencia(%)	50

Ilustración 3-24: Configuración de chispa de encendido

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

3.4.4. Obtención de datos del dinamómetro

3.4.4.1. Procedimiento utilizando la norma SAE J1349

La Norma americana (SAE J1349, 2004), establece la base para el rango de potencia del motor, las condiciones de entrada de aire, el método para la corrección de la potencia observada a plena carga y la base para determinar la potencia a plena carga utilizando un dinamómetro de rodillos (Rafael & Guzmán, 2014, p. 31). Características a tener en cuenta antes de realizar los ensayos.

- Comprobación del correcto funcionamiento de los sistemas tanto de enfriamiento y de combustible.
- Verificación de la buena condición de las conexiones eléctricas de todos los equipos a utilizar, a fin de evitar cortos circuitos o fallas durante los ensayos. Revisión de los niveles del motor de ensayo, esto es, el nivel de agua y el nivel de aceite. Si se observa que el aceite no cumple con la calidad requerida para los ensayos, se debe de realizar el cambio de este, así como también el cambio del filtro de aceite. Cuidado en el encendido de la consola del dinamómetro de rodillos, esperar 25 minutos, para que el dinamómetro adquiera la temperatura de trabajo y las lecturas registradas sean lo más exactas posibles.

- Verificación de la correcta conexión de los termopares en el motor con la finalidad de que durante los ensayos no se presenten fallas como pueden ser desconexiones o mediciones incorrectas.

Una vez verificado lo anterior, se procede a encender el sistema de enfriamiento conforme al siguiente orden:

- Ventilador del dinamómetro.
- Alimentación al dinamómetro.
- Alimentación del banco de ensayos.

Encienda el motor de ensayos y detecte situaciones anormales tales como ruido y fugas de agua o gasolina y aplique acciones correctivas inmediatas. Si no existe ninguna situación anormal inicie el ensayo.

3.4.4.2. Procedimiento para la ejecución de los ensayos SAE J1349.

Una vez realizados los pasos descritos en el párrafo anterior, el motor debe alcanzar su temperatura de trabajo (de 70 a 90°C) durante 5 minutos aproximadamente y proceder a realizar el ensayo (SAE J1349, 2004).

- Una vez que se alcanza la temperatura de trabajo, el motor se revoluciona hasta el 1500 rpm sin aplicar carga, durante dos minutos aproximadamente o una vez que se estabilice el motor, se desacelera hasta la velocidad de ralentí. Se registra la velocidad mínima la cual debe estar entre 850 y 900 rpm.
- El motor se acelera nuevamente hasta 1500 rpm y se aplica carga al motor mediante el dinamómetro, se observa que el motor se frena, por lo que se tiene que acelerar para mantenerlo a 1500 rpm. Se continúa incrementando la carga hasta que el acelerador se encuentre a fondo (plena carga). Una vez alcanzada la plena carga se mantiene por dos minutos, o bien, hasta que el motor se estabilice. Se registra la lectura obtenida.
- Se registran las lecturas correspondientes en intervalos de 25 rpm de incremento en la velocidad, hasta alcanzar los 5000 rpm (la velocidad máxima recomendada por el fabricante del motor es de 5200 rpm). Una vez que se ha obtenido la última lectura, se descarga el dinamómetro y se desacelera el motor paulatinamente hasta llegar a tener el

dinamómetro totalmente descargado y el motor en la velocidad de ralentí

3.4.4.3. Calibración de la ECU MS3 en el banco de ensayo dinamométrico.

En el software TunerStudio se realizó varios ajustes como colocar el limitador de rpm, así se conoce el punto máximo de corte de inyección, seguidamente se realizó los ensayos de par motor y potencia en función de la cantidad de AFR ya que variara según el ensayo en dinamómetro y circuito urbano.

Como se observa en la Ilustración 3-25, el datalog empieza a mostrar datos desde los 2189 rpm hasta los 5140 rpm con una temperatura del MEP 91.7 °C y de 63.3 kPa de presión en el múltiple de admisión (MAP). El AFR máx. de corte de combustible es 13.7: 1, no es un valor favorable ya que debe mantenerse en mezclas ricas para una mejora en potencia, par motor y enfriamiento de la cámara de combustión.



Ilustración 3-25: Datos del datalog y del AFR.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

Se ha realizado 6 ensayos hasta llegar al valor de combustible optimo, donde se tiene un aumento de potencia y par motor en comparación al vehículo con la ECU de fábrica.

3.4.4.4. Calibración de la ECU MS3 en circuito urbano

Mediate el software TunerStudio se realizó la calibración de la ECU MS3 en circuito urbano, donde los parámetros de calibración del MEP varia con respecto a los ensayos en el dinamómetro. En la cual se realizó en tres etapas, empezando en ralentí, 300 rpm y 4950 donde existe un corte de combustible, para una mayor eficiencia se realizó entre 2 personal como se evidencia en la Ilustración 3-26.

- En la primera etapa se calibra desde el momento de encendido hasta ralentí, donde necesariamente debe existir mezclas ricas ya generalmente al momento de encender el vehículo se encuentra en frío.
- La segunda etapa desde ralentí hasta los 3000 rpm donde debe tener un mayor par motor en ello el avance de encendido se mantiene en los valores de (1.5 – 2) °C.
- la tercera etapa fue desde los 3000 rpm hasta los 4950 rpm comprobando que la lectura del AFR tienda a mezcla rica, puesto que la cámara de combustión debe ser refrigerada y se necesita mayor potencia, finalmente pasado los 4950 rpm cae la potencia ya que existe un corte de combustible.



Ilustración 3-26: Calibración de la ECU MS3 en circuito urbano

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

3.4.5. Obtención de datos mediante el analizador de gases.

Para los ensayos de gases contaminantes se realizó bajo la normativa vigente INEN NTE 2204 utilizando el analizador de gases Kane Autoplus 4-2 como se aprecia en la Ilustración 3-27, el analizador de gases contaminantes censa: Dióxido de carbono (CO₂), Monóxido de carbono (CO), Oxígeno (O₂), Hidrocarburos (HC) y Lambda.

Los ensayos de gases contaminantes se realizaron en los dos vehículos (ECU de fábrica) y (ECU MS3). Para el procedimiento de medición se realizó bajo la norma INEN NTE 2203, que consta en el Anexo C.



Ilustración 3-27: Datos obtenidos por el analizador de gases.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

la sonda del equipo Kane AutoPlus 4-2 debe mantenerse dentro y fijo al final del tubo de escape. Se toma tres muestras tanto en ralentí como a media carga con el vehículo ECU de fábrica y con el vehículo ECU MS3. La norma vigente NTE INEN 2204 abarca los gases contaminantes: Monóxido de carbono CO [%] e Hidrocarburos HC [ppm]. Para los gases dióxido de carbono CO₂ [%], oxígeno O₂ [%] y el valor Lambda λ se apegará al procedimiento de la norma NTE INEN 2203, ya que estos últimos gases no se especifican en la norma vigente NTE INEN 2204.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se presentan y discuten los principales resultados obtenidos de los ensayos de potencia, par motor y emisiones contaminantes, sobre el vehículo de pruebas con ECU de fábrica y con la nueva ECU MS3 en el banco dinamométrico de rodillos empleando además equipos de mediciones de gases contaminantes. Estos parámetros serán relacionados con las revoluciones del motor para poder graficar, comparar y evaluar a plena carga y ralentí.

4.1. Ensayos de par motor y potencia.

El par motor y la potencia son parámetros de salida en función de la variable de operación o rpm a plena carga del motor, mostradas como curvas características utilizando la ECU de fábrica y la ECU MS3 en el vehículo de prueba. Para realizar estas pruebas se empleará la norma SAE J1349, permitiendo estandarizar el proceso y comparar los resultados con investigaciones similares.

4.1.1. Par motor y potencia – ECU de fábrica.

En la Tabla 4-1, se presentan los valores de los ensayos de par motor y potencia, obtenidas en el banco dinamométrico en un vehículo Fiat Uno 1.3 L de aspiración natural y con la ECU de fábrica. Para la realización de estos ensayos se llevaron a cabo tres repeticiones consecutivas, obteniendo un total de 75 datos, recopilados dentro del intervalo de 1500 a 5250 rpm.

Tabla 4-1: Datos de los ensayos de par motor y potencia – ECU de fábrica.

rpm	Potencia [kW]			Par [Nm]			Promedio	
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Potencia [kW]	Par [Nm]
1500	10,83	11,15	11,11	29,58	27,29	25,97	11,03	27,61
1550	11,23	11,22	11,16	30,45	28,63	27,13	11,20	28,74
1600	11,49	11,29	11,30	31,57	29,78	28,03	11,36	29,79
1650	11,79	11,36	11,46	32,72	30,74	29,42	11,54	30,96
1700	12,06	11,69	11,87	33,74	31,32	31,06	11,87	32,04
1750	12,36	11,75	12,15	34,61	32,31	31,85	12,09	32,92
1800	12,60	11,80	12,34	35,60	33,67	33,47	12,25	34,24
1850	12,83	11,88	12,69	36,96	34,41	35,12	12,47	35,50
1900	13,26	11,96	13,07	37,97	35,99	36,18	12,76	36,72
1950	13,46	12,10	13,43	39,45	36,56	37,85	13,00	37,95
2000	13,73	12,41	13,54	40,58	37,09	38,94	13,23	38,87
2050	13,95	12,80	13,97	41,86	38,01	40,15	13,57	40,00
2100	14,32	13,06	14,02	43,36	39,02	41,97	13,80	41,45

2150	14,58	13,40	14,12	44,59	39,71	42,73	14,03	42,34
2200	14,90	13,87	14,17	46,05	40,96	44,54	14,31	43,85
2250	15,15	13,92	14,53	47,05	42,13	45,71	14,53	44,96
2300	15,57	14,17	14,56	48,28	43,39	46,54	14,77	46,07
2350	15,91	14,39	14,63	49,66	45,23	48,34	14,98	47,75
2400	16,23	14,64	14,68	51,02	46,40	50,02	15,18	49,15
2450	16,41	14,93	14,91	52,55	47,81	50,65	15,42	50,34
2500	16,74	15,12	15,02	53,55	49,30	51,60	15,63	51,48
2550	17,02	15,43	15,14	53,96	50,42	52,44	15,86	52,27
2600	17,29	15,62	15,33	53,59	51,55	52,72	16,08	52,62
2650	17,62	15,75	15,58	53,22	52,00	52,38	16,32	52,53
2700	17,89	16,00	15,80	53,22	51,74	52,36	16,56	52,44
2750	18,03	16,22	16,18	52,87	51,20	52,03	16,81	52,03
2800	18,08	16,42	16,63	52,15	51,01	51,69	17,04	51,62
2850	18,50	16,93	16,73	52,03	50,47	51,62	17,39	51,37
2900	18,84	17,24	17,03	51,96	50,12	51,38	17,70	51,15
2950	19,21	17,46	17,31	51,93	50,05	51,21	17,99	51,06
3000	19,63	17,83	17,67	51,64	49,46	51,10	18,38	50,73
3050	19,93	18,27	17,79	51,36	49,08	50,88	18,66	50,44
3100	19,94	18,62	18,23	51,17	48,50	50,78	18,93	50,15
3150	20,02	19,01	18,41	50,95	48,39	50,74	19,15	50,03
3200	20,05	19,08	18,52	50,49	48,37	50,24	19,22	49,70
3250	20,47	19,25	18,65	49,57	47,94	49,94	19,46	49,15
3300	20,62	19,53	18,80	49,40	47,38	49,84	19,65	48,87
3350	20,85	19,68	19,16	48,99	47,24	49,83	19,90	48,69
3400	20,97	19,92	19,59	48,96	47,22	49,67	20,16	48,62
3450	21,20	20,07	19,86	48,88	47,06	49,59	20,37	48,51
3500	21,50	20,15	20,12	48,86	46,78	49,51	20,59	48,38
3550	22,02	20,49	20,25	48,63	46,65	49,43	20,92	48,24
3600	22,14	20,71	20,41	48,43	46,34	49,33	21,09	48,04
3650	22,33	21,03	20,77	48,23	46,27	48,92	21,37	47,81
3700	22,35	21,34	20,79	48,05	46,19	48,67	21,49	47,64
3750	22,53	21,83	20,97	47,88	46,04	48,58	21,78	47,50
3800	22,76	22,10	21,07	47,84	45,75	48,52	21,98	47,37
3850	23,14	22,39	21,74	47,54	45,59	48,51	22,42	47,21
3900	23,22	22,64	21,89	47,41	45,43	48,20	22,58	47,01
3950	23,43	22,71	21,95	47,05	45,42	48,15	22,70	46,87
4000	23,46	22,83	22,16	46,94	45,09	47,26	22,82	46,43
4050	23,57	23,55	22,41	46,90	44,76	47,14	23,18	46,27
4100	23,67	23,72	22,49	46,48	44,42	47,07	23,29	45,99
4150	23,72	24,05	23,03	46,21	44,01	46,84	23,60	45,69
4200	23,77	24,25	23,50	45,95	43,81	46,68	23,84	45,48
4250	23,94	24,38	23,78	45,83	43,43	46,51	24,03	45,26
4300	24,12	24,57	23,95	45,67	43,04	46,40	24,22	45,03
4350	24,23	24,94	23,99	45,29	42,74	46,23	24,38	44,76
4400	24,68	25,04	24,15	45,08	42,56	46,04	24,62	44,56
4450	24,79	25,29	24,32	44,84	42,49	45,75	24,80	44,36
4500	25,09	25,72	24,94	44,72	42,43	45,63	25,25	44,26

4550	25,54	25,86	25,37	44,26	42,24	45,29	25,59	43,93
4600	25,62	26,05	25,79	43,98	42,10	44,70	25,82	43,59
4650	26,14	26,28	26,35	43,90	41,69	44,44	26,26	43,34
4700	26,26	26,42	26,49	43,83	41,35	44,34	26,39	43,17
4750	26,59	26,72	26,50	43,78	41,29	44,27	26,60	43,11
4800	26,86	26,79	26,55	43,41	40,98	44,21	26,73	42,87
4850	26,83	26,86	26,21	43,07	40,84	43,95	26,63	42,62
4900	26,81	26,80	26,09	42,95	40,12	43,46	26,56	42,18
4950	26,78	26,74	26,09	42,57	39,97	43,29	26,54	41,95
5000	26,47	26,63	26,01	42,41	39,81	43,24	26,37	41,82
5050	25,93	26,27	25,98	41,87	39,24	43,11	26,06	41,41
5100	25,39	26,03	25,84	41,82	39,11	42,99	25,76	41,31
5150	24,95	25,45	25,75	41,64	38,87	42,78	25,38	41,10
5200	24,47	24,70	25,67	41,17	38,31	42,47	24,95	40,65
5250	23,87	24,05	25,45	40,95	38,04	42,45	24,46	40,48

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

En la Ilustración 4-1, se representa la curva característica de par motor y potencia a plena carga en el caso ECU de fábrica. Estas curvas se obtuvieron del promedio de tres pruebas de potencia y par motor en función de las revoluciones del motor (rpm), mostradas en la Tabla 4-1.

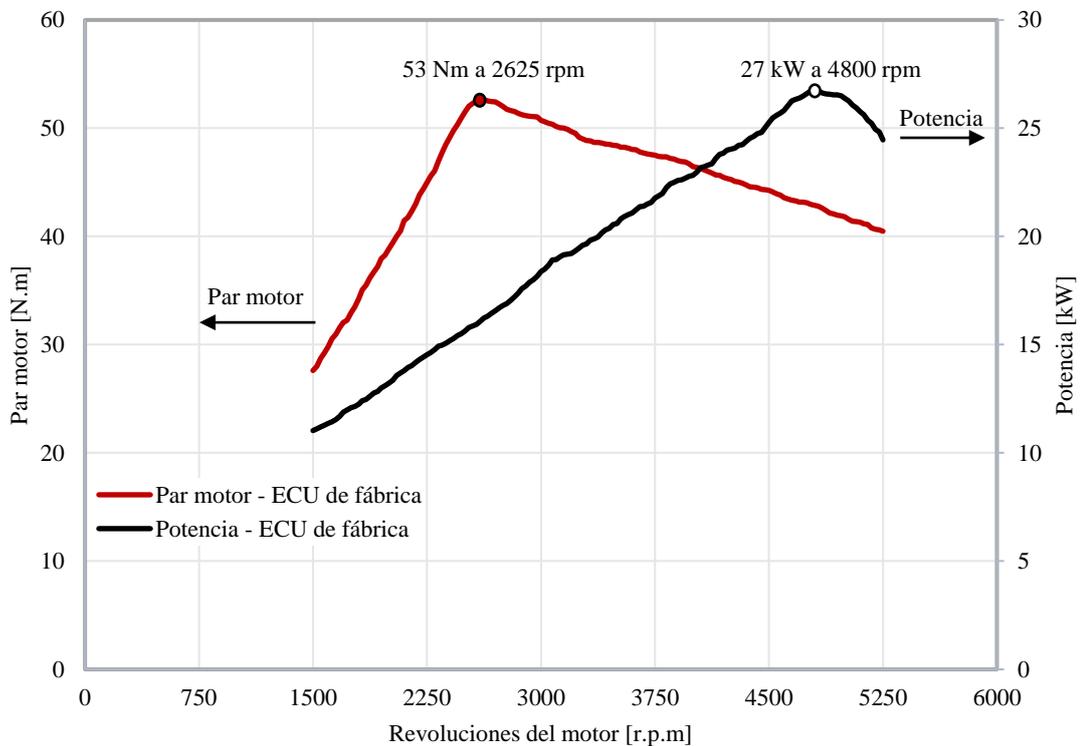


Ilustración 4-1: Curva característica de par motor y potencia: Caso ECU de fábrica.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

De la Ilustración 4-1, se resalta el par motor máximo siendo de 53 Nm a 2625 rpm y la potencia máxima de 27 kW a 4800 rpm con el motor a plena carga, estos valores serán comparados con los ensayos del vehículo de prueba implementado una ECU MS3.

4.1.2. Par motor y potencia – ECU MS3.

En la Tabla 4-2, se presenta los resultados de los ensayos de par motor y potencia obtenidas en el banco dinamométrico en el vehículo Fiat Uno 1.3 L de aspiración natural con la ECU MS3, Este ensayo se llevó a cabo en tres repeticiones consecutivas, obteniendo un total de 75 datos, recopilados en un intervalo de 1500 a 5250 rpm.

Tabla 4-2: Datos de los ensayos de par motor y potencia – ECU MS3.

rpm	Potencia [kW]			Par [Nm]			Promedio	
	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Potencia [kW]	Par [Nm]
1550	14,46	15,69	12,26	41,18	43,14	41,69	14,14	42,00
1600	14,88	16,22	12,74	42,39	44,04	42,87	14,61	43,10
1650	15,43	16,38	13,26	43,43	44,83	43,69	15,02	43,98
1700	15,68	16,50	13,61	44,56	45,9	44,87	15,26	45,11
1750	15,70	16,64	14,04	45,63	47,04	45,59	15,46	46,09
1800	15,95	17,23	14,18	46,95	47,66	46,25	15,79	46,95
1850	16,20	17,54	14,31	48,28	48,71	47,45	16,01	48,15
1900	16,52	17,80	14,46	49,52	50,1	49,72	16,26	49,78
1950	17,10	18,04	14,82	51,07	51,25	51,44	16,65	51,25
2000	17,34	18,18	15,32	52,20	52,38	52,72	16,94	52,44
2050	17,84	18,42	15,67	53,54	53,6	53,72	17,31	53,62
2100	18,14	18,96	16,20	54,59	54,34	55,03	17,77	54,65
2150	18,70	19,52	16,54	55,94	55,44	55,67	18,25	55,68
2200	19,32	20,41	17,34	56,92	56,27	56,72	19,02	56,64
2250	19,55	21,03	17,60	57,88	57,17	57,37	19,40	57,47
2300	19,91	21,59	18,27	58,63	58,05	58,55	19,93	58,41
2350	20,02	22,00	18,92	59,58	58,96	59,42	20,31	59,32
2400	20,44	22,34	18,96	60,14	59,82	60,74	20,58	60,23
2450	20,76	22,58	19,53	61,22	60,82	61,39	20,96	61,14
2500	21,13	22,93	19,70	62,15	61,45	62,83	21,25	62,15
2550	21,25	23,40	19,90	62,92	62,42	63,80	21,52	63,04
2600	21,58	23,87	21,33	63,66	63,31	64,07	22,26	63,68
2650	21,76	24,15	21,91	63,98	63,83	64,27	22,61	64,03
2700	21,82	24,64	22,18	64,34	64,36	64,65	22,88	64,45
2750	21,90	25,19	22,64	64,85	64,88	64,83	23,24	64,85
2800	22,18	25,62	22,84	65,34	65,4	65,01	23,55	65,25
2850	22,95	25,72	23,13	65,58	65,68	65,21	23,93	65,49
2900	23,13	26,27	23,37	65,63	65,92	65,36	24,26	65,63
2950	23,89	26,45	23,62	65,85	66,16	65,46	24,65	65,82
3000	24,25	26,83	24,13	66,42	66,28	66,16	25,07	66,29

3050	24,63	27,02	24,38	66,12	66,24	66,13	25,34	66,16
3100	24,81	27,31	24,60	66,04	65,94	65,81	25,57	65,93
3150	25,01	27,71	25,62	65,40	65,58	65,35	26,11	65,44
3200	25,51	27,97	25,71	65,35	65,22	65,22	26,40	65,26
3250	25,61	28,15	27,07	65,21	64,85	65,00	26,94	65,02
3300	25,72	28,57	27,76	64,48	64,52	64,94	27,35	64,64
3350	25,98	29,69	27,90	64,22	64,34	64,52	27,86	64,36
3400	26,17	30,38	28,15	63,90	64,27	64,18	28,23	64,12
3450	26,18	30,61	28,53	63,83	64,03	63,77	28,44	63,88
3500	26,42	30,68	28,59	63,43	63,21	63,23	28,56	63,29
3550	27,08	30,81	28,99	62,89	62,42	62,29	28,96	62,54
3600	27,15	31,10	29,20	62,29	61,79	61,23	29,15	61,77
3650	27,48	31,54	29,65	62,00	61,09	60,82	29,56	61,30
3700	27,88	31,80	29,88	61,86	60,5	60,02	29,85	60,79
3750	28,19	32,05	30,22	61,72	59,64	59,14	30,15	60,17
3800	28,42	32,22	30,81	61,32	58,74	58,34	30,48	59,47
3850	29,04	32,34	31,49	61,03	58,11	57,95	30,96	59,03
3900	29,48	32,42	31,68	60,24	57,28	57,35	31,19	58,29
3950	29,87	32,57	31,97	59,77	56,96	57,16	31,47	57,96
4000	30,72	32,63	32,19	59,13	56,63	56,83	31,85	57,53
4050	30,99	33,12	32,96	58,44	56,42	56,23	32,36	57,03
4100	31,71	33,44	33,08	57,91	55,79	55,93	32,75	56,54
4150	32,26	33,60	33,37	57,67	55,55	55,62	33,08	56,28
4200	32,31	33,76	33,92	57,42	54,89	55,12	33,33	55,81
4250	32,80	34,12	34,26	57,18	54,64	54,80	33,73	55,54
4300	34,55	34,35	34,44	56,89	54,5	54,20	34,44	55,20
4350	34,72	34,56	34,62	56,53	54,1	52,94	34,64	54,52
4400	35,05	35,37	35,01	55,79	53,49	52,35	35,14	53,88
4450	35,23	35,50	35,73	55,06	52,76	51,83	35,49	53,22
4500	35,31	35,68	36,11	54,28	52,63	51,69	35,70	52,87
4550	35,74	35,94	36,69	53,72	52,46	51,24	36,13	52,47
4600	36,05	36,44	37,83	53,13	51,52	50,50	36,77	51,71
4650	36,34	36,93	38,10	52,83	50,72	49,33	37,12	50,96
4700	37,13	37,83	38,43	52,40	49,86	49,17	37,79	50,47
4750	37,41	38,57	38,71	51,60	49,74	48,71	38,23	50,02
4800	37,63	38,79	39,15	50,75	48,96	48,46	38,52	49,39
4850	37,66	39,23	39,47	49,55	48,93	47,83	38,79	48,77
4900	37,99	39,77	39,55	48,84	47,92	47,23	39,10	47,99
4950	38,46	40,08	40,13	47,54	47,42	47,03	39,56	47,33
5000	37,93	39,53	39,91	46,69	47,06	46,45	39,12	46,73
5050	37,13	39,08	39,49	46,28	46,73	45,95	38,57	46,32
5100	36,47	38,19	38,43	45,25	46,24	45,40	37,70	45,63
5150	35,65	37,46	36,56	44,38	45,79	44,63	36,56	44,93
5200	35,04	36,80	35,14	43,85	45,66	44,42	35,66	44,64
5250	34,40	35,91	33,75	43,75	44,83	43,64	34,69	44,08

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

En la Ilustración 4-2, muestra la curva característica de par motor y potencia a plena carga en el caso ECU MS3. Estas curvas características de par motor y potencia se derivaron del promedio de tres pruebas de potencia y par motor (ver Anexo A) en relación con las revoluciones del motor (rpm), como se muestra en la Tabla 4-2.

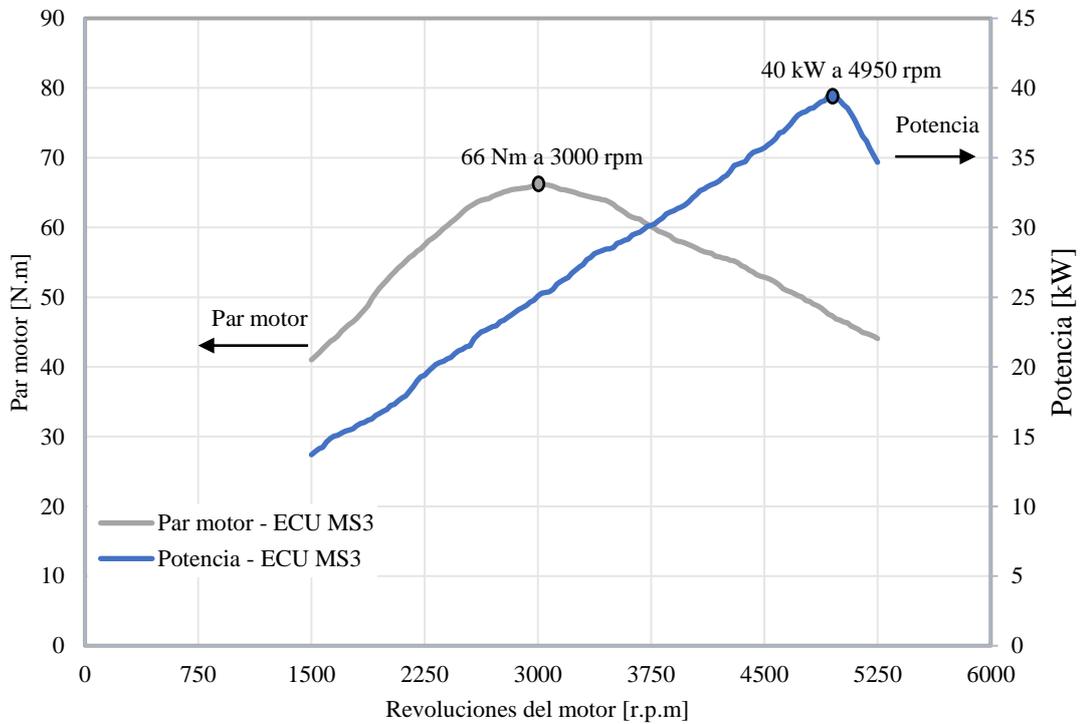


Ilustración 4-2: Curva característica de par motor y potencia: Caso ECU MS3.

Realizado por: Pomaquero, A, 2024

En la Ilustración 4-2, se resalta el par motor máximo de 66 Nm a 3000 rpm y la potencia máxima de 40 kW a 4950 rpm del vehículo de pruebas implementado una ECU MS3; en contraste con la Ilustración 4-1. A continuación, se muestra una Ilustración 4-3, comparativa de los datos de par motor obtenidos en los ensayos.

La Ilustración 4-3, muestra un incremento de par motor en un 22.72% con la implementación de la ECU MS3, logrando un par motor máximo de 66 Nm a 3000 rpm, estos datos están tomados en un mismo punto de interés (3000 rpm).

Este incremento del par motor se ve mejorado debido a la configuración de los parámetros de avance al salto de chispa y tiempo de inyección de combustible como se muestra en la Ilustración 4-4 y 4-5, a continuación.

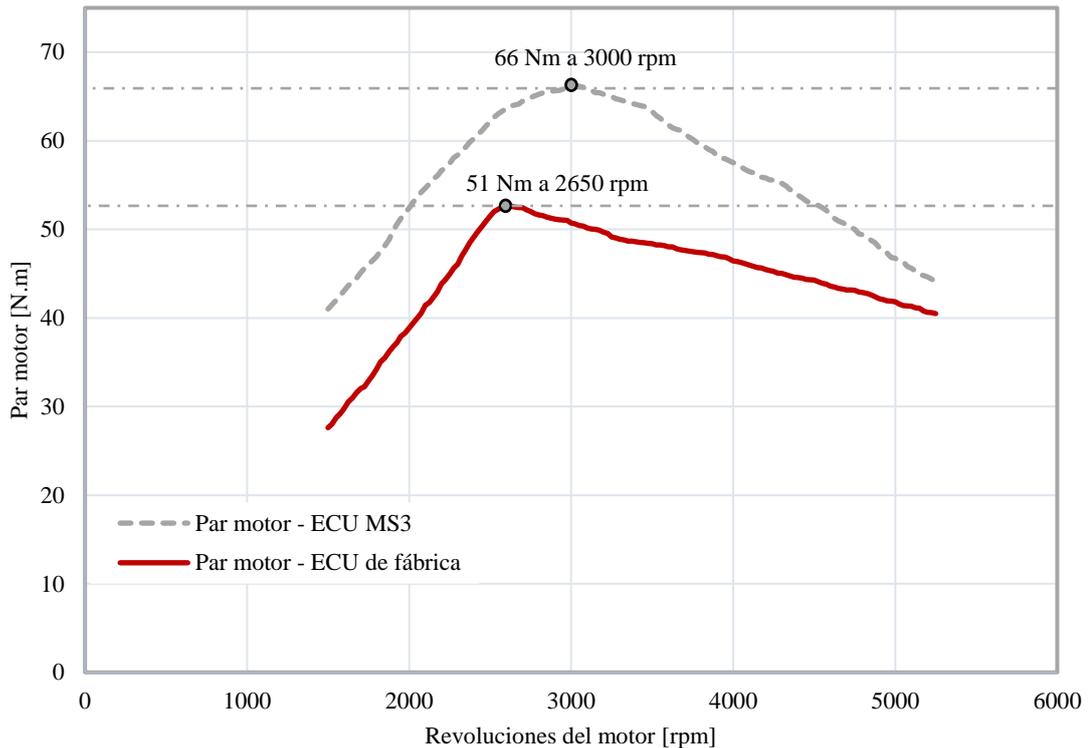


Ilustración 4-3: Variación de par motor en función de las revoluciones del motor.

Realizado por: Pomaquero, A, 2024

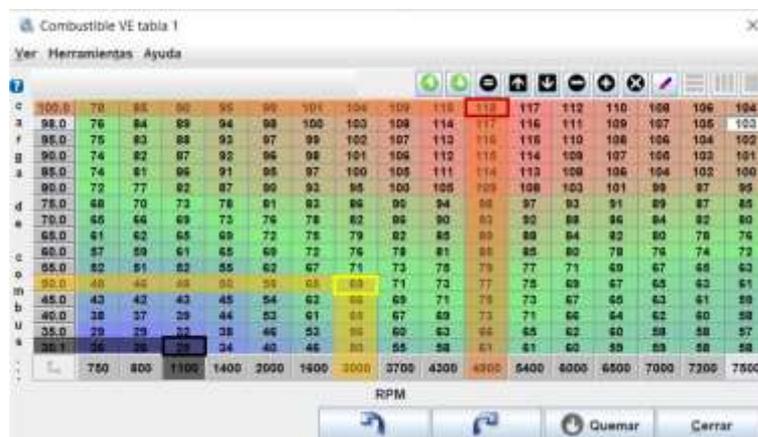


Ilustración 4-4: Cartograma tiempo de inyección de combustible

Realizado por: Pomaquero, A, 2024

Para alcanzar el máximo par en el caso ECU MS3, las revoluciones del motor deben aproximarse a las 3000 rpm con el pedal del acelerador cercano a 50%. La ECU MS3, mediante la modulación por ancho de pulsos (por sus siglas en inglés PWM), se controla el tiempo de inyección de combustible durante 69 ms a 3000 rpm. La presión de aire en el múltiple de admisión bordea los 50 kPa, la calibración de la ECU MS3, realiza un ajuste al avance al salto de chispa de 36.5° antes que el pistón llegue al punto muerto superior.



Ilustración 4-5: Cartograma avance al salto de chispa.

Realizado por: Pomaquero, A, 2024

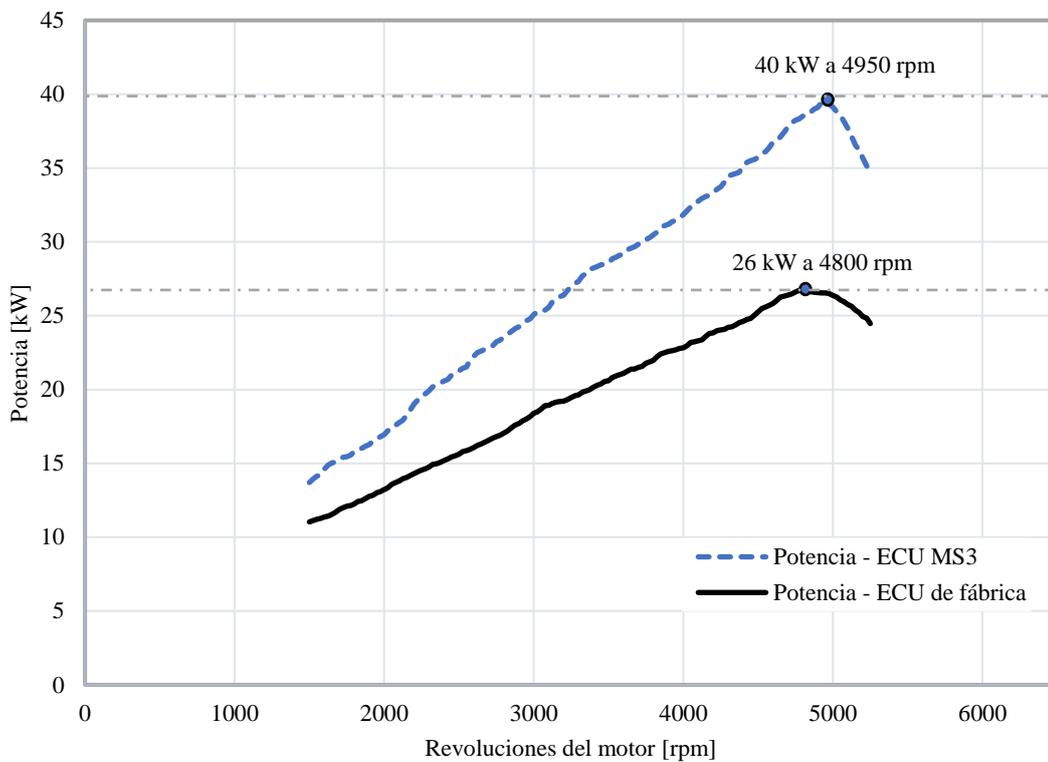


Ilustración 4-6: Variación de potencia en función de las revoluciones del motor.

Realizado por: Pomaquero, A, 2024

La Ilustración 4-6, muestra un incremento de potencia en 35% con respecto a la ECU de fábrica, logrando una potencia máxima de 40 kW a 4950 rpm, estos datos están tomados en un mismo punto de interés (3000 rpm).

Este incremento se debe a las configuraciones realizadas a la ECU MS3, específicamente al avance de salto de chispa y tiempo de inyección de combustible.

4.2. Emisiones contaminantes.

El objetivo de esta prueba es medir los valores de las mediciones de emisiones contaminantes emitidas por el tubo de escape del vehículo Fiat Uno Fire 1.3 L con la ECU de fábrica y la ECU MS3.

Las muestras se obtienen de los gases de: CO₂, CO y HC, durante la prueba estática en ralentí y a carga parcial del motor y se compararan con la norma NTE INEN 2204.

En la Tabla 4-3, se observa los valores de las pruebas realizadas con el analizador de gases Kane Autoplus 4-2 con la ECU de fábrica en ralentí y carga parcial. Esta prueba se realizó en la ciudad de Riobamba utilizando gasolina de 93 octanos a una altura aproximada de 2754 msnm y una temperatura ambiente de 15 °C.

Tabla 4-3: Muestras de CO₂, CO, HC y Lambda con ECU de fábrica.

Ralentí ^a - ECU de fábrica					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Desviación estándar
CO ₂	13,50	14,3	14,4	14,07	0,49
CO	0,15	0,13	0,15	0,14	0,01
HC	101	104	105	103,33	2,08
Lambda	0,99	0,98	0,991	0,99	0,01
Carga parcial ^b - ECU de fábrica					
Parámetros	Medición 4	Medición 5	Medición 6	Promedio	Desviación estándar
CO ₂	20,1	20,05	22,3	20,82	1,28
CO	0,18	0,17	0,2	0,18	0,02
HC	121	123	134	126,00	7,00
Lambda	1,05	0,96	1,04	1,02	0,05

^a Revoluciones del motor = 980

^b Revoluciones del motor = 2500

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

Los resultados de las mediciones de los gases contaminantes muestran homogeneidad ya que la desviación estándar presentada indica poca dispersión de los datos. En la Tabla 4-4, se observa los valores de las pruebas realizadas con el analizador de gases Kane Autoplus 4-2 con la ECU MS3 en ralentí y a carga parcial.

Esta prueba se realizó en la ciudad de Riobamba utilizando gasolina de 93 octanos a una altura aproximada de 2754 msnm y una temperatura ambiente de 15 °C.

Tabla 4-4: Muestras de CO₂, CO, HC y Lambda con ECU MS3.

Ralentí ^c - ECU MS3					
Parámetros	Medición 7	Medición 8	Medición 9	Promedio	Desviación estándar
CO ₂	17,01	16,5	15,1	16,20	0,99
CO	0,19	0,18	0,22	0,20	0,02
HC	129	125	122	125,33	3,51
Lambda	0,93	0,99	0,92	0,95	0,04
Carga parcial ^b - ECU MS3					
Parámetros	Medición 10	Medición 11	Medición 12	Promedio	Desviación estándar
CO ₂	23,05	21,6	22,7	22,45	0,76
CO	0,28	0,32	0,26	0,29	0,03
HC	136	132	132	133,33	2,31
Lambda	0,89	0,94	0,91	0,91	0,03

^c Revoluciones del motor = 1100

^b Revoluciones del motor = 2500

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

4.2.1. Comparativa de las emisiones de CO₂, CO y HC con ECU de fábrica y ECU MS3.

La Ilustración 4-7, muestra las mediciones de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en ralentí con la ECU de fábrica siendo de 14,07 ppm y con la ECU MS3 de 16,20 ppm, observando un incremento del 13.14% de CO₂ con respecto a la ECU de fábrica. Los valores de la medición a carga parcial con la ECU MS3 es de 20.82 ppm y con la ECU fábrica de hasta 22.45 ppm, presentando un incremento de 7.26% de CO₂ con respecto a la ECU de fábrica.

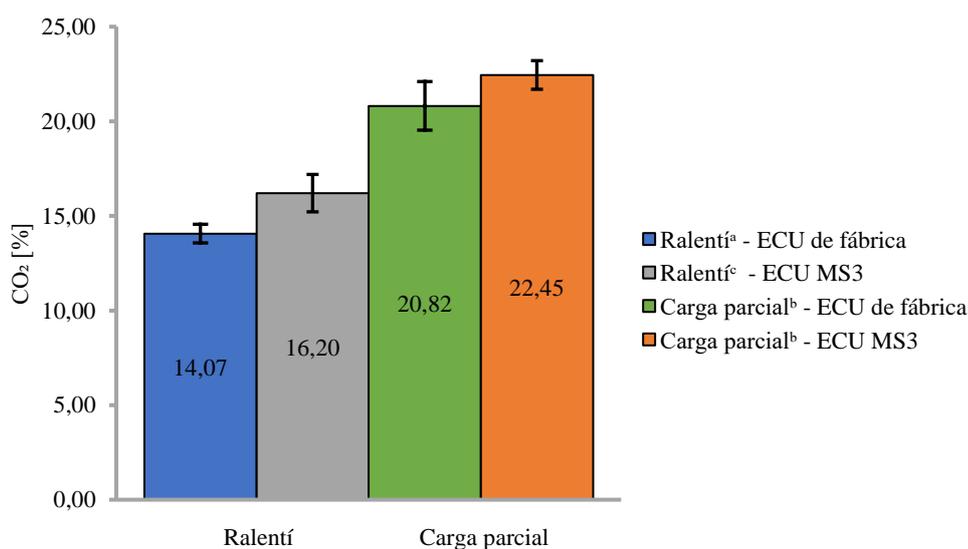


Ilustración 4-7: Resultados del dióxido de carbono con la ECU de fábrica y ECU MS3.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

La Ilustración 4-8, muestra las mediciones de la concentración de dióxido de carbono (CO) en ralentí con la ECU de fábrica siendo de 0,14 ppm y con la ECU MS3 de 0,20 ppm, presentando un incremento de 30% de CO con respecto a la ECU de fábrica. Los valores de la medición a carga parcial con la ECU MS3 es de 0,22 ppm y con la ECU fábrica de 0,29 ppm, presentando un incremento de 24.13% con respecto a la ECU de fábrica. Los valores obtenidos en los dos casos en modo ralentí y a carga parcial se encuentran dentro del valor permitido por la norma ecuatoriana NTE INEN 2204.

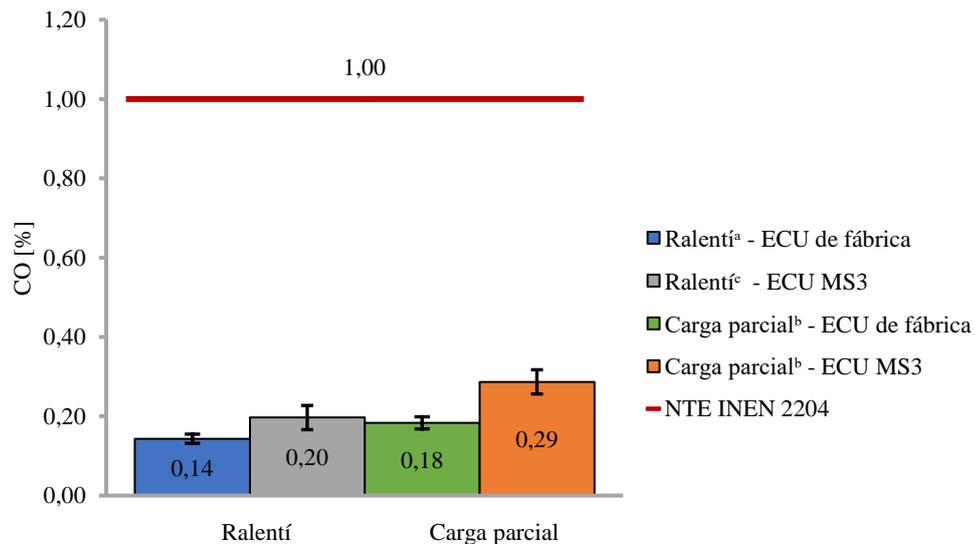


Ilustración 4-8: Resultados del monóxido de carbono con ECU de fábrica y ECU MS3.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

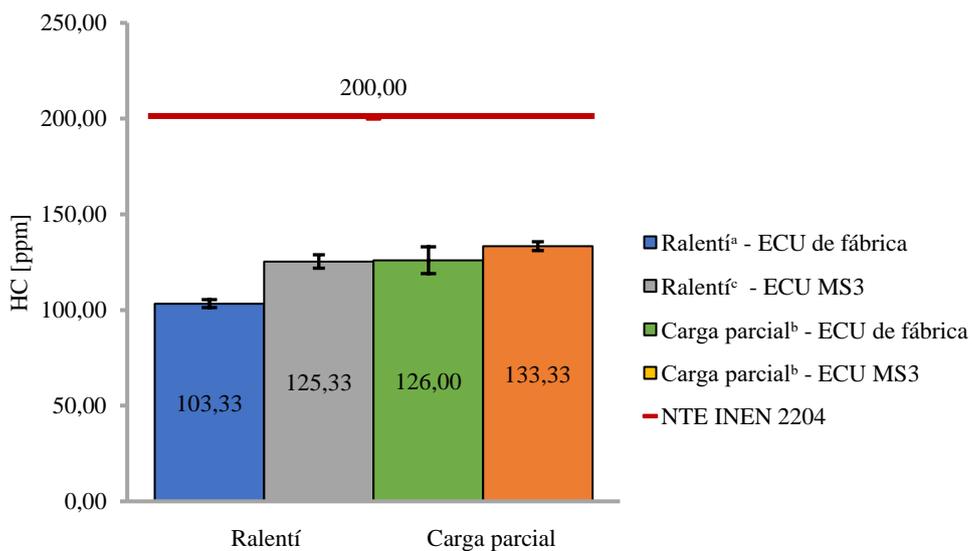


Ilustración 4-9: Resultados de los hidrocarburos con ECU de fábrica y ECU MS3.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

La Ilustración 4-9, muestra las mediciones de la concentración de hidrocarburos (HC) en ralentí con la ECU de fábrica siendo de 103.33 ppm y con la ECU MS3 de 125,33 ppm, presentando un incremento de 17,55% de HC con respecto a la ECU de fábrica. Los valores de la medición a carga parcial con la ECU MS3 es de 126 ppm y con la ECU fábrica de 133,33 ppm, presentando un incremento de 5.49 % con respecto a la ECU de fábrica, Los valores obtenidos en los dos casos en modo ralentí y a carga parcial se encuentran por debajo de las 200 ppm del valor permitido por la norma ecuatoriana NTE INEN 2204.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se implementó una ECU MS3 en un vehículo Fiat uno Fire del año 2012, para comparar los parámetros de par motor, potencia y emisiones contaminantes empleando un banco dinamométrico Dynocom DC500-FX, analizador de gases Kane Autoplus 4-2 y la norma NTE INEN 2204, con la finalidad de mejorar la respuesta del motor descartando los posibles aumentos de las emisiones contaminantes y consumo de combustible.

Con la modificación de los parámetros la ECU MS3 implementada en el vehículo de prueba sobre el banco de rodillos se logró incrementar el par motor en 22.72% (de 51 Nm a 66 Nm) y la potencia en 35% (de 26 kW a 40 kW) con respecto a la ECU de fábrica.

Según el ensayo estandarizado de emisiones contaminantes de CO₂ en ralentí y carga parcial se obtuvo un incremento del 13.14 % en ralentí y 7.26% en carga parcial con respecto a la ECU de fábrica.

Según el ensayo de emisiones contaminantes de CO en ralentí y carga parcial aplicando la norma NTE INEN 2204 se obtuvo un incremento del 30% en ralentí y 24.13% en carga parcial con respecto a la ECU de fábrica.

Según el ensayo de emisiones contaminantes de HC en ralentí y carga parcial aplicando la norma NTE INEN 2204 se obtuvo un incremento del 17.55% en ralentí y 5,49% en carga parcial con respecto a la ECU de fábrica.

5.2. Recomendaciones

- Realizar pruebas previas sobre el bando de rodillo del vehículo con la ECU de fábrica para conocer el estado actual de todos los sistemas automotrices que lo constituyen.
- Realizar un mantenimiento preventivo y correctivo del vehículo de pruebas para descartar posibles fallos en los sistemas automotrices.
- Para el proceso de calibración de la ECU MS3 se realizó en base al libro “Automotive engine management systems de Jeff Hartman” y del libro “Engine management advanced tuning de Greg Banish”, debido a que se realizó varios ensayos del motor en el dinamómetro de acuerdo con diferentes combinaciones de parámetros de control del motor.
- Si se quiere comparar motores de distinto tamaño o alimentados por distintos combustibles, se debe recurrir a la correspondiente normalización para cada uno de estos parámetros de salida (par motor y potencia), proporcionando la presión media efectiva y la potencia por unidad de superficie de émbolo. Además, se debe normalizar la variable de operación (revoluciones del motor).
- El avance al salto de chispa está relacionado con el autoencendido, su valor óptimo se determina experimentalmente buscando el máximo par motor, ya que este valor se halla muy cerca del límite de autoencendido, este parámetro requiere el empleo de instrumentación específica para detectar el autoencendido durante la operación del motor.
- Antes de la implementación de la ECU MS3 se recomienda que la red eléctrica y piezas mecánicas del MEP se encuentren en óptimas condiciones, seguidamente de comprobar la compatibilidad entre sensores y actuadores, estas deben tener un previo mantenimiento antes del montaje, así como un previo análisis (caída de tensión) de integridad de la red de cable, esta debe ser igual a 0.01 voltio.
- Se sugiere que en futuros trabajos se busque obtener un mayor rendimiento del motor utilizando la misma cantidad de combustible con la ECU de fábrica. Esto es importante porque al aumentar el tiempo de inyección con la ECU MS3, también se incrementan las emisiones contaminantes, lo cual es perjudicial para el medio ambiente.

GLOSARIO

MEP	Motor de encendido provocado.
ECU	Unidad de control electrónico (Unit Control Module)
ECU MS3	Unidad de control electrónico de Megasquirt
TunerStudio	Software para la calibración de la ECU MS3
TPS	Sensor de posición de acelerador (Throttle Position Sensor).
MAP	Sensor de presión absoluta del múltiple (Maifold Absolute Pressure).
MAF	Sensor de flujo de masa de aire (Mass Air Flow).
CKP	Sensor de posición del cigüeñal (Crankshaft Position Sensor).
CPM	Sensor de posición del árbol de levas (Camshaft Position Sensor).
IAT	Sensor de temperatura del aire de admisión (Intake Air Temperature).
ECT	Sensor de temperatura del refrigerante (Engine Coolant Temperature).
Knock sensor	Sensor de detonación.
DIS bobina	Sistema de encendido directo (Direct Ignition System).
EGR	Recirculación de Gases de Escape (Exhaust Gas Recirculation).
IAC	Válvula para el control de aire en ralentí (Idle Air Control).
SAE J1349	Norma americana para ensayos de par motor y potencia
ISO 1585	Norma española para ensayos de par motor y potencia
DIN 70020	Norma europea para ensayos de par motor y potencia
NTE INEN 2204	Norma ecuatoriana para emisiones de contaminantes
NTE INEN 935	Norma ecuatoriana que establece los requisitos de las gasolinas
CO₂	Dióxido de carbono
CO	Monóxido de carbono
HC	Hidrocarburos quemados
NO_x	Óxidos de nitrógeno

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALKIDAS, Alex.** “Combustion advancements in gasoline engines”. *Energy Conversion and Management* [en línea], 2007, (Estados Unidos), vol. 48, págs. 1-10. [Consulta: 21 febrero 2024]. ISSN 01968904. Disponible en: <https://sci-hub.wf/10.1016/j.enconman.2007.07.027>
2. **ALTAMIRANO GAMBOA, Bryan Javier & GUEVARA DÍAZ, Anthony Rodrigo.** Análisis comparativo de las emisiones de gases contaminantes entre un sistema de inyección mono punto y un sistema de inyección multipunto indirecta utilizando una ECU programable en un vehículo Suzuki Vitara JX. [En línea]. (trabajo de titulación) (ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2022. págs. 20-53. [Consulta: 2023-07-23]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/18858/1/65T00484.pdf>
3. **ARANDA, Diego.** *Electrónica del automóvil* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: Editorial Fox Andina, 2012, [Consulta: 19 julio 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/28912278/ELECTRONICA_DEL_AUTOMOVIL
4. **ARÍZAGA, Martín E.** “Determinación de torque, potencia y capacidad de aceleración en un vehículo con filtro de aire original usado, nuevo y un filtro de aire K & N de mayor flujo”. *Repositotio intitucional universidad de azuay* [en línea], 2023, (Ecuador), págs 7-8. [Consulta: 16 febrero 2024]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12792/1/18324.pdf>
5. **ARROYO TERÁN, Edwin Salomón; et al.** “Estudio del efecto de la altitud sobre las emisiones degases de escape de motoresde combustión interna conencendido provocado”. *SCIELO* [en línea], 2021, (Ecuador), vol. 38, págs. 154-155. [Consulta: 09 diciembre 2023]. ISSN 01223461. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v38n1/2145-9371-inde-38-01-148.pdf>
6. **CARGUA COLCHA, Fabián Alejandro & CASTELO VALDIVIESO, Juan Carlos.** Determinación de la variación de par motor, potencia y perdidas mecánicas en un motor de encendido provocado (MEP) en función de la presión atmosférica y temperatura

ambiente a través del método de aceleración libre. [En línea]. (trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. 2017. págs. 47-102. [Consulta: 2023-12-11]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17118>

7. **DEGOLIER, Jack; et al.** “Formula SAE : Final Design Report”. *Digital Commons Trinity University* [en línea], 2021, (Estados Unidos), págs. 14-15. [Consulta: 02 enero 2024]. Disponible en: https://digitalcommons.trinity.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1044&context=engine_designreports
8. **DENTON, Tom.** *Automobile electrical and electronic systems* [en línea]. Quinta edición. New York-Estados Unidos: Routledge, 2017. [Consulta: 10 enero 2024]. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781315856629/automobile-electrical-electronic-systems-tom-denton>
9. **ECKERT, Javorski Jony; et al.** “Experimental Evaluation of Rotational Inertia and Tire Rolling Resistance for a Twin Roller Chassis Dynamometer” . *SAE Technical Papers* [en línea], 2017, (Brasil), vol.36, págs. 2-4. [Consulta: 02 diciembre 2023]. ISSN 01487191. Disponible en: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2017-36-0212/preview/>
10. **ECKERT, Javorski Jony; et al.** “Gear shifting multi-objective optimization to improve vehicle performance, fuel consumption, and engine emissions”. *Mechanics Based Design of Structures and Machines* [en línea], 2018, (Brasil), vol. 46, págs 238-253. [Consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 15397742. Disponible en: <https://sci-hub.wf/10.1080/15397734.2017.1330156>
11. **ERAZO LAVERDE, Germán; et al.** “Internal combustion engine performance of 125 cubic centimeters single-cylindrical two-time when implementing a programmable computerized fuel electronic injection system for karting competition”. *Material Science & Engineering International Journal* [en línea], 2021, (Ecuador), vol. 5, págs. 1-4, [consulta: 22 agosto 2023]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/27261/1/Article-%20Internal%20combustion%20engine%20performance%20of%20125.pdf>

12. **FIGLIOLA, Richard S. & BEASLEY, Donald E.** *Theory and design for mechanical measurements* [en línea]. Clemson-Estados Unidos: John Wiley & Sons. 2011. [Consulta: 02 febrero 2023]. Disponible en: https://www.awa2el.net/sites/default/files/mech.measurm.6th.eng_.abdullahkilianigma.il.com_.pdf
13. **FLÓREZ ÁLVAREZ, Jesús Andrés.** *Motores alternativos de combustión interna* [en línea]. Cataluña-España: Edicions UPC, 2005. [Consulta: 28 junio 2023]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=RLDuW6HWXA0C&oi=fnd&pg=IA1&dq=motores+alternativos+de+combusti%C3%B3n+interna&ots=-3IfMTQpdK&sig=irRcY0I68aE_pAIVA_m9RtSuG7E#v=onepage&q=motores%20alternativos%20de%20combusti%C3%B3n%20interna&f=false
14. **GUACHO GUADO, Said Edmundo & OJEDA LOJA, Fausto Orlando.** Análisis del efecto de la implementación de itbs sobre las curvas de torque y potencia obtenidas por un dinamometro de rodillos en un vehiculo chevrolet corsa wind equipado con una computadora programable. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. págs. 23-83. [Consulta: 24-01-12]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/16053/1/65T00428.pdf>
15. **ISERMANN, Rolf.** *Automotive control: modeling and control of vehicles* [en línea]. Berlín-Alemania: Editorial Springer, 2022. [Consulta: 21 agosto 2023]. Disponible en: <https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-7967341-d26e593553.pdf>
16. **ISERMANN, Rolf.** *Combustion engine diagnosis* [en línea]. Berlín-Alemania: Editorial Springer, 2017. [Consulta: 29 agosto 2023]. Disponible en: <https://download.e-bookshelf.de/download/0003/9308/95/L-G-0003930895-0013321175.pdf>
17. **LAIRENLAKPAM, Robindro; et al.** “Experimental Investigation of Electric Vehicle Performance and Energy Consumption on Chassis Dynamometer Using Drive Cycle Analysis”. *SAE International Journal of Sustainable Transportation, Energy, Environment, & Policy* [en línea], 2019, (India), vol.1, págs. 3-4. [Consulta: 07 diciembre 2023]. Número ISSN 2640-6438. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Robindro-Lairenlakpam/publication/338294486_Experimental_Investigation_of_Electric_Vehicle

[_Performance_and_Energy_Consumption_on_Chassis_Dynamometer_Using_Drive_Cycle_Analysis/links/60c3044a299bf1949f499d5b/Experimental-Investigation-of-Electric-Vehicle-Performance-and-Energy-Consumption-on-Chassis-Dynamometer-Using-Drive-Cycle-Analysis.pdf](#)

18. **LÓPEZ TERÁN, Jorge Luis.** Evaluación del consumo de combustible de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano De Quito. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2013. págs. 20-25. [Consulta: 2024-01-02]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8064/4/CD-5190.pdf>
19. **MEGASQUIRT, TUNER STUDIO** *TunerStudio MS New User Guide* [blog]. Tennessee: EFI Analytics, 2016. [Consulta: 10 febrero 2024]. Disponible en: <http://tunerstudio.com/index.php/support/manuals/53-using-tunerstudio-dashboard-designer>
20. **MENESES PASTAZ, Pedro Fernando.** Determinación de la variación de par motor y potencia de un motor gbb dohc en comparación con una versión sohc. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. págs. 74-75. [Consulta: 2024-02-01]. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9233/1/04%20MAUT%20090%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
21. *Controlar la contaminación ambiental contribuye a mejorar la calidad de vida de la población* [blog]. Quito: (MAE), 2017. [Consulta: 29 de febrero 2024]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/controlar-la-contaminacion-ambiental-contribuye-a-mejorar-la-calidad-de-vida-de-la-poblacion/>
22. **MONTERO MEJÍA, Carlos Adrián & PAGUAY GUAMÁN, Fredy Benjamín.** Estudio e implementación de un sistema de inyección electrónica programable para el aumento del rendimiento y disminución de gases de escape contaminantes en un vehículo Suzuki Forsa GA. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2021. págs. 5-10. [Consulta: 2023-12-12]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21080/1/UPS-CT009265.pdf>

23. **MORALES, Mercedes Yolanda & GUZMÁN, Andrés Hernández.** “Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible”. *Sanfandilla* [en línea], 2014, (México), vol. 417. págs 14-70. [Consulta: 18 diciembre 2023]. ISSN 0188-7297. Disponible en: <http://www.org.gob.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
24. **MORENO, Eric Estivéz.** Estudio de reprogramación para un aumento de potencia en golf V 1.4 TSI de 122 CV. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona-España. 2021. págs. 29-30. [Consulta: 2023-06-07]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/357178/Memoria%20y%20anexos_TFG_Eric_Est%c3%a9vez_Moreno.pdf?sequence=1&isAllowed=y
25. **NTE INEN 2203.** *Gestión ambiental, aire, vehículos automotores, determinación de la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o “ralentí”. Prueba estática. Instituto Ecuatoriano de Normalización.*
26. **NTE INEN 2204.** *Gestión ambiental, aire, vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina. Instituto Ecuatoriano de Normalización*
27. **ORTMANN, Rainer.** *Técnica de los gases de escape para motores de gasolina* [en línea]. Plochingen-Alemania: Reverte, 2005. [Consulta: 06 febrero 2024]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zYyWO0IXQOAC&oi=fnd&pg=PA4&dq=par+motor+y+potencia+de+un+motor+a+gasolina&ots=kyJmNJViKU&sig=W5CsSG3HeuJBBu4kGN4stH7x_n0#v=onepage&q=par%20motor%20y%20potencia%20de%20un%20motor%20a%20gasolina&f=false
28. **PACEJKA, Hans.** *Tire and vehicle dynamics* [en línea]. Segunda edición. Oxford-Reino Unido: Elsevier, 2006. [Consulta: 29 enero 2024]. Disponible en: https://ftp.idu.ac.id/wp%20content/uploads/ebook/tdg/TERRAMECHANICS%20AND%20MOBILITY/epdf.pub_tyre-and-vehicle-dynamics-second-edition.pdf
29. **PAYRI GONZÁLEZ, Francisco & DESANTES FERNÁNDEZ, José.** *Motores de*

combustión interna alternativos [en línea]. Valencia-España: Editorial Universidad politécnica de Valencia, 2011. [Consulta: 10 agosto 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70998/IPP-Payri%3BDesantes%20-%20MOTORES%20DE%20COMBUSTI%C3%93N%20INTERNA%20ALTERNATIVOS.pdf?sequence=2>

30. **PULKRABEK, Willard W.** *Engineering fundamentals of the internal combustion engine* [en línea]. Wisconsin-Estados Unidos: Prentice hall, 2004. [Consulta: 04 mayo 2023]. Disponible en: <https://2k9meduettaxila.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/09/engineering-fundamentals-of-the-internal-combustion-engine-2k9meduettaxila-wordpress-com.pdf>
31. **REIF, Konrad.** *Gasoline engine management* [en línea]. Friedrichshafen-Alemania: Springer, 2015. [Consulta: 10 enero 2024]. Disponible en: https://cargeek.live/docs/Gasoline_Engine_Management_Systems_and_Components.pdf
32. **ROCHA HOYOS; et al.** “Estudio de un Motor a Gasolina en Condiciones de Altura con Mezclas de Aditivo Orgánico en el Combustible”. *SCIELO* [en línea], 2018, (Ecuador), vol. 29, págs. 329-330. [Consulta: 09 diciembre 2023]. ISSN 0718-0764. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v29n5/0718-0764-infotec-29-05-00325.pdf>
33. **ROLLE, Kurt C.** *Termodinámica* [en línea]. Sexta edición. Platteville-Estados Unidos: Editorial Pearson educación, 2006. [Consulta: 20 febrero 2024]. Disponible en: <https://books.google.com/cu/books?id=1rIBBXQhmCwC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
34. **RORIVA DE ANTONIO, Antonio José & MUÑOZ DOMÍNGUEZ, Marta.** *Motores de Combustión Interna* [en línea]. Madrid-España: Editorial UNED, 2015. [Consulta: 02 febrero 2024]. Disponible en: <https://lopezva.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/11/343564272-motores-de-combustion-interna.pdf>
35. **SAE J1349.** *Engine Power Test Code - Spark Ignition and Compression Ignition - As Installed Net Power Rating.*

36. **SALAZAR, Carlos & TERÁN, Juan.** “Estudio comparativo-deductivo de las características del combustible de competición y su influencia sobre el rendimiento y emisiones basados en la norma NTE INEN 935”. *Revista Científica Dominio de las Ciencias* [en línea], 2023, (Ecuador), vol. 9, págs. 14-15, [Consulta: 03 enero 2024]. ISSN: 2477-8818. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3481/7748>
37. **SHEHATA, M. & ABDELRAZEK, S.** “Engine performance parameters and emission reduction methods for spark ignition engine”. *Engineering Research Journal*, [en línea], 2008, (Egipto), vol. 120, págs. 32-57. [Consulta: 30 diciembre 2023]. Disponible en: [https://beng.stafpu.bu.edu.eg/Mechanical%20Engineering/2342/publications/Mohamed%20Said%20Attia%20Shehata_Paper%20three%20SIE%20\(20\)\(air%20injectio\).pdf](https://beng.stafpu.bu.edu.eg/Mechanical%20Engineering/2342/publications/Mohamed%20Said%20Attia%20Shehata_Paper%20three%20SIE%20(20)(air%20injectio).pdf)
38. **SILVA, Ludmila; et al.** “Measurement of wheelchair contact force with a low cost bench test”. *Medical engineering & physics* [en línea], 2016, (Brasil), vol. 38, págs. 163-170. [Consulta: 10 diciembre 2023]. ISSN 18734030. Disponible en: <https://sci-hub.wf/10.1016/j.medengphy.2015.11.014>
39. **TIPANLUISA, Luis Eduardo; et al.** “Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades”. *Informacion Tecnologica* [en línea], 2017, (Ecuador), vol. 28, págs. 3-10. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 07180764. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642017000100002&script=sci_arttext
40. **VONG, Chi-man & WONG, Pak-kin.** “Case-based adaptation for automotive engine electronic control unit calibration”. *Expert Systems with Applications* [en línea], 2010, (China). vol. 37, págs. 3184-3194. [Consulta: 19 marzo 2024]. Disponible en: <https://sci-hub.wf/10.1016/j.eswa.2009.09.063>

ANEXOS

ANEXO A: ENSAYOS DE POTENCIA Y PAR MOTOR - ECU DE FÁBRICA Y ECU MS3.

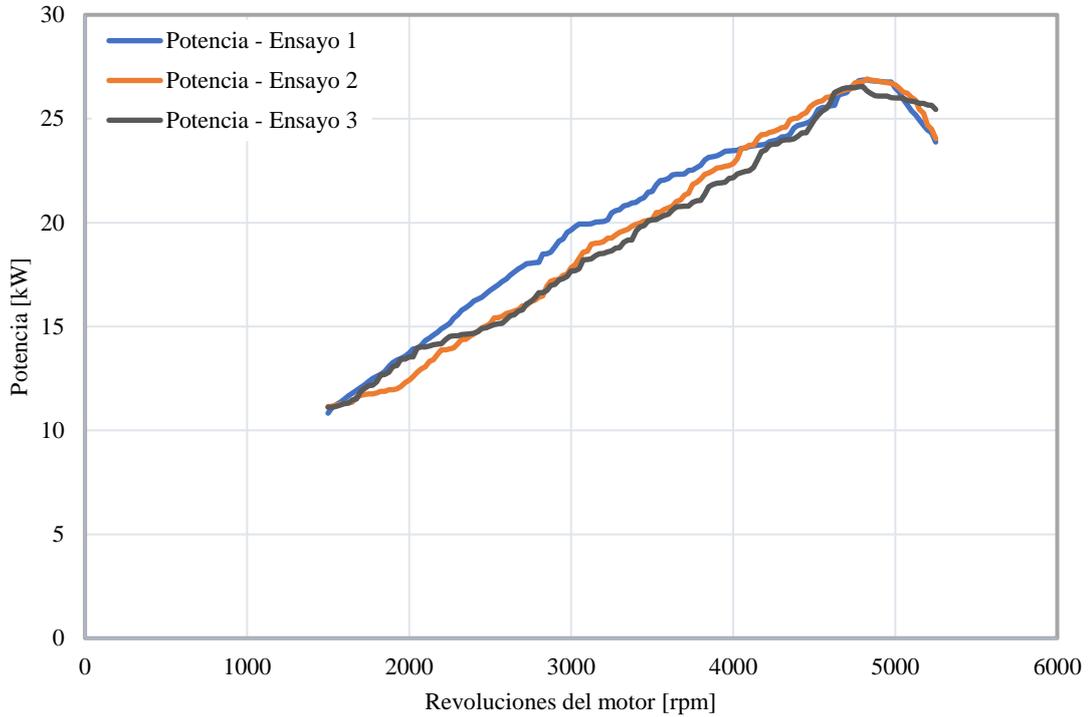


Ilustración A1: Curva característica de los tres ensayos de potencia - ECU de fábrica

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

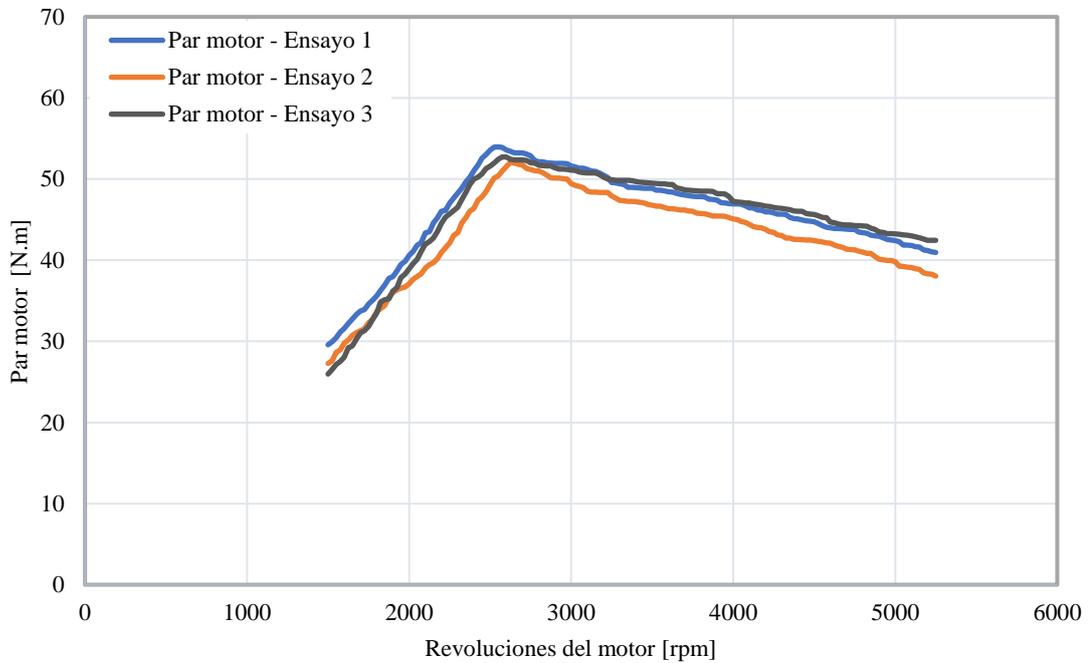


Ilustración A2: Curva característica de los tres ensayos de par motor - ECU de fábrica

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

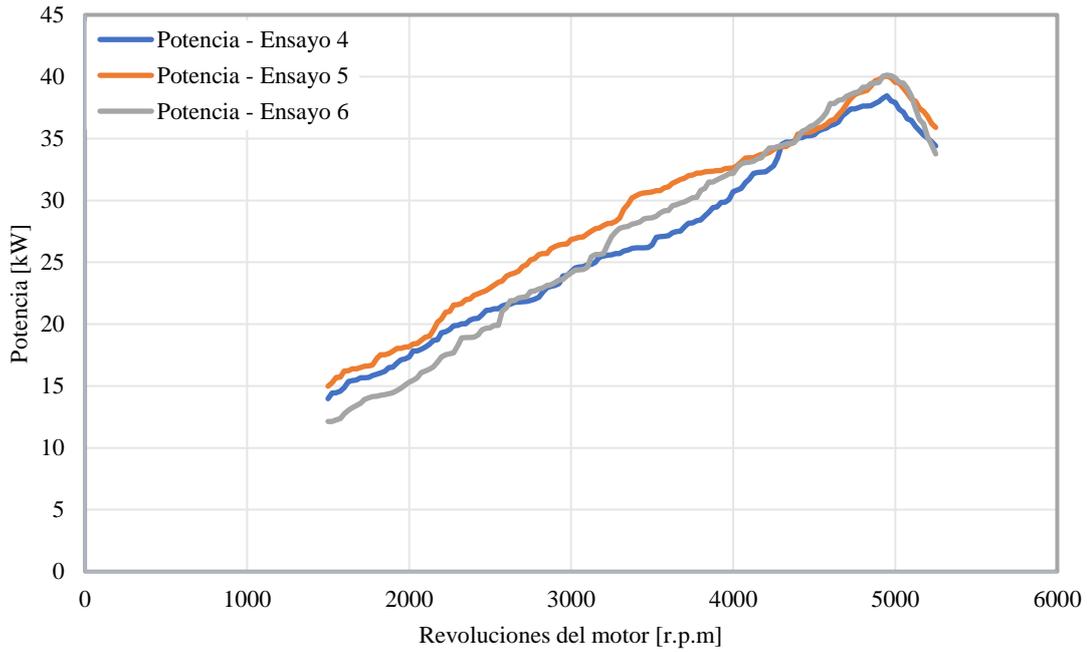


Ilustración A3: Curva característica de los tres ensayos de potencia - ECU MS3

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

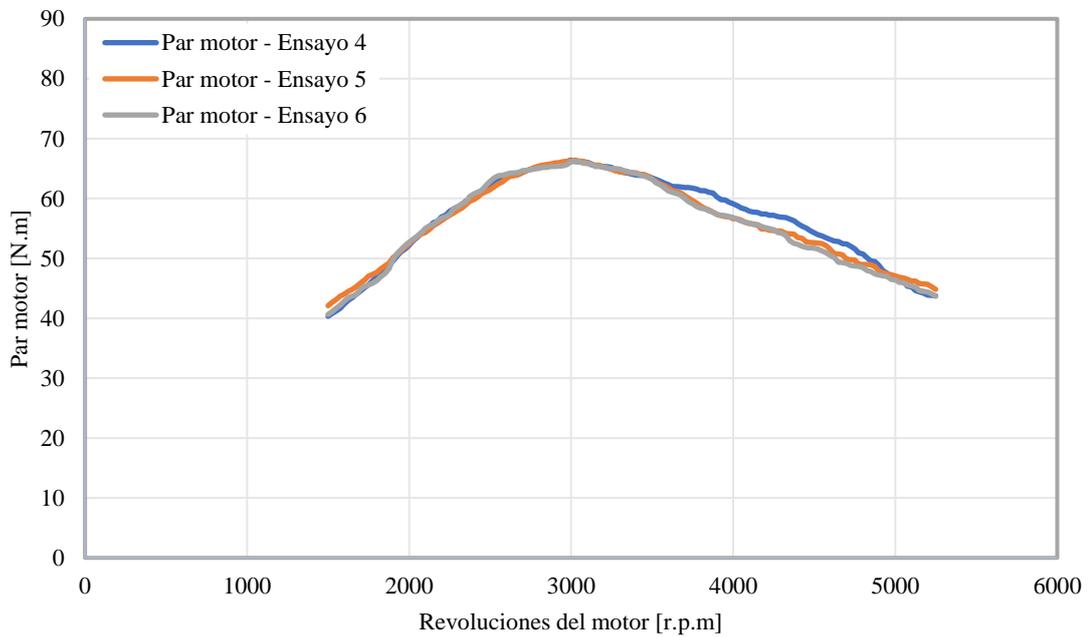


Ilustración A4: Curva característica de los tres ensayos de par motor - ECU MS3

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

ANEXO B: VALOR LAMBA λ DEL VEHÍCULO FIAT UNO FIRE - ECU DE FÁBRICA Y ECU MS3

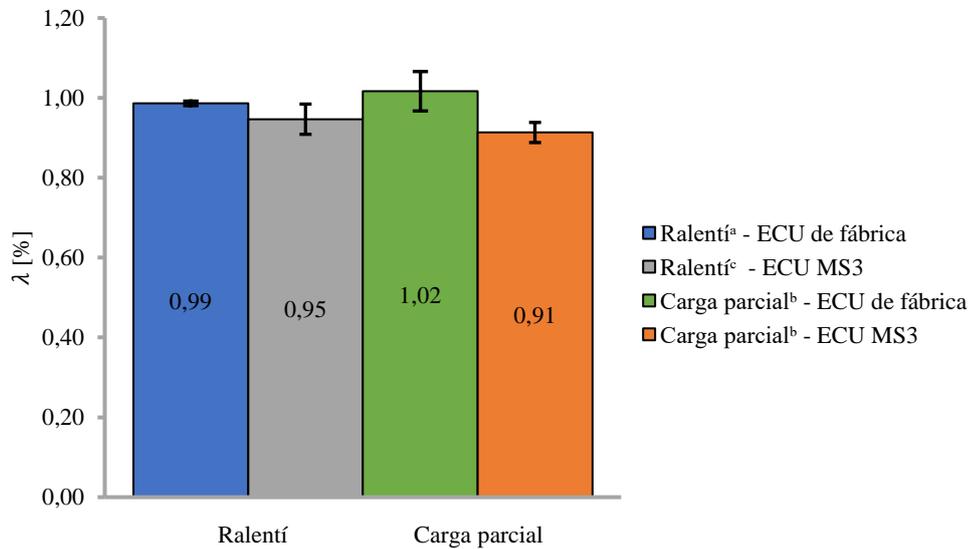


Ilustración B: Resultado del valor lambda con ECU de fábrica y ECU MS3.

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

En la Ilustración B, se muestra el resultado de la relación estequiométrica, lambda, se miden en ambos casos (ECU de fábrica y ECU MS3). El motor del vehículo con la ECU de fábrica tiende a mantener un valor de lambda próximo a 1, lo que indica que la mezcla aire-combustible está en la proporción estequiométrica adecuada de 14,7:1. Mientras que el sistema de inyección con la ECU MS3 tiende a reducir el valor lambda al incrementar las revoluciones del motor, es decir existe un incremento de combustible en la mezcla aire combustible.

ANEXO C: RECURSO ECONÓMICO

Tabla C1: Recursos directos

Recursos directos		
Dimensión	Descripción	Costo \$
(30x30) cm	Platina de 3mm	10
1 docena	Correas plásticas	3
5 m	Manguera corr	8,5
4 m	Termo fundente	2,5
1 unidad	Estaño	5
1 unidad	Pasta de soldadura	3
1 unidad	Bobina DIS	40
4 unidad	Relevadores	20
1 docena	Fusibles resistencia variable	5
2 m	Manguera de vacío	6
1 unidad	Caja porta fusibles	8
1 unidad	Sensor Inductivo CKP	40
1 unidad	Filtro de alto flujo	45
1 unidad	ECU MS3	550
	Total	746 \$

Realizado por: Pomaquero. A, 2024

Tabla C2: Recursos indirectos

Recursos indirectos		
Dimensión	Descripción	Costo \$
10 pasadas	Alquiler Dynocom DC 500-FX	90
*****	Alimentación, transporte y varios	248
	Total	338 \$

Realizado por: Pomaquero. A, 2024



SPTRONICS ELECTRONICS

Installation Instruction for MS3
Engine Management System

Warning

The MS3 allows for total flexibility in engine tuning, misuse of this product will destroy your engine

SPTRONICS and SPEEDRACER holds no responsibility for any engine damage that may results from the misuse of this product

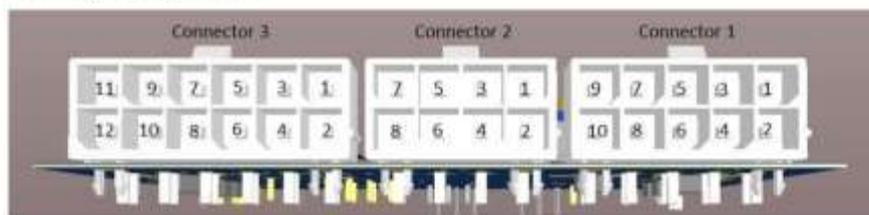
Distributor for Ecuador
Speed Racer-Riobamba
Tel: (593) 0995957534

Av. Daniel León Borja y Carlos Zambrano
<https://www.facebook.com/speedracerstore>

MS3 Specifications:

Trigger Inputs:	2 x Differential Inputs Hall, VR and Opto
Injector Drivers:	4 x Saturated (8 ohm minimum, High Impedance Only)
Coil Drivers:	4 x 0-5V, 12V Falling Edge Fire 1.5A max (do not connect directly to coil primary)
Fuel Pump Output	1 x Low Side Output
Tachometer Output	1 x 5V, 12v Digital Output
Outputs:	3 x 2.5A Low Side Output
Inputs:	2 x digital Inputs
Knock Sensor Input	1x sensor input with adjustable gain.
Throttle Position Input	1 x 0-5V
Manifold Pressure Sensor	1 x 0-5V
Internal 4 bar Map sensor	Internal sensor
Coolant Temperature Sensor	1 x analog
Inlet Air Temperature Sensor	1 x analog
O2 Sensor	1 x 0-5V
USB	1 x PC Communication
CAN	1 x Programmable Send / Receive
5 Volt Reference	1 x

Wiring Diagram:



Looking at PCB connectors

Connector 1:

Pin	Name	Wire Color	Comment
1	Injector 1 output	Orange	
2	Injector 2 output	Orange	
3	Injector 3 output	Orange	

4	Injector 4 output	Orange	
5	Fuel pump output	Brown	
6	Low side output 1	Brown	FIDLE
7	Output 1 complementary	Brown	
8	Low side output 2	Brown	IAC1
9	Low side output 3	Brown	IAC2
10	GND2	Black	Connect to Engine Block/Head

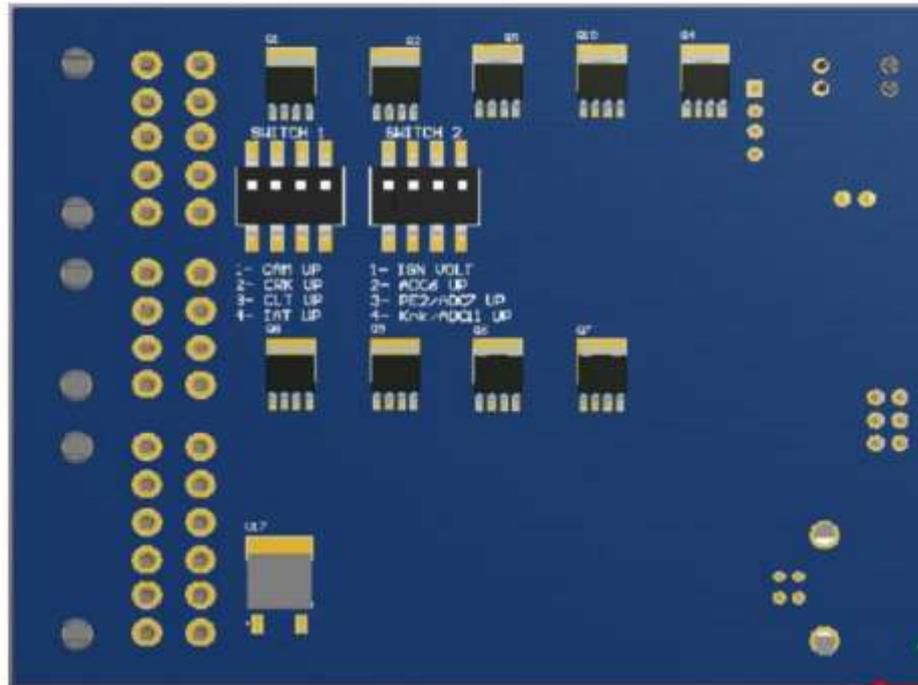
Connector 2:

Pin	Name	Wire Color	Comment
1	Ignition output 1	Green	
2	Ignition output 2	Green	
3	Ignition output 3	Green	
4	Ignition output 4	Green	
5	Tachometer output	Blue	
6	Sensors Reference Voltage (+5V)	White	
7	Switched +12V	Red	Conecte a un relay y fusible de 5 amperios
8	GND	Black	Connect to Battery negative

Connector 3:

Pin	Name	Wire Color	Comment
1	Crank input +	Yellow	
2	Crank input -	Black	
3	Cam input +	Yellow	
4	Cam input -	Black	
5	MAP/MAF input	White	
6	Intake air temperature input	White	
7	Coolant temperature input	White	
8	O2 sensor input	White	
9	Throttle position input	White	
10	Knock sensor input	White	Knocking/ADC11
11	External input 1	White	ADC6
12	External input 2	White	PE2/ADC7

Switches Settings:



Switch 1 control the following functions:

Pin1, when it is ON, it pulls up the CAM input CAM+

Pin2, when it is ON, it pulls up the CRK input CRK+

Pin3, when it is ON, it pulls up the CLT input.

Pin4, when it is ON, it pulls up the IAT input.

Switch 2 control the following functions:

Pin1, when it is ON, the ignition outputs will be 12V otherwise it is 5V

Pin2, when it is ON, it pulls up ADC6 Connector 3, 11

Pin3, when it is ON, it pulls up PE2/ADC7 Connector 3, 12

Pin4, when it is ON, it pulls up Knocking/ADC11 (in case knocking not installed) Connector 3, 10

Installation:

Grounding:

The ECU must have an electrically secure ground connection, which means that the battery negative must be properly grounded to the chassis AND engine. The ground wire, whether it is from the battery or to the chassis and engine, must have perfect electrical conductivity. This means that there must not be any paint or rust under the wire terminal. Make sure that when you install the ground wire there is bare metal exposed where the wire contacts the vehicle component. Both of black wires should be connected to secure ground and we also recommend that the ground wire be as short as possible.

Power Requirement:

The MS3 requires a minimum supply voltage of 10V or greater to run. We recommend that the ECU be supplied with 13.8V nominal operating voltage. Ensure that the vehicle's charging system is in perfect operating condition prior to installation. The red wire should be connected to ignition switched and fused to the battery source.

Sensors Reference Voltage:

The MS3 has one 5V sensor voltage supply that will be needed during standalone installation. The pink wire output has resettable fuse rated at 0.5A max

Trigger Inputs:

MS3 has two differential trigger input crank input+ and crank input- for the Crank signal and cam input+ and cam input- for the CAM signal. Each one has an option to be connected as differential or as single input. The following table summarize trigger connection:

Mode	Connection
Opto Input	<ul style="list-style-type: none"> Input Signal to Input+ Leave Input- unconnected.
VR Sensor	<ul style="list-style-type: none"> Connect VR Sensor to Input+/Input- for Standalone connection Connect VR+ Sensor to Input+ and leave Input- unconnected for Piggyback connection.
Hall Input	<ul style="list-style-type: none"> Connect Hall sensor (Collector/Drain) to Input+, Close CRK/CAM UP jumper for pull-up resistor for standalone connection. Connect Hall sensor to Input+ for piggyback connection. Leave Input- unconnected.

There are 2 jumpers for each trigger input. The CRK UP/CAM UP jumper is for connect the input signal to 10K ohm pull up resistor in case if using open drain sensor.

Throttle Position Sensor (TPS):

Name	Wire	Color	
+5.0 volts, Vcc	Connector 2,6	White	5V Sensor Reference Voltage
TPS Signal	Connector 3,9	White	TPS 0-5V signal
Ground	GND	Black	Connect to Battery negative

MAP Sensor: (if there is no built in MAP sensor)

Name	Wire	Color	
+5.0 volts, Vcc	Connector 2,6	White	5V Sensor Reference Voltage
MAP Signal	Connector 3,5	White	MAP 0-5V signal
Ground	GND	Black	Connect to Battery negative

Air Temp Sensor (IAT):

Name	Wire	Color	
IAT Signal	Connector 3,6	White	IAT 0-5V signal
Ground	GND	Black	Connect to Battery negative

IAT UP jumper connects the IAT Signal to pull up resistor 2.49K ohm that will be needed in standalone setup.

Coolant Temp Sensor (CLT):

Name	Wire	Color	
CLT Signal	Connector 3,7	White	CLT 0-5V signal
Ground	GND	Black	Connect to Battery negative

CLT UP jumper connects the CLT Signal to pull up resistor 2.49K ohm that will be needed in standalone setup.

O2 Sensor:

Name	Wire	Color	
O2 Signal	Connector 3,8	White	O2 0-1V signal
Ground	GND	Black	Connect to Battery negative

Knock Sensor:

Name	Wire	Color	
Knock Signal	Connector 3,10	White	
Ground	GND	Black	Connect to GND

Can be used as knocking input or ADC11 input (in case knocking chip not installed) ADC11 can be used as analog or digital input, and it can be pulled up through switch.

External Input 1,2:

Name	Wire	Color	
ADC6	Connector 3,11	White	Table Switch, Launch Control, Nitrous In, Seq. Shift In or AC Idle IN.
PE2/ADC7	Connector 3,12	White	Table Switch, Launch Control, Nitrous In, Seq. Shift In or AC Idle IN.

Can be used as analog or digital input and can be pulled up through switches.

Injectors:

Name	Wire	Color	
Injector 1	Connector 1,1	Orange	
Injector 2	Connector 1,2	Orange	
Injector 3	Connector 1,3	Orange	
Injector 4	Connector 1,4	Brown	

Four low side output each rated at 2.5A, can be connected for 4 cylinder in sequential configuration or to 6, 8 cylinder in semi sequential/batched configuration.

Solo se permite el uso de inyectores de alta impedancia.

El uso de inyectores de baja impedancia y los daños causados por los mismos, anulan la garantía del dispositivo.

Ignition:

Name	Wire	Color	
Ignition 1	Connector 2,1	Green	
Ignition 2	Connector 2,2	Green	
Ignition 3	Connector 2,3	Green	
Ignition 4	Connector 2,4	Green	

Four 5V or 12V 1.5A max outputs, can be connected for 4 cylinder in sequential configuration or to 6, 8 cylinder in semi sequential/batched configuration. Only high impedance igniter should be used. Do not connect to coil directly.

Únicamente se permite, el uso de bobinas con módulo de encendido, jamás utilice bobinas sin módulo de encendido, ya que pueden causar daños irreversibles.

El uso de bobinas sin módulo de encendido y los daños causados por ellos, anulan la garantía del dispositivo.

Fuel Pump:

Name	Wire	Color	
FP	Connector 1,5	Brown	Low side output connected to fuel pump relay

Tachometer:

Name	Wire	Color	
Tach	Connector 2,5	Blue	Tachometer output 5V or 12v pulses

General Purpose Outputs:

Name	Wire	Color	
FIDLE	Connector 1,6	Brown	PWM Idler, boost control, Nos output, Seq. shift output, AC idle output, vvt on-of
FIDLE comp.	Connector 1,7	Brown	Complementary out for FIDLE for 3 to be used with 3 wire IDLER setup
IAC1	Connector 1,8	Brown	Boost control, Nos output, Seq shift output, Electric fan, Shift light, vvt on-of, Programmable output
IAC2	Connector 1,9	Brown	Boost control, Nos output, Seq shift output, Electric fan, Shift light, vvt on-of, Programmable output

4 Low side outputs rated at 2.5A each, can be used for general purpose as mentioned above.

GARANTÍA

SPTRONICS y SPEEDRACER garantizan al consumidor que todos los productos de alto rendimiento estarán libres de defectos de material y mano de obra durante un período de doce (12) meses a partir de la fecha de la compra original. Los productos que fallen dentro de este período de garantía de 12 meses serán reparados o reemplazados a opción de SPTRONICS y SPEEDRACER, siempre y cuando SPTRONICS y SPEEDRACER determinen que el producto falló debido a defectos en el material o la mano de obra.

Esta garantía se limita a la reparación o reemplazo de la pieza SPTRONICS. En ningún caso esta garantía excederá el precio de compra original del producto. Las reclamaciones de garantía a SPTRONICS y SPEEDRACER deben ser prepagadas con el transporte y acompañadas de un comprobante de compra con fecha. Esta garantía se aplica únicamente al comprador original del producto y no es transferible. Todas las garantías implícitas tendrán una duración limitada a dicho período de garantía de 12 meses. Uso, instalación, programación, inadecuados, accidentes, abuso, reparaciones o alteraciones no autorizadas anula esta garantía. SPTRONICS y SPEEDRACER se exime de cualquier responsabilidad por daños consecuentes debido al incumplimiento de cualquier garantía escrita o implícita en todos los productos fabricados por SPTRONICS y distribuidos por SPEEDRACER. El uso de inyectores, bobinas de baja impedancia y bobinas sin módulo de encendido anulan la garantía del dispositivo.

SPTRONICS y SPEEDRACER no serán responsables de los productos electrónicos que estén instalados incorrectamente, instalados en una aplicación no aprobada, mal utilizados o alterados. Cualquier producto electrónico SPTRONICS puede devolverse para su reparación si está fuera del período de garantía. Hay un cargo mínimo de \$ 20.00 por inspección y diagnóstico de piezas electrónicas. Las piezas utilizadas en la reparación de los componentes electrónicos de SPTRONICS serán extra. SPTRONICS y SPEEDRACER proporcionará una estimación de las reparaciones y recibirá una autorización por escrito o electrónica antes de que se realicen reparaciones en el producto.

ANEXO E: NTE INEN 2204



**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 2204
Segunda revisión
2017-01

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES.
LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR
FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS
PRODUCED BY ROAD MOVABLE SOURCES USING GASOLINE

GESTIÓN AMBIENTAL
AIRE
VEHÍCULOS AUTOMOTORES
LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES
MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina.

Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas (vehículo automotor, vehículo prototipo).

Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a gasolina.

Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, vehículos motorizados clásicos, vehículos de competencia deportiva, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 2203, *Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan los siguientes términos y definiciones:

3.1

año modelo

Año de producción del modelo de la fuente móvil.

3.2

ciclo

Tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralenti. Para las fuentes móviles equipadas con electroventilador, ciclo es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

3.3

ciclos de prueba

Secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:

3.3.1

ciclo ECE + EUDC

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

3.3.2**ciclo FTP-75**

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

3.4**dinamómetro**

Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

3.5**emisión de escape**

Descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido, gaseoso o de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

3.6**fuentes móviles**

Fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

3.7**marcha mínima o ralenti**

Especificación de velocidad del motor establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo, requerida para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralenti se establecerá en un máximo de 1100 r.p.m.

3.8**motor**

Fuente principal de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

3.9**peso bruto vehicular (PBV)**

Peso total del vehículo, definido como la suma total del peso en vacío (tara) más la carga técnicamente admisible declarada por el fabricante.

3.10**peso de vehículo en vacío (tara)**

Valor nominal del peso del vehículo, según lo indicado por el fabricante, incluyendo todo el equipo estándar que requiere para su funcionamiento normal (por ejemplo, extintor de fuego, herramientas, rueda de emergencia, etc.), además de refrigerante, aceites, el tanque de combustible con su capacidad a la mitad.

3.11**peso de referencia (PR)**

Peso del vehículo en marcha aumentado con un peso fijo de 120 kg. El peso del vehículo en marcha será el correspondiente al peso total en vacío con todos los depósitos llenos, salvo el del combustible, que estará solo a la mitad de su capacidad, un juego de herramientas y la rueda de repuesto.

3.12**prueba dinámica**

Medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en esta norma.

3.13**temperatura normal de operación**

Temperatura que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralenti), o cuando en estas mismas condiciones, la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75 °C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador, esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

3.14**vehículo automotor**

Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

3.15**vehículo prototipo**

Vehículo de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

3.16**categoría M**

Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

3.17**categoría N**

Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.

3.17.1**subcategoría N1**

Vehículos motorizados cuyo PBV no exceda de 3500 kg.

NOTA. En lo que respecta a la relación entre el peso de referencia del vehículo y la inercia equivalente que ha de emplearse, conviene conformar las definiciones de los pesos de los vehículos de las clases I, II y III de la categoría N1 con las de la Directiva 96/44/CE.

4. REQUISITOS**4.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralenti (prueba estática)**

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralenti y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1.

TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralenti (prueba estática)

Año modelo	% CO ^a		ppm HC ^a	
	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

^a Volumen
^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm)

4.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 (prueba dinámica)

Toda fuente móvil que emplea gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (THC), hidrocarburos diferentes al metano (NMHC), óxidos de nitrógeno (NOx), en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 2.

TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (ciclos americanos FTP-75, g/mi)

Categoría	50,000 millas/5 años				100,000 millas/10 años ²			
	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi
Vehículos de pasajeros	3,4	0,41	0,25	0,4	4,2	-	0,31	0,6
LLDT, LVW < 3750 lbs	3,4	-	0,25	0,4	4,2	0,80	0,31	0,6
LLDT, LVW > 3750 lbs	4,4	-	0,32	0,7	5,5	0,80	0,40	0,97
HLDT, ALVW < 5750 lbs	4,4	0,32	-	0,7	6,4	0,80	0,46	0,98
HLDT, ALVW > 5750 lbs	5,0	0,39	-	1,1	7,3	0,80	0,56	1,53

¹ Vida útil 120,000 millas/11 años para todos los estándares HLDT, THC y LDT.

Abreviaturas:
 PBV Peso bruto vehicular
 LVW Peso del vehículo cargado (tara + 300 lbs)
 ALVW LVW ajustado (promedio numérico de la tara y el PBV)
 LDT Camión ligero
 LLDT Camión liviano ligero (debajo de 6000 lbs PBV)
 HLDT Camión ligero pesado (sobre 6000 lbs PBV)

4.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. (prueba dinámica)

Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 3.

TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (Directiva de la UE 98/69/CE)

Categoría	Clase	Peso de referencia (PR) kg	CO g/km	HC g/km	HC + NOx g/km	NOx	Ciclo de prueba
M ^a	-	Todas	2,3	0,2	-	0,15	ECE + EUDC (también conocido como MVEG-A)
N1 ^b	I	PR ≤ 1 305	2,3	0,2	-	0,15	
	II	1 350 < PR ≤ 1 760	4,17	0,25	-	0,18	
	III	1 760 < PR	5,22	0,29	-	0,21	

^a Salvo los vehículos cuyo peso máximo sobrepase 2500 kg.
^b Y los vehículos de la categoría M que sobrepasen 2500 Kg

5. MÉTODOS DE ENSAYO

Para la determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí, seguir el procedimiento descrito en NTE INEN 2203.

BIBLIOGRAFÍA

NTE INEN 2656, Clasificación vehicular

EURO III: Community Directive (Directive 98/96), Dir 70/220/EEC as amended by Dir 98/96/EC and 2003/96/EC, Directive 70/220/CEE

EPA Tier 1 Emission Standards for Passenger Cars and Light-Duty Trucks, FTP 75, g/mi; US: Light-duty: Emissions, disponible en: http://transportpolicy.net/index.php?title=US:_Light-duty:_Emissions#Regulatory_Documents, consultado el 2016-12-16.

Resolución 1111 de 2013. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia. Bogotá, 2013.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2204 Segunda revisión
TÍTULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA
Código ICS: 13.040.50

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación por Consejo Directivo 2002-04-17 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 02 368 de 2002-09-18 publicado en el Registro Oficial No. 673 de 2002-09-30 Fecha de iniciación del estudio: 2016-11-14
---	---

Fechas de consulta pública: Del 2016-12-01 al 2016-12-16

Comité Interno Fecha de iniciación: 2016-12-16 Integrantes del Comité:	Fecha de aprobación: 2016-12-16
--	---------------------------------

NOMBRES:

BQF. Elena Larrea (Presidenta)
Ing. Juan Burneo
Ing. Evelyn Vasco
Ing. Luis Costta
Ing. Ximena Llano

Dr. Hugo Ayala

Ing. Eduardo Quintana
Ing. Luis Silva (Secretario Técnico)

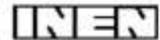
INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

INEN – DIRECCIÓN EJECUTIVA
INEN – DIRECCIÓN DE REGLAMENTACIÓN
INEN – DIRECCIÓN DE METROLOGÍA
INEN – DIRECCIÓN DE METROLOGÍA
INEN – DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN
INEN – DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN
INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN
INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Otros trámites: Esta NTE INEN 2204:2017 (Segunda revisión) reemplaza a NTE INEN 2204:2002 (Primera revisión).

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma.

Oficializada como: Voluntaria Registro Oficial Primer Suplemento No. 919 de 2017-01-10	Por Resolución No. 16 530 de 2016-12-30
---	---



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 203:2000

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS
AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA
CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN
CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI".
PRUEBA ESTÁTICA.**

Primera Edición

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. DETERMINATION OF CONCENTRATION OF EXHAUST
EMISSIONS IN MINIMUM SPEED CONDITIONS OR RALENTI STATIC TEST.

First Edition

DESCRIPTORES: Emisión de gases, protección del medio ambiente, calidad del aire, método de ensayo.
MC 06.06-302
CDU: 662.75
CIIU: 3530
ICS: 13.040.50

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE, EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.	NTE INEN 2 203:2000 2000-07
--	--	--

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos equipados con motor de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o "ralenti".

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a los vehículos automotores cuyo combustible es gasolina.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2204, y las que a continuación se detallan:

3.1.1 *Aislamiento electromagnético.* Característica del equipo de medición que impide la alteración en sus lecturas por causa de radiaciones electromagnéticas externas.

3.1.2 *Calibración de un equipo de medición.* Operación destinada a llevar un instrumento de medida al estado de funcionamiento especificado por el fabricante para su utilización.

3.1.3 *Motor de encendido por chispa.* Es aquel en el cual la reacción de la mezcla aire/combustible se produce a partir de un punto caliente, generalmente una chispa eléctrica.

3.1.4 *Gas patrón.* Gas o mezcla de gases de concentración conocida, certificada por el fabricante del mismo, y que se emplea para la calibración de equipos de medición de emisiones de escape.

3.1.5 *Autocalibración.* Es la rutina en la cual el equipo verifica el funcionamiento óptimo de todos sus componentes instrumentales y realiza una comparación con los patrones internos incorporados por el fabricante del mismo.

3.1.6 *Exactitud.* Grado de concordancia (la mayor o menor cercanía) entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

3.1.7 *Repetibilidad.* Grado de concordancia de resultados de sucesivas mediciones de la misma variable, realizadas en iguales condiciones de medida.

3.1.8 *Tiempo de calentamiento del equipo de ensayo.* Es el período en segundos entre el momento en que el equipo es energizado o encendido y el momento en que cumple con los requerimientos de estabilidad, para realizar la lectura de la variable.

3.1.9 *Tiempo de respuesta del equipo de medición.* Es el período en segundos que el equipo requiere para medir y entregar los resultados de los ensayos realizados.

3.1.10 *Sonda de prueba.* Tubo o manguera que se introduce a la salida del sistema de escape del vehículo automotor para tomar una muestra de las emisiones.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Emisión de gases. Protección del medio ambiente. Calidad del aire. Método de ensayo.

4. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Los importadores y distribuidores de equipos de medición de emisiones deben obtener una certificación de cumplimiento, expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del equipo o de un laboratorio autorizado por ella y avalada por la autoridad competente del país de origen. El procedimiento de evaluación base para certificar los equipos de medición a ser utilizados debe cumplir con la International Recommendation OIML R 99.

4.2 Los importadores y distribuidores están obligados a suministrar copia de la certificación establecida en el numeral 4.1, a quienes adquieran los equipos.

4.3 La autoridad competente, podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y distribuidores, sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para determinar la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralenti", prueba estática.

5. MÉTODO DE ENSAYO

5.1 Fundamento.

5.1.1 El principio de operación se basa en la absorción de luz infrarroja no dispersa de gases para la determinación de hidrocarburos, monóxido y dióxido de carbono.

5.1.1.1 El oxígeno se mide utilizando una celda de combustible (fuel cell). Esto no excluye el uso de equipos con otro principio de operación, siempre y cuando sean homologados.

5.2 Equipos

5.2.1 Ver numeral 4, Disposiciones Generales.

5.2.2 Capacidad de autocalibración. Los equipos de medición deben tener incorporada la función propia de autocalibración, la cual se debe realizar automáticamente cada vez que el equipo es encendido, o manualmente cada vez que el usuario lo requiera.

5.2.3 Los equipos de medición deben contar con un dispositivo de impresión directa de los resultados y de la identificación del vehículo automotor medido.

5.2.4 Los equipos deben contar con un tacómetro para la medición de las revoluciones del motor.

5.2.5 El equipo debe disponer de características de seguridad que garanticen la protección del operador.

5.3 Calibración

5.3.1 La calibración del equipo se debe realizar siguiendo estrictamente las especificaciones de frecuencia del fabricante del equipo. En caso que éstas no estén disponibles, la calibración se debe realizar, como máximo, cada tres meses.

5.3.2 El equipo se debe calibrar luego de cada mantenimiento correctivo.

5.3.3 La calibración anterior es independiente de la autocalibración automática que realiza el equipo cada vez que es encendido.

5.3.4 El gas de calibración debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma ISO 6145. Este gas debe contar con una certificación emitida por el fabricante, de acuerdo con lo establecido en la norma anteriormente indicada.

(Continúa)

5.4 Procedimiento de medición

5.4.1 Antes de la prueba, realizar las verificaciones siguientes:

5.4.1.1 Someter al equipo a un período de calentamiento y estabilización, según las especificaciones del fabricante.

5.4.1.2 Retirar todo material en forma de partículas y eliminar toda sustancia extraña o agua, que se hayan acumulado en la sonda de prueba y que puedan alterar las lecturas de la muestra.

5.4.1.3 Revisar que la transmisión del vehículo esté en neutro (transmisión manual) o parqueo (transmisión automática).

5.4.1.4 Revisar que el control manual del ahogador (choque), no se encuentre en operación, y que los accesorios del vehículo (luces, aire acondicionado, etc.), estén apagados.

5.4.1.5 Revisar en el vehículo que el sistema de escape se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y sin ninguna salida adicional a las del diseño que provoque dilución de los gases de escape o fugas de los mismos. Las salidas adicionales a las contempladas en el diseño original no deben ser aceptadas, aunque éstas se encuentren bloqueadas al momento de la prueba.

5.4.1.6 Si el vehículo no cumple con las condiciones establecidas en el numeral 5.4.1.5, la prueba no se debe realizar hasta que se corrijan aquellas.

5.4.1.7 Revisar que el nivel de aceite en el cárter esté entre el mínimo y máximo recomendado por el fabricante, con el motor apagado y el vehículo en posición horizontal.

5.4.1.8 Encender el motor del vehículo y verificar que se encuentre a la temperatura normal de operación.

5.4.2 Medición

5.4.2.1 Conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de encendido del motor y verificar las condiciones de marcha mínima o "ralentí".

5.4.2.2 Con el motor a temperatura normal de operación y en condición de marcha mínima o "ralentí", introducir la sonda de prueba en el punto de salida del sistema de escape del vehículo. Tener la seguridad de que la sonda permanezca fija dentro del sistema de escape mientras dure la prueba.

5.4.2.3 Esperar el tiempo de respuesta del equipo de medición dado por cada fabricante.

5.4.2.4 Imprimir las lecturas estabilizadas de las emisiones medidas.

5.4.2.5 Si, por diseño, el vehículo tiene doble sistema de escape, medir por separado cada salida. El valor del resultado final será la mayor lectura registrada.

5.5 Informe de resultados

5.5.1 El resultado final será la mayor lectura registrada de los valores de las lecturas obtenidas en el numeral 5.4.2.4.

5.5.2 La institución que realiza la prueba debe emitir un informe técnico con los resultados de la misma, adjuntado el documento de impresión directa del equipo de medición.

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204:1998 *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.*
- Norma ISO 6145-1:86 *Gas Analysis Preparation of Calibration Gas Mixtures. Dynamic Volumetric Methods - Part 1 - Methods of Calibration.*
- International Recommendation OIML R 99. *Instruments for measuring vehicle exhaust emissions. International Organization of Legal Metrology.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

- Norma técnica colombiana ICONTEC 4230. *Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración de emisiones de escape, en condiciones de marcha mínima o "ralenti". Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1997.*

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2 203	TÍTULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.	Código: MC 08.06-302
-------------------------------------	---	--------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1998-02-17	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Comité Interno del INEN: GESTIÓN AMBIENTAL
 Fecha de iniciación: 1998-06-12 Fecha de aprobación: 1998-06-17
 Integrantes del Comité Interno del INEN:

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Dr. Ramiro Gallegos (Presidente)	SUBDIRECTOR TÉCNICO
Ing. Enrique Troya	DIRECTOR DE PROTECCIÓN AL CONSUMIDOR
Sr. Guido Reyes	DIRECTOR DE DESARROLLO Y CERTIFICACIÓN DE CALIDAD
Sr. Arturo Arévalo	DIRECTOR DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO
Ing. Marco Narváez	DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN FÍSICA
Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)	DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Subcomité Técnico: GESTIÓN AMBIENTAL
 Fecha de iniciación: 1998-09-24 Fecha de aprobación: 1999-02-25
 Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. Jorge Jurado (Presidente)	MUNICIPIO METROPOLITANO DE QUITO
Ing. Pablo Ubidia	CINAE - AEADI
Ing. Jorge Medina	CONUEP/ING. QUÍMICA (U.C.)
Ing. Julio Salazar C.	PETROINDUSTRIAL
Ing. Eduardo Espín	MIDUVI/SSA
Ing. Jorge Mantilla	CNNT
Ing. Ritha Burbano	DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS
Tlgo. Mauricio Barros B.	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA (CUENCA)
Ing. Kléver Chávez	MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE
Ing. Jorge Álvarez	MUNICIPIO METROPOLITANO DE QUITO
Myr. Henry Aulestia C.	COMISIÓN DE TRANSITO DEL GUAYAS
Myr. Carlos Naveda	COMISIÓN DE TRANSITO DEL GUAYAS
Ing. Marco Oleas	GENERAL MOTORS - OMNIBUS BB
Ing. Lucía Montenegro	FACULTAD DE ING. QUÍMICA (E.P.N)
Ing. Mauro González	DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS
Sr. Stuck Jun Yun Kim	AUTOMOTORES HINO
Ing. Pablo Durango	COLEGIO DE INGENIEROS QUÍMICOS DE PICHINCHA
Ing. Edwin Tamayo	COLEGIO DE INGENIEROS MECÁNICOS DE PICHINCHA
Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)	INEN

Otros trámites: * Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 03 612 de 2003-12-22, publicado en el Registro Oficial No. 248 del 2004-01-09

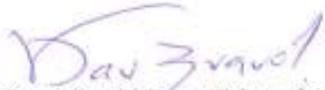
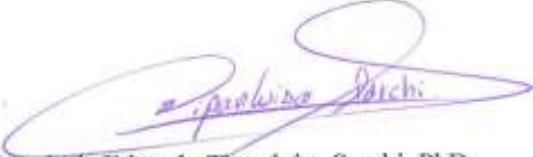
El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2000-03-23

Oficializada como: Obligatoria Por Acuerdo Ministerial No. 2000373 de 2000-07-03
 Registro Oficial No. 115 de 2000-07-07



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 25/07/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Alex Aquiles Pomaquero Mora
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Ingeniería Automotriz
Título a optar: Ingeniero Automotriz
<p style="text-align: center;"> Ing. Victor David Bravo Morocho, MSc. Director del Trabajo de Integración Curricular</p> <p style="text-align: center;"> Ing. Luis Eduardo Tipanluisa Sarchi, PhD. Asesor del Trabajo de Integración Curricular</p>