



**Implementación de un sistema de inyección electrónica en el motor de prototipo de
moto3 para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz en la Universidad de las
Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga**

Ochoa Suarez, Joe Moisés

Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica Automotriz

Ing. Jácome Guevara, Fausto Andrés, Mtr.

Septiembre del 2021



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

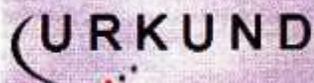
Certifico que la monografía, **"Implementación de un sistema de inyección electrónica en el motor de prototipo de moto3 para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga"**, fue realizado por el los señor **Ochoa Suárez, Joe Moisés**, la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 09 de Septiembre del 2021

Firma

Ing. Jácome Guevara, Fausto Andrés, Mtr.

C. C. 171757960-9



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Ochoa_Suarez_Joe_Moises_MicProfecionalizante_NRC6583.pdf
(D112042621)
Submitted: 9/3/2021 10:57:00 PM
Submitted By: jc.altamiranoc@uta.edu.ec
Significance: 9 %

Sources included in the report:

Final Tesis.doc (D14927909)
<https://www.acko.com/two-wheeler-insurance/difference-between-fuel-injection-and-carburetor-in-bikes/>
<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/418/3/65t00001.pdf>
<https://www.slideshare.net/felipesantander3382/manual-de-fallas-corsa-16-76742384>

Instances where selected sources appear:

14

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Fausto Andrés Guevara", written over a horizontal line.

Ing. Jácome Guevara, Fausto Andrés, Mtr.

C. C. 171757960-9

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Ochoa Suárez, Joe Moisés**, con cédula de ciudadanía n°175009831-9, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de un sistema de inyección electrónica en el motor de prototipo de moto3 para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga**, es de mi/nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 09 de Septiembre del 2021

Firma:

Ochoa Suárez, Joe Moisés

C.C.: 175009831-9



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Ochoa Suárez, Joe Moisés**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Implementación de un sistema de inyección electrónica en el motor de prototipo de moto 3 para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 09 de Septiembre del 2021

Firma:

Ochoa Suárez, Joe Moisés

C.C.: 175009831-9

Dedicatoria

A mi madre por su apoyo constante y su vasta paciencia, a todo aquel que ha nutrido mi hambre de conocimiento y amor, pero sobre todo a mí por no doblegarme durante todo este proceso.

Agradecimiento

En primer lugar dedico esta victoria a mi madre ya que sin ella esto no sería posible, al Ingeniero Fausto Jacome por brindarme la confianza, compañeros que supieron mantener el espíritu de apoyo, y personas que con una gran sed de amor y desinteresadas, ayudaron a finalizar este proyecto, proyecto el cual al principio parecía una tarea titánica y casi interminable.

Quiero dedicar a ustedes mi tesis, personas de bien, seres que ofrecen amor, bienestar, conocimientos y sabiduría, esos finos deleites de la vida.

Gracias por esa confianza puesta en mi persona.

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Reporte Urkund	3
Responsabilidad De Autoría	4
Autorización De Publicación	6
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de figuras.....	12
Índice de tablas.....	15
Índice de ecuaciones	16
Resumen	17
Abstract.....	18
Planteamiento del Problema	19
Antecedentes	19
Justificación	22
Objetivos.....	23
<i>Objetivo general</i>	23
<i>Objetivos específicos</i>	23
Alcance del proyecto	23
Marco teórico	25

Los carburadores comenzaron a desaparecer.	25
Sistemas de Inyección a Gasolina	26
<i>Descripción del Sistema de inyección a gasolina en motocicletas</i>	26
<i>Concepto de inyección de combustible</i>	27
<i>Historia y Evolución de la Inyección en la motocicleta</i>	28
<i>Tipos de Sistemas de Inyección Electrónica</i>	32
Clasificación de los sistemas de inyección.....	32
Según el lugar donde inyectan.	32
Según el número de inyectores.	33
Según el número de inyecciones.	34
Según las características de funcionamiento.....	35
<i>Funcionamiento sistema de inyección electrónica en motocicletas</i>	36
Ventajas de la inyección de combustible:	38
Desventajas de la inyección de combustible:	39
<i>Unidad de Control Eléctrico (ECU)</i>	39
Funciones de la ECU.....	41
<i>Sensores y Actuadores</i>	44
Los sensores más principales son:	44
Los actuadores más principales son:.....	47
Regulaciones técnicas Moto3.....	48
<i>Sistema de combustible Clase Moto3</i>	49
Proceso.....	50

Estudio y Análisis previa implementación de inyección electrónica.	50
<i>De carburador a sistema de inyección.</i>	50
<i>Motor.</i>	51
<i>Selección del sistema de Inyección Electrónica</i>	52
<i>Prueba dinamómetro.</i>	55
Implementación	59
<i>Instalación de cableado según la ubicación de sensores y actuadores.</i>	59
<i>Cableado del sistema de inyección electrónica.</i>	61
<i>Sensores</i>	63
Sensor de oxígeno.	63
Sensor de temperatura.	67
Sensor de posición de la mariposa de aceleración.....	68
<i>Actuadores</i>	70
Cuerpo de aceleración.	70
Inyector.....	73
Bomba eléctrica de alimentación de combustible.	75
Tanque o depósito de combustible.....	76
Línea de alimentación de combustible.....	77
Sistema de encendido electrónico.....	79
<i>Unidad de control electrónica</i>	80
<i>Prueba dinamómetro resultado final.</i>	84
<i>Análisis de resultados.</i>	89

Presupuesto	89
Conclusiones y recomendaciones	92
Conclusiones	92
Recomendaciones	92
Bibliografía	93
Anexos	97

Índice de figuras

Figura 1 <i>Honda CB1100 con sistema de inyección de combustible</i>	25
Figura 2 <i>Sistema de inyección electrónica completo</i>	27
Figura 3 <i>Inyector de combustible</i>	28
Figura 4 <i>Yamaha XJ750D</i>	30
Figura 5 <i>Kawasaki Z750GP</i>	30
Figura 6 <i>Inyección según el lugar de inyección</i>	33
Figura 7 <i>Inyección según el número de inyectores.</i>	34
Figura 8 <i>Inyección según el número de inyecciones</i>	35
Figura 9 <i>Funcionamiento del sistema de inyección.</i>	37
Figura 10 <i>ECU moto a inyección electrónica</i>	40
Figura 11 <i>ECU funciones.</i>	44
Figura 12 <i>Sensor TPS Pulsar 200ns</i>	45
Figura 13 <i>Sensor EGO Pulsar 200ns fi</i>	45
Figura 14 <i>Sensor de temperatura del refrigerante</i>	46
Figura 15 <i>Sensor CKP</i>	46
Figura 16 <i>Sensor de presión del aceite</i>	47
Figura 17 <i>Inyector Pulsar 200ns</i>	47
Figura 18 <i>Módulo de encendido Pulsar 200ns</i>	48
Figura 19 <i>Sistema de alimentación e combustible por carburador</i>	50
Figura 20 <i>Sistema de alimentación de combustible a inyección electrónica</i>	51
Figura 21 <i>Motor Pulsar 200ns</i>	52
Figura 22 <i>Sistema de inyección electrónica ROJO 300 fi</i>	55
Figura 23 <i>Prueba dinamómetro</i>	56
Figura 24 <i>Banco de pruebas en relación RPM, torque, potencia.</i>	57
Figura 25 <i>Columna representante del progreso en el dinamómetro</i>	58

Figura 26 <i>Variables para identificación de la tabla.</i>	59
Figura 27 <i>Reconexión de cableado general de la motocicleta.</i>	60
Figura 28 <i>Cableado original finalizado.</i>	61
Figura 29 <i>Conexión de masa de cables del sistema de inyección electrónica.</i>	62
Figura 30 <i>Presentación del sistema en el chasis de la moto.</i>	62
Figura 31 <i>Alimentación de combustible.</i>	63
Figura 32 <i>Pulido del escape.</i>	64
Figura 33 <i>Orificio para sensor de oxígeno</i>	65
Figura 34 <i>Soldadura de tuerca para sensor de oxígeno.</i>	66
Figura 35 <i>Colocación de sensor de oxígeno en el tubo de escape original.</i>	67
Figura 36 <i>Sensor de temperatura</i>	68
Figura 37 <i>Conexión al cabezo de sensor de temperatura del motor.</i>	68
Figura 38 <i>Sensor de posición de la mariposa de aceleración.</i>	69
Figura 39 <i>Sensor TPS.</i>	70
Figura 40 <i>Medidas de cuerpo de aceleración ROJO.</i>	72
Figura 41 <i>Medidas de cuerpo de aceleración UCAL.</i>	72
Figura 42 <i>Inyector ROJO 300.</i>	73
Figura 43 <i>Posición de inyector en su nuevo cuerpo.</i>	75
Figura 44 <i>Bomba de alimentación exterior de combustible ROJO 300.</i>	76
Figura 45 <i>Tanque limpio y vaciado</i>	76
Figura 46 <i>Llaves de paso de combustible.</i>	77
Figura 47 <i>Llave de paso de doble entrada/salida de combustible.</i>	78
Figura 48 <i>Filtro de combustible línea de alimentación de inyección electrónica.</i>	79
Figura 49 <i>Mapeo de revoluciones.</i>	80
Figura 50 <i>ECU sistema de inyección.</i>	81
Figura 51 <i>Compatibilidad de ECU y sistema CDI.</i>	82

Figura 52 <i>Reprogramación de unidad de control electrónica</i>	82
Figura 53 <i>Mapeo y programación del sistema de inyección</i>	83
Figura 54 <i>Monitoreo de eficiencia del sistema de inyección y motor</i>	84
Figura 55 <i>Prueba final dinamómetro</i>	85
Figura 56 <i>Prueba revoluciones dinamómetro</i>	85
Figura 57 <i>Resultados finales obtenidos</i>	87
Figura 58 <i>Curvas de potencia en dinamómetro</i>	88

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Resultado de primera prueba en el dinamómetro.</i>	56
Tabla2 <i>Valores en relación a las RPM</i>	57
Tabla 3 <i>Diámetros de la toma de aire del cuerpo de aceleración</i>	71
Tabla 4 <i>Lectura de resultados previa finalización del proyecto</i>	86
Tabla 5 <i>Medidas finales de motocicleta</i>	88
Tabla 6 <i>Resultados finales.</i>	89
Tabla 7 <i>Gastos totales del proyecto</i>	90

Índice de ecuaciones

<i>Ecuación 1</i> <i>Inyección por minuto según el tamaño del inyector</i>	53
<i>Ecuación 2</i> <i>Porcentaje para evitar fallas en el calculo</i>	53
<i>Ecuación 3</i> <i>Conversión de lbs/hr a cc/min</i>	54

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo implementar un sistema de inyección electrónica, para un motor de 199.5 cc, de la marca Pulsar ns200. Se hace pruebas en el dinamómetro con la finalidad de obtener resultados después de la aplicación del sistema de inyección a su vez se realiza un estudio del motor para determinar la cantidad de gasolina que es ingresada por minuto a la cámara de combustión, esto en base a la cilindrada y al consumo específico neto de un motor. Este estudio será realizado en base a la normativa establecida en el reglamento del gran premio del campeonato del mundo de la FIM. Teniendo en cuenta el sistema de inyección electrónica seleccionado y adquirido se realizara un mapeo para nivelar los tiempos de alimentación en el motor, juntando así un sistema tipo CDI tradicional en el motor y una ECU que controlara el sistema de inyección electrónica y la lectura de todos sus sensores estos necesarios para un buen desempeño del sistema. Para la implementación del sistema de inyección electrónica se diseña un plan en secuencia en el cual se toma en cuenta el tiempo, costos, eficiencia y pruebas, obteniendo así un motor funcional con sistema de inyección electrónica.

Palabras clave:

- **INYECCIÓN ELECTRÓNICA**
- **SENSORES**
- **ACTUADORES**
- **MOTO3**
- **MAPEO**

Abstract

The objective of this work is to implement an electronic injection system for a 199.5 cc Pulsar ns200 engine. Tests are made in the dynamometer in order to obtain results after the application of the injection system, at the same time a study of the engine is made to determine the amount of gasoline that is entered per minute to the combustion chamber, this based on the displacement and the net specific consumption of an engine. This study will be carried out based on the regulations established in the FIM World Championship Grand Prix regulations. Taking into account the electronic injection system selected and acquired, a mapping will be made to level the feeding times in the engine, thus joining a traditional CDI type system in the engine and an ECU that will control the electronic injection system and the reading of all its sensors, which are necessary for a good performance of the system. For the implementation of the electronic injection system, a sequential plan is designed in which time, costs, efficiency and tests are taken into account, thus obtaining a functional engine with electronic injection system.

Key words:

- **ELECTRONIC INJECTION**
- **SENSORS**
- **ACTUATORS**
- **MOTO3**
- **MAPPING**

Capítulo I

1 Planteamiento del Problema

1.1 Antecedentes

Mediante y gracias a la creación e implementación de los sistemas de inyección electrónica implementados en motores de motocicletas, el combustible se logra administrar de forma precisa y en un momento justo. Y gracias a esto genera que se tenga un consumo eficiente y óptimo del combustible.

Los sistemas de inyección electrónica también mejoran las respuestas en las aceleraciones, facilitan el encendido y obviamente requiere el mínimo mantenimiento. Pese a esto poseer varios y distintos sensores dentro de todo su sistema los mismos que van acompañados de actuadores que controlaran y regularan la manera en la que realizan la inyección, estos serán controlados por una Unidad de control electrónica.

La operación del motor es gobernada por la centralita, a través de la información suministrada por los diferentes sensores conectados a los distintos pines de conexión en la ECU. La comunicación con la centralita es posible gracias a los sistemas OBD de diagnóstico que se incorporan (EOBD, OBDII, CAN protocol, K Line protocol...) en los vehículos actualmente. (Joseba López Vidarte & José Carlos Urroz Unzueta, 2014a)

Una reprogramación a una centralita supone una modificación de los parámetros de funcionamiento del motor para que los cambios realizados al motor se ajusten en mayor armonía con la nueva programación de la centralita. La reprogramación de centralitas requiere años de experiencia profesional. Esta práctica permite a los profesionales optimizaciones individuales para cada motor, ya sea para lograr una mejor economía de combustible o unas altas prestaciones de competición. (Joseba López Vidarte & José Carlos Urroz Unzueta, 2014a)

Por lo tanto la actuación sobre dichos parámetros del motor nos permite una mejora de rendimiento que podrá ajustarse en función del número de revoluciones y trabajo del motor.

La primera opción que se sugiere es la reprogramación de la ECU (Electronic Control Unit) original a través de su toma de diagnóstico. Esta comunicación con la centralita se realiza por la denominada línea K, que se utiliza primordialmente para la comunicación con el exterior. Se establece un flujo de datos por medio de un canbus que se puede controlar desde el ordenador (PC) a través de conexiones USB o mediante un cable RS232. (Joseba López Vidarte & José Carlos Urroz Unzueta, 2014a)

El último recurso se basa en acceder por medios propios a la centralita, conociendo el protocolo de comunicación de la misma para poder leer los datos almacenados (mapas de inyección) y escribir sobre los microcontroladores, actuando de esta forma sobre los mismos de manera directa. Esta opción se conoce vulgarmente como flashear la centralita. Las centralitas poseen un proceso de autenticación/criptación que protege a la misma de accesos no autorizados, por lo que en cierta manera estaríamos pirateando el protocolo de la centralita. (Vidal, 2012) Este método resulta complejo ya que los fabricantes no publican sus protocolos ni códigos para las centralitas. Además se corre el riesgo de modificar erróneamente algún parámetro que suponga el deterioro de la ECU o del motor. (Joseba López Vidarte & José Carlos Urroz Unzueta, 2014a)

Una manera de calibrar la inyección del motor, aunque no muy recomendada por profesionales, es la de falsear las medidas obtenidas por los sensores. Una manera sencilla es la de actuar sobre la medición de temperatura, ya sea la del motor como la de la admisión (IAT – Intake Air Temperature). (Joseba López Vidarte & José Carlos Urroz Unzueta, 2014a)

Esta calibración se basa en poner una resistencia en serie con el sensor de temperatura, normalmente un termistor NTC. Esta actuación puede mejorar en los regímenes bajos del motor, falseando la medición para que enriquezca la mezcla, sin embargo, en regímenes altos se suele perder potencia por ir demasiado rico. Para evitar esto puede colocarse un potenciómetro e ir ajustándolo hasta alcanzar un punto de trabajo que no comprometa demasiado los altos regímenes de vueltas. Los sistemas más avanzados permiten falsear la señal del sensor en función de las revoluciones, de modo que se realiza una mejor puesta a punto. (Joseba López Vidarte & José Carlos Urroz Unzueta, 2014a)

Las unidades de control de motor más simples controlan únicamente la cantidad de combustible inyectado en cada cilindro por cada ciclo de motor. Por otro lado, existen centralitas más avanzadas que controlan el punto de ignición o encendido, el tiempo de apertura/cierre de las válvulas de asiento, el nivel de impulso mantenido por el turbocompresor, etc. (Joseba López Vidarte & José Carlos Urroz Unzueta, 2014a)

Entre algunas funciones las centralitas realizan acciones sobre; Inyección de combustible, tiempo de encendido, ralentí, distribución de las válvulas de admisión y escape.

Las centralitas programables son requeridas en situaciones de modificaciones importantes que puedan influir de manera significativa en el comportamiento final del motor. Por ejemplo, la instalación o cambio del turbocompresor, intercooler, tubo de escape, o cambio a otro tipo de combustible requieren de un reajuste de los valores/mapas almacenados en la centralita. Estas centralitas pueden ser programadas/mapeadas conectándolas a un ordenador portátil, mientras el motor está en marcha. (Libre, 2018)

Principalmente se disponen de 3 parámetros sobre los que actuar: la cantidad de combustible (mezcla), de aire (válvula de ralentí) y el avance del encendido. Las distintas condiciones de operación se pueden resumir de la siguiente manera: (Joseba López Vidarte & José Carlos Urroz Unzueta, 2014a)

Dentro de lo que cabe mencionar a la Unidad de control electrónica, para esta ocasión se necesitara utilizar una ECU reprogramable o programable para mejorar el tiempo de inyección y más parámetros que serán paso fundamental para lograr obtener los mejores resultados en el motor. Ya que dentro del mundo de la competición cualquier pequeña modificación representa una victoria o perdida, por ende el centrarnos en la capacidad y entrega del motor durante su trabajo neto y que mejor empezando por el sistema de inyección debido a que con esta se mejorara notablemente su rendimiento como ya lo habíamos mencionado en instancias anteriores, denotando su superioridad sobre el típico sistema de carburador.

1.2 Justificación

El fin de este proyecto es contribuir a los estudiantes con la implementación de un sistema de inyección electrónica en el motor de un prototipo de moto³, para la carrera de “Tecnología Superior en Mecánica Automotriz” de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

En la última década se ha visto sistemas de inyección en motos solamente de alta cilindrada y de especificaciones obviamente caras, con este fin se ha visto la optimización del motor de baja cilindrada (250cc) y a carburador mediante un sistema de inyección electrónica. Lo que se lograra con este sistema será el mejorar el consumo de combustible, mejorar la combustión en sí, aumentar la potencia y una buena mezcla estequiometría.

La implementación de este sistema en el motor y debido a que trata de un prototipo de competencia representara una mejora en la eficiencia del motor, ayudándonos así a mejorar el desempeño en la salida y en la aceleración final.

Como hemos visto años tras años cada rama de vehículos competitivos son muy indispensables en el mundo de la tecnología a nivel mundial debido a que gracias a estos se elaboran sistemas para vehículos comunes de calle, además que los conocimientos

adquiridos durante este proyecto nos ayudaran con experiencia para un campo laboral extenso.

En este proyecto se quiere aplicar todo el conocimiento que se ha obtenido al transcurso de la carrera teniendo en cuenta cada parámetro de toda la formación profesional que se ha adquirido, ya que con esta construcción se obtendrá la capacidad de entender su funcionamiento y por qué no el incentivar a seguir innovando y desarrollando proyectos destacados a nivel nacional e internacional creando así fuentes de aprendizaje para nuevas generaciones, nuevas culturas que sigan fomentando y trabajando en el tema de competencias nacionales e internacionales con el mayor propósito de dejar el nombre en alto de la institución y en sí del País.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Implementar el sistema de inyección electrónica en el motor del prototipo Moto3.

1.3.2 Objetivos específicos

- Investigar información bibliográfica sobre el sistema de inyección aplicable al motor seleccionado para el prototipo de moto3.
- Seleccionar el sistema de inyección electrónica aplicada al prototipo de moto3
- Implementar el sistema de inyección en el motor del prototipo de Moto3 y realizar pruebas mecánicas.

1.4 Alcance del proyecto

El proyecto se basa en la implementación de un sistema de inyección electrónica a un motor de carburación tradicional, para ello la ejecución de todo cuenta con la comprobación de la potencia del motor estando de manera estándar, esto quiere decir a carburación.

Otro punto fundamental radica en la selección del sistema de inyección el mismo debe contemplarse bajo los estándares y reglamentos de lo que contempla moto3. Para ello se debe contemplar todos los componentes del sistema de inyección tales como, unidad de control electrónico, inyector, arnés de cables, sensor EGO, sensor CKP.

Como finalidad este proyecto tiene el fin de potenciar el motor encontrándose dentro de los parámetros establecidos dentro de la categoría moto3.

Dentro de este proyecto debemos seguir parámetros y uno de ellos y muy fundamental es el presupuesto que se tiene, para ello debemos tener el fin de no exceder dicho presupuesto individual ni estar bajo el parámetro mínimo, así para presentar un proyecto de calidad.

Capítulo II

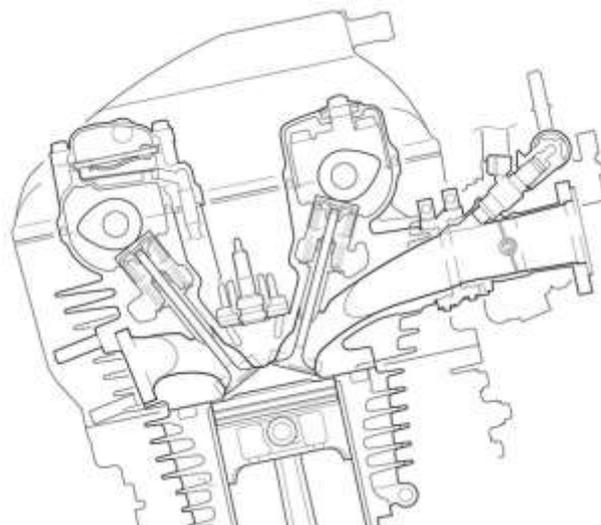
2 Marco teórico

2.1 Los carburadores comenzaron a desaparecer.

Según (Lemmy, 2014) los carburadores contaminan. Pero sin embargo, no es como la mayoría de la gente piensa. Los carburadores pueden eliminar un poco más de contaminación a través del tubo de escape que la inyección de combustible, pero la mayor diferencia es cuando la motocicleta no está funcionando. Los carburadores tienen un cuenco en el que reposa el combustible, y ese combustible se evapora. Para la Madre Naturaleza, resulta, no tiene la misma inclinación por esos molestos hidrocarburos no quemados que yo. Los sistemas de inyección de combustible están esencialmente sellados, por lo que no permiten que el combustible sin quemar se escape cuando la motocicleta está estacionada.

Figura 1

Honda CB1100 con sistema de inyección de combustible



Nota. La figura representa un motor de inyección electrónica, (Honda of America, 2016)

El otro problema es que los carburadores son imprecisos. No es impreciso en el mal sentido. Simplemente no se pueden ajustar tan rápidamente como un sistema de inyección

de combustible, porque son mecánicos. Sin ser demasiado técnico, el aire y el combustible deben mezclarse en una proporción precisa, en algún lugar entre, digamos, entre 12 y 14,7 partes de aire por cada parte de combustible. La mayoría de los mecánicos que montan una motocicleta en el patio trasero apuntan a ese número 12. Ese extremo del espectro es donde se encuentran los caballos de fuerza. Una mezcla rica y agradable consigue la máxima carga de combustible en los cilindros y tiene el beneficio adicional de ayudar a enfriar el motor. (Lemmy, 2014)

2.2 Sistemas de Inyección a Gasolina

2.2.1 Descripción del Sistema de inyección a gasolina en motocicletas

Según (Patole, BikesMedia, 2015) la gran mayoría de las motocicletas que circulan por la carretera todavía utilizan antiguos carburadores. Pero ahora más y más compañías de vehículos de dos ruedas están considerando la inyección de combustible como una opción en sus motocicletas simplemente porque es la nueva tecnología que ha surgido. Pero no nos malinterpretes, la inyección de combustible ha estado presente desde la década de 1980. Simplemente no era tan buscado y, por lo tanto, nunca se pensó en la fabricación factible, lo que lo convierte en una gran prima.

Con la información correcta, la inyección de combustible correctamente configurada puede suministrar la cantidad correcta de combustible en cualquier momento y bajo cualquier condición. (Theseira, BikesRepublic.com, 2016)

Hero y Magneti Marelli han creado una empresa conjunta para investigar y desarrollar unidades de inyección electrónica de combustible (EFI) rentables que se pueden instalar en cualquier motocicleta (Figura 2) y, al mismo tiempo, mantener bajos los costos generales. Pero incluso después de todo, un tradicional comprador no ve las unidades EFI como una ventaja, sino que las considera una prima innecesaria. (Patole, BikesMedia, 2015)

Figura2

Sistema de inyección electrónica completo



Nota. La figura representa un sistema kit de inyección de combustible, tomado de (Theseira, BikesRepublic, 2016)

2.2.2 Concepto de inyección de combustible

Para entender esto mejor, comparemos esto con nuestro buen amigo, el carburador. El motor de la motocicleta debe estar provisto de una mezcla de aire y combustible para una combustión adecuada en el interior. Por lo tanto, la mezcla, si no es adecuada, no proporciona un equilibrio adecuado que conduce a un rendimiento inadecuado. Para una motocicleta promedio que usa combustible sin plomo, la mezcla debe estar en el rango de 12-14.7 partes de aire por una parte de combustible. Esta es la banda donde se encuentra el máximo rendimiento con mayor eficiencia. (Patole, BikesMedia, 2015)

Para Patrick (Patole, BikesMedia, 2015) que redacta en su artículo, hay términos como una mezcla magra y una mezcla rica. Cuando la cantidad de combustible al aire está en el lado más alto (es decir, 12), entonces es una mezcla rica para sacar el máximo rendimiento. Pero cuando la misma cifra ronda los 14,7, se trata de una combinación

ajustada para lograr la máxima eficiencia al comprometer el rendimiento. Esto es lo que debe ajustarse manualmente en un carburador con un destornillador grande.

Todas estas molestias se resuelven en una unidad de inyección de combustible. Para empezar, se controla electrónicamente mediante una ECU (Unidad de control electrónico). Contiene mapas de combustible que ajustan la mezcla de aire y combustible de acuerdo con las condiciones de conducción, pero más sobre eso más adelante. (Patole, BikesMedia, 2015)

Figura 3

Inyector de combustible



Nota. Inyector de combustible, tomado de (Patole, BikesMedia, 2015)

2.2.3 Historia y Evolución de la Inyección en la motocicleta.

Durante la implementación del control de las emisiones, las motocicletas fueron consideradas como una porción muy pequeña del total de las emisiones. Por consiguiente, los controles de emisiones no eran aplicados o sólo se hacía de una manera muy lenta y el sistema de inyección de combustible no se requería para el control de emisiones en la motocicleta. (LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013)

Acerca del rendimiento, el sistema de inyección de combustible suministraba mejor rendimiento en los motores de los automóviles pero la mayoría de los motores multicilíndricos de las motocicletas tenían sistemas de carburadores múltiples independientes, que operaban con buen rendimiento. Por lo tanto, los motores de las motocicletas no necesitaban sistemas de inyección de combustible. Además, las motocicletas son pequeñas y no tienen espacio suficiente para colocar los componentes de la inyección de combustible como un sistema medidor del flujo de aire, además, los costos eran muy altos, por esto, la inyección de combustible no era popular en las motocicletas. Pero debido al desarrollo de la inyección de combustible para los automóviles, los fabricantes de motocicletas comenzaron a desarrollar la inyección de combustible a principios de los 80's. (LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013)

En 1982, Yamaha desarrolló la XJ750D (Figura 4), la cual usaba un sistema de inyección de combustible tipo flujo de masa, con un medidor de flujo de aire tipo alambre caliente. Honda desarrolló la CX500 Turbo (Figura 5), la cual utilizaba un sistema de inyección tipo D-Jetronic, el cual detectaba el volumen del flujo de aire por medio de la presión negativa de la admisión. Kawasaki desarrolló la Z750GP, la cual usaba un sistema de velocidad de aceleración. (LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013)

Figura 4

Yamaha XJ750D



Nota. Yamaha XJ750D, tomado de (MCS, 2009)

Figura 5

Kawasaki Z750GP



Nota. Kawasaki Z750GP, tomado de (MCS, 2009)

Yamaha utilizó el sistema de flujo de masa que había sido probado en los motores de los automóviles. Este sistema puede lograr un carácter transitorio óptimo, desde las rpm

bajas, hasta las rpm altas. Honda tomó el tipo D-Jetronic, el cual había evolucionado del reciente PGMF-1 (el nombre comercial registrado por Honda para su sistema inyección electrónica de combustible). Este sistema PGMF-1 puede responder a los cambios de presión de la admisión causados por el sistema del turbo cargador. Kawasaki utilizó el sistema de velocidad de aceleración, el cual tenía una buena respuesta. (LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013)

Según (LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013) El sistema de inyección de combustible de Yamaha tenía el mismo carácter de rendimiento y aceleración, comparado con el sistema de carburadores, pero todavía el carburador era el sistema más popular en ese momento y por este motivo, los costos eran altos debido a la baja producción. Así que en ese momento, el sistema de inyección de combustible para los motores de las motocicletas no podía ser desarrollado.

Honda utilizó el sistema de presión de admisión, pero con este sistema, era difícil alcanzar una buena respuesta en la conducción de la motocicleta, debido al manejo del motor y a los retrasos del turbo. Por este motivo, la manejabilidad no era lo suficientemente buena. Además de eso, el turbo no podía llegar a ser un buen dispositivo para incrementar la potencia comparado con el gran desplazamiento (altas cilindradas). Por lo tanto, el sistema de inyección de combustible de Honda desapareció junto con el sistema de turbo. (LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013)

Kawasaki tomó el sistema de velocidad de aceleración pero se notó que era difícil detectar el aire de admisión desde el ángulo de aceleración solamente, porque la relación entre el ángulo de aceleración y el volumen del aire de la admisión es muy complicada, especialmente a velocidades bajas del motor y no se puede obtener un buen carácter transitorio con este sistema solamente, por lo tanto, la evaluación del mercado no fue

suficientemente buena. (LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013)

Más tarde, el control de las emisiones se fue volviendo cada vez más y más estricto, y como resultado, la participación de las emisiones de las motocicletas aumentó.

La EU comenzó con el control de las emisiones, seguido por otros países.

Actualmente, las motocicletas necesitan cada vez más mejores emisiones. Con los sistemas de inyección electrónica de combustible se obtienen buenas emisiones y esta es la clave tecnológica para reducir las emisiones dañinas y para mantener limpio nuestro medio ambiente, por esta razón, la inyección electrónica de combustible es aplicada a muchas motocicletas, no sólo a las motocicletas grandes, sino también, a pequeños scooters y ciclomotores. (LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013)

2.2.4 Tipos de Sistemas de Inyección Electrónica

2.2.4.1 Clasificación de los sistemas de inyección.

Se pueden clasificar en función de cuatro características distintas:

- Según el lugar donde inyectan.
- Según el número de inyectores.
- Según el número de inyecciones.
- Según las características de funcionamiento.

2.2.4.2 Según el lugar donde inyectan.

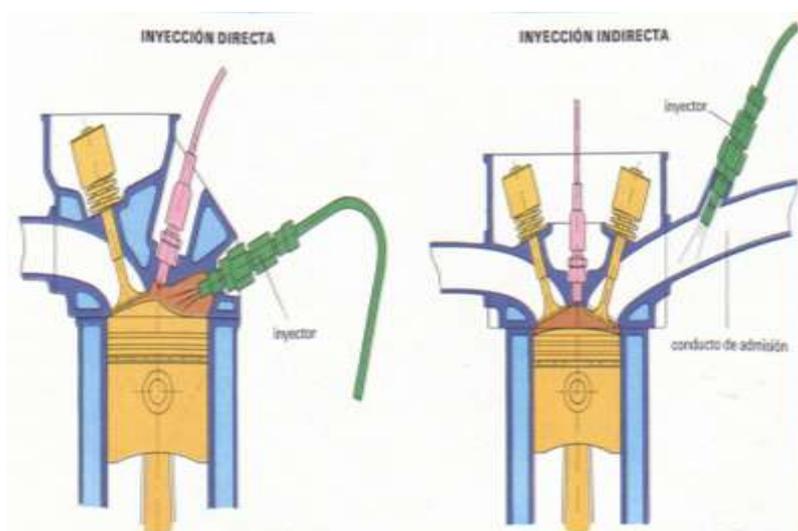
Inyección Directa: El inyector introduce el combustible directamente en la cámara de combustión (Figura 6, izquierda). Este sistema de alimentación es el más novedoso y se

está utilizando en los motores de inyección gasolina como el motor GDI de Mitsubishi o el motor IDE de Renault.

Inyección Indirecta: El inyector introduce el combustible en el colector de admisión, encima de la válvula de admisión (Figura 6, derecha), que no necesariamente está abierta. Es la más usada actualmente. (CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER, 2009)

Figura 6

Inyección según el lugar de inyección



Nota. Inyección indirecta y directa, tomado de (Motorgiga, 2015)

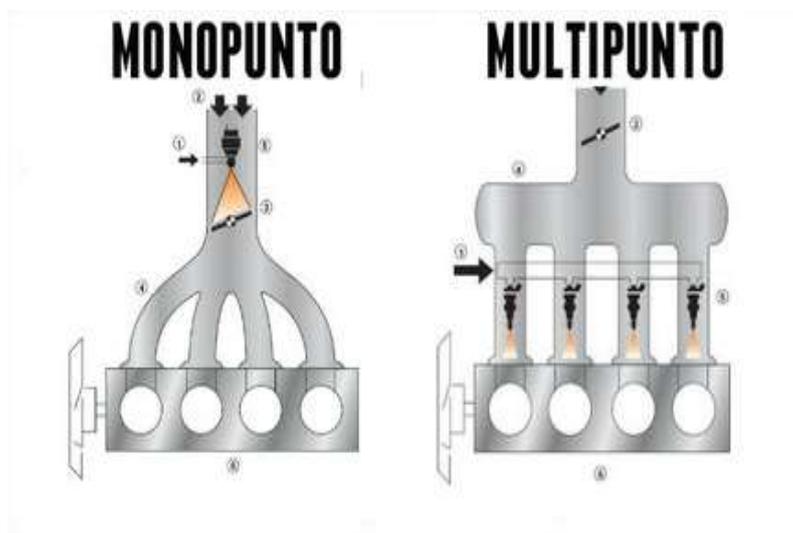
2.2.4.3 Según el número de inyectores.

Inyección Monopunto: Hay solamente un inyector, que introduce el combustible en el colector de admisión, antes de la mariposa de gases (Figura 7, izquierda). Es la más usada en vehículos de turismo de baja cilindrada que cumplen normas de anti contaminación.

Inyección Multipunto: Hay un inyector por cilindro, pudiendo ser del tipo "inyección directa o indirecta" (Figura 7, derecha). Es la que se usa en vehículos de media y alta cilindrada. (CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER, 2009)

Figura 7

Inyección según el número de inyectores.



Nota. Inyección indirecta y directa, tomado de (Buendia, 2017)

2.2.4.4 Según el número de inyecciones.

Inyección Continua: Los inyectores introducen el combustible de forma continua en los colectores de admisión, previamente dosificada y a presión, la cual puede ser constante o variable.

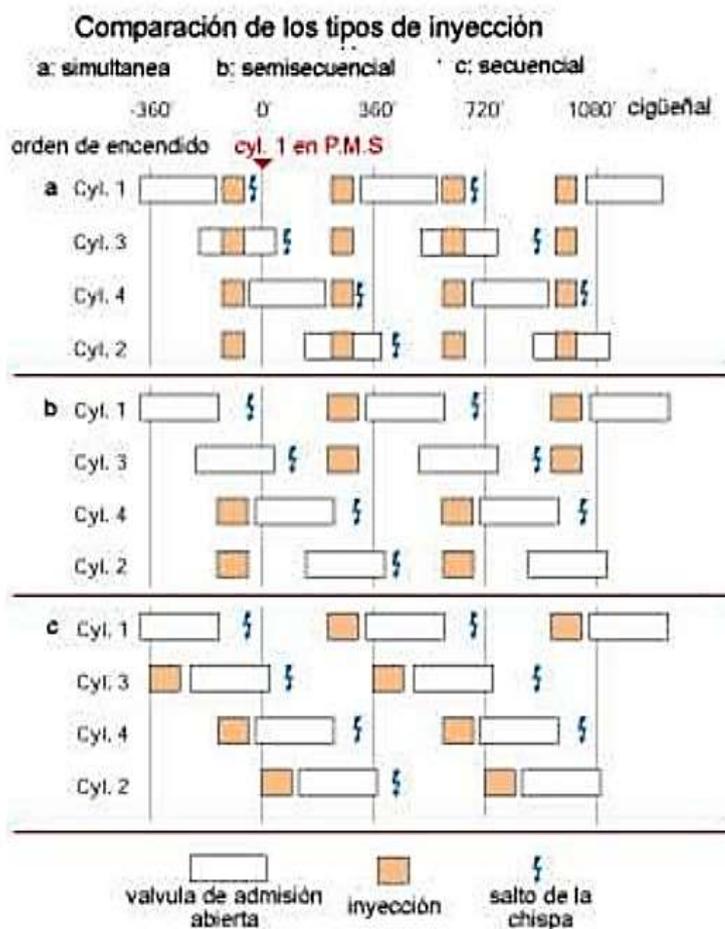
Inyección Intermitente: Para (CABRERA & CIFUENTES 2009) Los inyectores introducen el combustible de forma intermitente, es decir; el inyector abre y cierra según recibe órdenes de la ECU. La inyección intermitente se divide a su vez en tres tipos (Figura 8):

- **Inyección Secuencial:** El combustible es inyectado en el cilindro con la válvula de admisión abierta, es decir; los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada.
- **Inyección Semi-secuencial:** El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos.

- Inyección Simultánea:** El combustible es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a la vez, es decir; abren y cierran todos los inyectores al mismo tiempo.(CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER, 2009)

Figura 8

Inyección según el número de inyecciones



Nota. Comparación entre los distintos tipos de inyección según el número de inyectores, tomado de (Mendoza, 2014)

2.2.4.5 Según las características de funcionamiento.

- INYECCION MECANICA (K-jetronic).
- INYECCION ELECTROMECHANICA (KE-jetronic).

- INYECCION ELECTRONICA (L-jetronic, LE-jetronic, motronic, Digifant, etc.)(CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER, 2009)

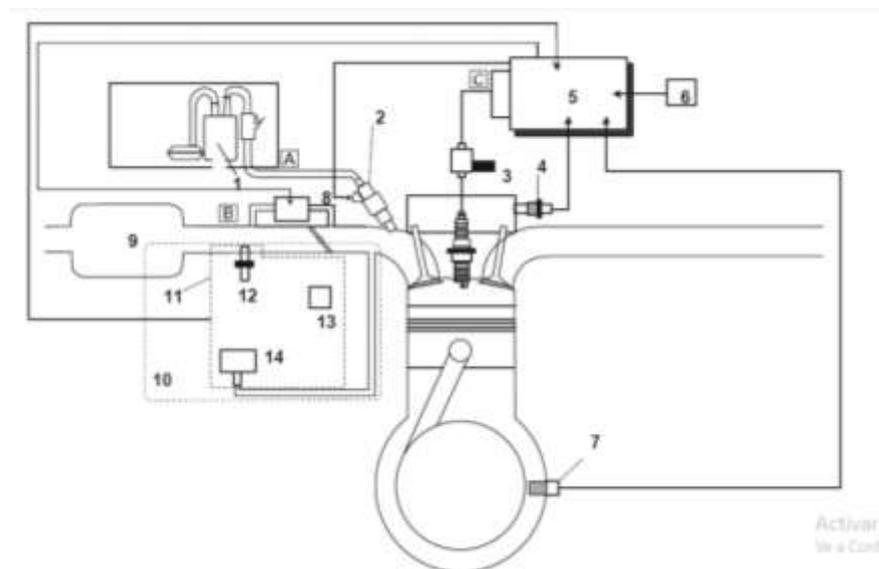
2.2.5 Funcionamiento sistema de inyección electrónica en motocicletas.

Empezamos diciendo que la bomba de combustible suministra combustible al inyector a través del filtro de gasolina. El regulador de presión mantiene la presión de combustible que se aplica al inyector en 250 kPa (2,50 kg/cm² 36,3 psi). Por consiguiente, cuando la señal energizante de la ECU alimenta el inyector de combustible, el paso de combustible se abre, haciendo que el combustible sea inyectado en el colector de admisión sólo durante el tiempo que el paso está abierto. Por lo tanto, cuanto más largo el tiempo en que el inyector de combustible esté energizado (duración de inyección), mayor será el volumen de combustible suministrado. (LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013)

Al contrario, (Figura 9) cuanto menor sea el tiempo en que el inyector de combustible esté energizado (duración de inyección), menor será el volumen de combustible suministrado. La duración de inyección y los intervalos de inyección son controlados por la ECU. Las señales que son ingresadas del sensor de posición del acelerador, el sensor de posición del cigüeñal, el sensor de presión de la admisión, el sensor de temperatura del aire de admisión, el sensor del ángulo de inclinación y el sensor de temperatura de líquido refrigerante le permiten a la ECU determinar la duración de inyección. Los intervalos de inyección son determinados por las señales del sensor de posición de cigüeñal. Como resultado, el volumen de combustible que es requerido por el motor puede ser suministrado en todo momento de acuerdo con las condiciones de conducción.(LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013)

Figura 9

Funcionamiento del sistema de inyección.



Nota. Componentes de sistema de inyección electrónica, tomado de (LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO, 2013)

La ECU está equipada con una función de autodiagnóstico para poder garantizar que el sistema de inyección esté operando normalmente. Si esta función detecta un mal funcionamiento en el sistema, inmediatamente opera el motor bajo características sustitutas e ilumina la luz de advertencia de problemas del motor para alertar al conductor que ha ocurrido un mal funcionamiento en el sistema. Una vez se ha detectado un mal funcionamiento, se almacena un código de falla en la memoria de la ECU. (LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013)

- Para informarle al piloto que el sistema de inyección de combustible no está funcionando, la luz de advertencia de problemas del motor parpadea cuando se está presionando el interruptor de arranque para arrancar el motor.
- Si se detecta un mal funcionamiento en el sistema por parte de la función de autodiagnóstico, la ECU suministra una operación sustituta adecuada, y alerta al

conductor sobre el mal funcionamiento detectado iluminando la luz de advertencia de problemas de motor.

- Después de que el motor se ha detenido, el número de código de falla más bajo se indica en la luz de advertencia de problemas de motor (o aparece en la herramienta de diagnóstico de FI) Este permanece almacenado en la memoria del ECU hasta que se borra(LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE, 2013)

El sistema de inyección de combustible comprende un conjunto complejo de componentes electrónicos y sensores. El sistema depende de una bomba de combustible para controlar el flujo de combustible a la cámara de combustión. Esta bomba de combustible se encuentra dentro del tanque de combustible de la moto. El suministro de combustible a la cámara de combustión se permite a través de una unidad de control electrónico (ECU). Este cerebro eléctrico monitorea constantemente y hace cálculos complejos para entregar la mejor mezcla posible de aire y combustible. (Team Acko, 2021)

Los cálculos complejos incluyen parámetros como la posición del acelerador, el régimen del motor, la temperatura del motor y la carga, entre otros. La boquilla del sistema de inyección de combustible va directamente a la cámara del cilindro. Por lo tanto, el ECU dirige a los inyectores para controlar la cantidad de combustible para permitir el modo más eficiente de combustión. (Team Acko, 2021)

2.2.5.1 Ventajas de la inyección de combustible:

Aquí están las ventajas del sistema de inyección de combustible en las motocicletas:

- Mezcla precisa aire-combustible y atomización.
- Combustión más limpia y eficiente.
- Respuesta del acelerador más aguda y rápida.
- Mejor eficiencia de combustible o kilometraje.

- En comparación con los carburadores, los sistemas FI son libres de mantenimiento y menos propensos a daños.
- Se puede ajustar fácilmente a través de la asignación de ECU. (Team Acko, 2021)

2.2.5.2 Desventajas de la inyección de combustible:

Sin embargo, los sistemas de inyección de combustible también tienen desventajas. Aquí están algunas de las ventajas de FI:

- Caro en comparación con los carburadores convencionales.
- Requiere herramientas complejas para ajustar el sistema FI a través de la asignación de ECU personalizado.
- Necesita herramientas costosas para repararlo, lo que conlleva a mayores costos.
- Si el ECU falla, la bicicleta no arrancará y usted podría quedar varado. (Team Acko, 2021)

2.2.6 Unidad de Control Eléctrico (ECU)

Mediante la tecnología digital moderna se abren múltiples posibilidades en cuanto al control del automóvil. Hay muchos factores de medición influyentes que se pueden reunir para controlarlos a todos de modo simultáneo. La unidad de control recibe las señales de los sensores, las evalúa y calcula las señales de activación para los elementos actuadores. El programa de control está almacenado en la memoria. De la ejecución del programa se encarga un microcontrolador. Se las conoce o se las puede nombrar como: ECC, ECM, ECU, ECCS, CPU, etc. (CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER, 2009)

La ECU (Figura 10) utiliza microprocesadores para reunir información, procesarla y enviar señales para que activen los diferentes circuitos actuadores. Los tres procesadores

principales son la RAM (memoria temporal), la ROM (programa básico de computadora) y la PROM (programa de sintonía fina), estos tres microprocesadores son el corazón de la CPU.

Figura 10

ECU moto a inyección electrónica



Nota. ECU de la marca PowerTRONIC, tomado de (PowerTRONIC, 2019)

La ROM, o memoria sólo para leer, es la sección del ECM que contiene el conjunto principal de instrucciones que sigue la computadora. Esta es la sección que dice: “cuando veo que esto sucede, tengo que hacerlo que suceda”. El microprocesador que contiene estas instrucciones de la ROM es un chip no volátil. Esto significa que el programa diseñado en él no se puede borrar al desconectar la energía. (CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER, 2009)

La RAM, o memoria de acceso aleatorio, es la sección que tiene tres funciones principales en el ECM. La primera función actúa como la libreta de apuntes del ECM; siempre que se necesite hacer un cálculo matemático, el ECM utiliza la RAM. La segunda función es almacenar información en el sistema multiplicador de aprendizaje a bloques (BLM) cuando el motor está apagado o funciona en lazo abierto. La tercera función es almacenar los

códigos de diagnóstico cuando se ha detectado una falla del sistema. Estos códigos son almacenados por cincuenta re-arranques del motor o hasta que la potencia de la batería se retira del ECM. A diferencia del ROM y PROM, los chips del RAM son memorias volátiles.(CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER, 2009)

La PROM, o memoria programable solo para leer, es la sección de calibración del chip en el ECM. El PROM funciona junto con la ROM para las funciones del ajuste fino del control de combustible y del tiempo de encendido para la aplicación específica. El PROM es también una memoria no volátil. Contiene la información acerca del tamaño del motor, tipo de transmisión, tamaño y peso del auto, resistencia de rodamiento, coeficiente de arrastre y relación final de tracción.(CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER, 2009)

2.2.6.1 Funciones de la ECU.

La ECU (Figura 11) es capaz de controlar diversas funciones. Además es capaz de proporcionar un control más preciso y sofisticado. Las funciones que pueden ser controladas por la ECU son las siguientes:

- **Control de la inyección de combustible:**

Para un motor con inyección de combustible, una ECU determinará la cantidad de combustible que se inyecta basándose en un cierto número de parámetros. Si el acelerador está presionado a fondo. La ECU inyectará más combustible según la cantidad de aire que esté pasando al motor. Si el motor no ha alcanzado la temperatura suficiente, la cantidad de combustible inyectado será mayor (haciendo que la mezcla sea más rica hasta que el motor esté caliente).

Sin embargo la ECU proporciona un control más minucioso. Por ejemplo, se utiliza un sistema de control de aprendizaje para mantener en todo momento una

proporción óptima de mezcla en ralentí. (CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER, 2009)

- **Control del tiempo de inyección:**

Un motor de ignición de chispa necesita para iniciar la combustión una chispa en la cámara de combustión. Una ECU puede ajustar el tiempo exacto de la chispa (llamado tiempo de ignición) para proveer una mejor potencia y un menor gasto de combustible.

Si la ECU detecta un cascabeleo y analiza que esto se debe a que el tiempo de ignición se está adelantando al momento de la compresión, la ECU (retardará) el tiempo en el que se produce la chispa para prevenir la situación. (CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER, 2009)

- **Control de la distribución de válvulas:**

Algunos motores poseen distribución de válvulas. En estos motores la ECU controla el tiempo en el ciclo del motor en el que las válvulas se deben abrir. Las válvulas se abren normalmente más tarde a mayores velocidades que a menores velocidades. Esto puede optimizar el flujo de aire que entra en el cilindro, incrementando la potencia y evitando la mala combustión de combustible.

- **Control bomba de combustible:**

La ECU controla, el voltaje aplicado a la bomba de combustible, este reduce el voltaje aplicado a la bomba de combustible para así reducir el ruido de la bomba de combustible y el consumo de energía eléctrica en ralentí.

- **Auto-Diagnostico:**

Verifica si los sistemas de señales de entrada y de salida hacia y desde la unidad de control son normales.

- **Control de régimen de marcha en vacío:**

Recibe señales de diversos sensores y regula el motor a régimen de marcha en vacío óptimo de acuerdo a la carga del motor.

- **Control Ralentí:**

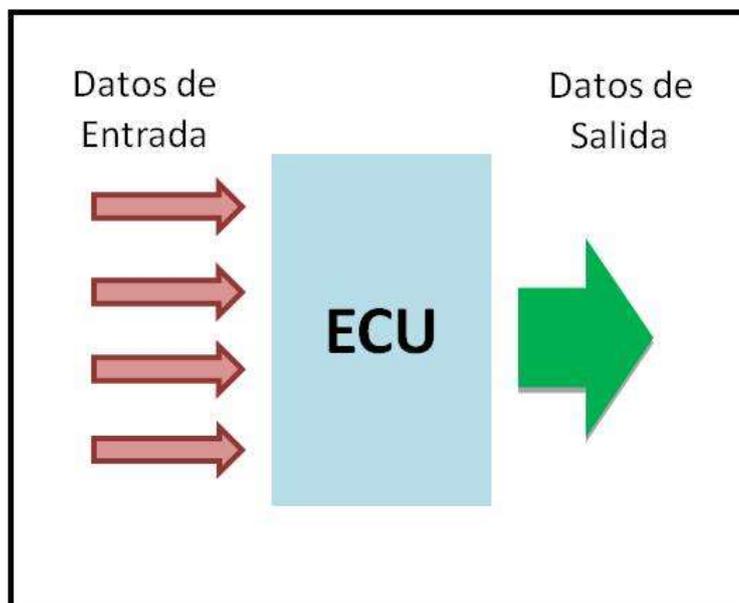
Aumenta el régimen de marcha en vacío cuando el voltaje de la batería es bajo, o cuando hay muchos interruptores de carga accionados.

- **Control regulador de presión:**

Aumenta temporalmente la presión de combustible cuando se pone en marcha el motor con elevada temperatura de refrigerante. Existe otro módulo además de la unidad de control.(CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER, 2009)

Figura 11

ECU funciones.



Nota. Datos de entrada y datos de salida que pasan por la ECU, tomado de (Inyeccionelectronicamotores, 2012)

2.2.7 Sensores y Actuadores

2.2.7.1 Los sensores más principales son:

- Sensor de posición del acelerador, (Figura 12).

Figura 12

Sensor TPS Pulsar 200ns



Nota. Sensor de la posición de la mariposa, tomado de (mlstatic, 2019)

- Sonda Lambda (Sensor de Oxígeno), (Figura 13)

Figura 13

Sensor EGO Pulsar 200ns fi



Nota. Sensor lector de los gases de escape, tomado de (bajaj, 2020)

- Sensor de temperatura de refrigerante, (Figura 14).

Figura 14

Sensor de temperatura del refrigerante



Nota. Sensor de temperatura del motor, tomado de (mlstatic, 2019)

- Sensor de posición del cigüeñal, (Figura 15)

Figura 15

Sensor CKP



Nota. Sensor de posición del cigüeñal, tomado de (Hella, 2019)

- Sensor de presión de aceite, (Figura 16).

Figura 16

Sensor de presión del aceite



Nota. Sensor de presión del aceite del motor, tomado de (Prueba de ruta, 2018)

2.2.7.2 Los actuadores más principales son:

- Inyector, (Figura 17).

Figura 17

Inyector Pulsar 200ns



Nota. Inyector de pulsar ns200, tomado de (bajaj, 2020)

- Modulo del encendido, (Figura 18).

Figura 18

Módulo de encendido Pulsar 200ns



Nota. Tomado de (mlstatic, 2019)

2.3 Regulaciones técnicas Moto3.

- a) Esta ECU tendrá un máximo de un controlador de encendido e incluirá un limitador de RPM del motor, y la ECU debe permanecer sin modificaciones en el hardware y software, tal como lo entrega el Organizador. Está prohibido el uso de cualquier dispositivo o módulo adicional para modificar las señales enviadas desde la ECU a los actuadores. Los inyectores, los sistemas de derivación y el encendido deben funcionar exclusivamente con la señal ECU original y sin modificar.
- b) El equipo solo puede utilizar la versión oficial "Race" del software de la ECU suministrada por el fabricante de la ECU para modificar el archivo de configuración de la ECU. Los únicos cambios permitidos por el equipo son las opciones de configuración (ajuste) incluidas en este software. Solo el fabricante oficial (o su representante oficial) del motor aprobado puede proporcionar nuevos archivos de configuración (que deben estar disponibles para todos los clientes), y el fabricante puede usar su software de versión "Factory" para modificar los archivos de configuración existentes.

- e) La ECU oficial incluirá un registrador de datos, y no se permiten otros registradores de datos adicionales. El software de análisis de datos no está controlado.

(Reglamento del Gran Premio del Campeonato del Mundo de la FIM, 2021)

2.3.1 Sistema de combustible Clase Moto3

- La presión relativa máxima del combustible es de 5,0 bar.
- No se permiten los sistemas de tracto de entrada de longitud variable.
- Solo se permite controlar una válvula de control del acelerador por cuerpo del acelerador. La demanda de energía por parte del motociclista, que debe ser controlada exclusivamente por medios mecánicos (por ejemplo, cable) operados por el motociclista únicamente. No se permiten otros dispositivos móviles motorizados (excepto los inyectores y la derivación de aire de control de ralentí) en el tracto de admisión antes de la válvula de admisión del motor. No se permite la interrupción de la conexión mecánica entre la entrada del piloto y el acelerador.
- Se permite el ajuste de la velocidad de ralentí (incluido el frenado del motor) mediante un sistema de derivación de aire, controlado por la ECU. El tamaño máximo de dicha derivación de aire es de 12 mm de diámetro equivalente; Los sistemas de control pueden incluir una válvula de control tipo mariposa.
- Los inyectores de combustible deben ubicarse arriba de las válvulas de admisión del motor.
- Se permite un máximo de 2 inyectores de combustible por cuerpo del acelerador y 2 controladores de inyectores de combustible independiente, controlado por la ECU oficial.
- Aparte de los gases del respiradero del cárter del motor, solo se permite la mezcla de aire / combustible en el tracto de entrada y la cámara de combustión.

(Reglamento del Gran Premio del Campeonato del Mundo de la FIM, 2021)

Capítulo III

3 Proceso

3.1 Estudio y Análisis previa implementación de inyección electrónica.

3.1.1 *De carburador a sistema de inyección.*

Debido a las ventajas analizadas en el capítulo anterior se determinó que el sistema de inyección electrónica (Figura 20) es más eficiente que la alimentación tradicional de carburador (Figura 19). Para ello se optó por la implementación del sistema de inyección electrónica en base a lo que está establecido en él (Reglamento del Gran Premio del Campeonato del Mundo de la FIM, 2021), dichas reglas están establecidos a partir del artículo 2.6 el cual nos habla de todo lo relacionado con la Clase Moto3.

Figura 19

Sistema de alimentación e combustible por carburador



Nota. Tomado de (motorsgear, 2016)

Figura 20

Sistema de alimentación de combustible a inyección electrónica



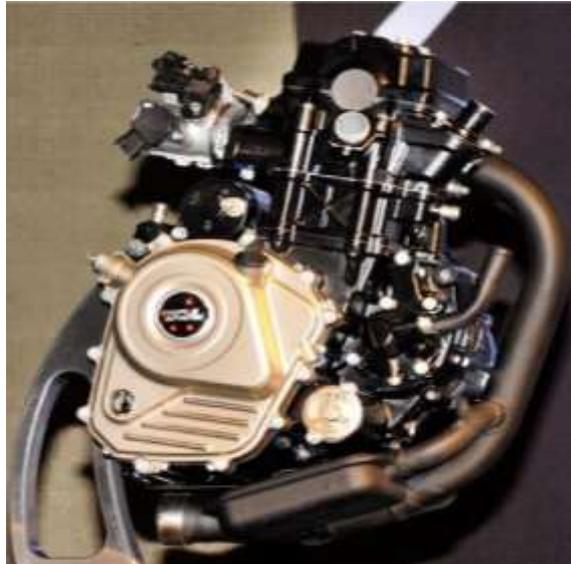
Nota. Tomado de (motorsgear, 2016)

3.1.2 Motor.

Bajo parámetros la selección del motor (Figura 21) y del sistema de inyección electrónica se los realizo en base al artículo 2.2 del (Reglamento del Gran Premio del Campeonato del Mundo de la FIM, 2021) en el cual nos menciona que los motores pueden variar desde 0 cc y como máximo 250 cc en la categoría de moto3.

Figura 21

Motor Pulsar 200ns



Nota. Tomado de (bajaj, 2020)

Por ende las especificaciones del motor a usar son las siguientes:

- Motor de 200 centímetros cúbicos
- 3 bujías para un solo cilindro
- Torque (18 Nm)
- Torque RPM (8000)
- Potencia máxima (23 HP)
- Sistema de inyección a carburador
- Diámetro de carrera (72 x 49)

3.1.3 Selección del sistema de Inyección Electrónica

Para obtener un mejor resultado en el tema técnico, utilizaremos un sistema de inyección electrónica según esta dictaminado en el artículo 2.6.3.6 del (Reglamento del Gran Premio del Campeonato del Mundo de la FIM, 2021), con esto buscaremos obtener mayor torque, mayor potencia y un mejor rendimiento del motor en sí.

Teniendo en cuenta que la relación estequiometrica de la motocicleta será de **11,2:1** tendremos que serán 11.2 partículas de aire por 1 de combustible. Para ello para tomar una decisión correcta tomaremos en cuenta esta fórmula para calcular que inyector podremos elegir para obtener un proceso de combustión perfecto. Para esto en la selección del sistema de inyección, se realizó una búsqueda relacionada al tamaño de inyección y a una cilindrada rondada entre los 200cc a 250cc.

$$\text{tamaño del inyector} = (HP) \times (BSFC) / (\# \text{ de cilindros})$$

Ecuación 1 Inyección por minuto según el tamaño del inyector.

Donde:

HP= son los caballos de fuerza o potencia del motor

BSFC= Consumo específico neto de un motor en los motores de 4 tiempos varía entre 0.5 (N/A) y 0.6 (boost)

de cilindros= número de cilindros del motor.

$$\text{tamaño del inyector} = (23.5 \text{ HP}) \times \left(0.6 \frac{\text{lbs}}{\text{hp} - \text{hr}}\right) / (1)$$

$$\text{tamaño del inyector} = (14.1 \text{ Lbs/Hr})$$

Para evitar fallos o fatigas en este actuador lo que se recomienda es que estos inyectores trabajen en ciclos entre el 80% – 85%.

$$\frac{(14.1 \text{ lbs/hr})}{(0.85)} = (16.60 \text{ lbs/hr})$$

Ecuación 2 Porcentaje para evitar fallas en el calculo

Entonces procedemos a cambiar a cc/min para ello utilizaremos esta fórmula

$$(16.60 \text{ lbs/hr}) \times (10.5) = (174.3 \text{ cc/min})$$

Ecuación 3 Conversión de lbs/hr a cc/min

Para lo cual el sistema más acorde con las especificaciones que se estaban buscando fue el de la marca ROJO (Figura 22) cuyas presentaciones se encuentra en 250cc y 270cc, cabe mencionar que este modelo es 2021 por ende el sistema de inyección electrónica previamente fueron incluidas en modelos desde el año 2018.

Lo que incluye este tipo de sistema de inyección electrónica y encendido electrónico son las siguientes:

- Bobina independiente de 3 terminales
- Sistema de inyección mono punto.
- Inyector
- Cuerpo de aceleración
- Bomba de combustible
- Llave de paso de combustible con retorno
- Filtro de combustible
- Líneas de alimentación de combustible
- Unidad de control electrónica ECU
- Cableado y sockets.
- Sensor de temperatura
- Sensor de oxígeno
- Sensor de posición de la mariposa

Figura 22

Sistema de inyección electrónica ROJO 300 fi



3.1.4 Prueba dinamómetro.

Como primer parámetro para posterior finalización del proyecto es el realizar una prueba inicial en el dinamómetro (Figura 23), con la finalidad de ver resultados iniciales y finales y crear una comparación entre ellos, para demostrar la eficiencia del sistema a inyección.

Para ello la moto usara el sistema a carburador original de la motocicleta.

Figura 23

Prueba dinamómetro



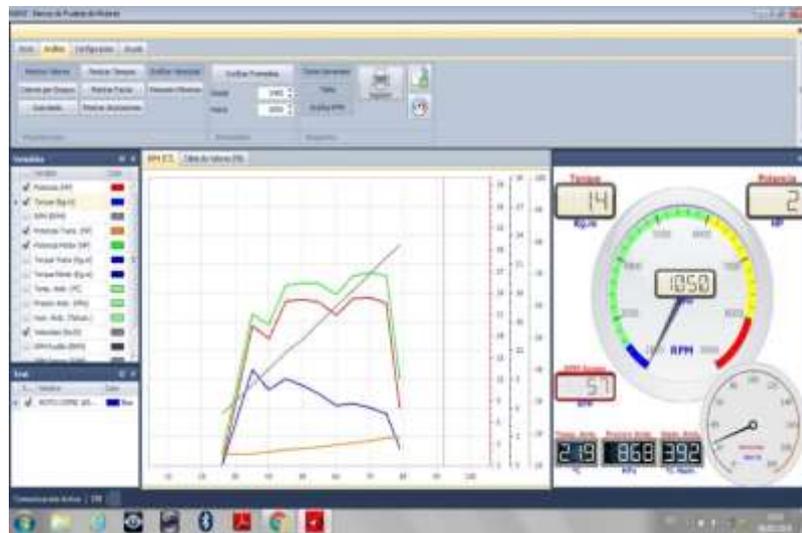
Tabla 1

Resultado de primera prueba en el dinamómetro.

Var.	RPM	Max.	Prom.
Potencia	1800	23 HP	0
Torque	1400	10 Lb.Ft	0
Potencia Trans.	3200	4 Hp	0
Potencia Motor	2800	26,9 HP	0
Velocidad	3200	79 Km/h	0

Figura 24

Banco de pruebas en relación RPM, torque, potencia.



En relación a la prueba realizada en relación RPM, torque, potencia, obtenemos los siguientes valores detallados en la siguiente tabla 2.

Tabla2

Valores en relación a las RPM

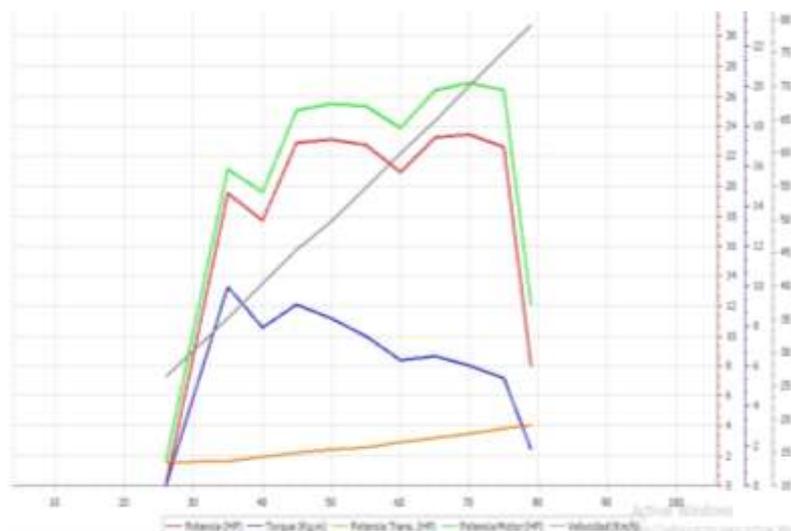
RPM	Potencia (HP)	Potencia Motor (HP)	Potencia Trans. (HP)	Torque (Lb.Ft)	Velocidad (Km/h)
	0	1,6	1,6	0	26
1400	19	21,1	1,6	10	35
	18	19,6	1,9	7,9	40
	23	25	2,2	9,1	45
1800	23	25,5	2,4	8,4	50
	23	25,3	2,6	7,5	55
	21	23,8	2,9	6,3	60
2800	23	26,4	3,2	6,5	65
	23	26,9	3,5	6	70
	23	26,4	3,8	5,4	75
3200	8	12	4	1,8	79

En la tabla (2) podemos describir de la siguiente manera, leyéndola así de izquierda a derecha según las RPM obtenidas:

- A 1400 RPM tenemos una potencia de 19 HP, a su vez la potencia del motor será de 21.1 HP y la potencia entregada a la transmisión será de 1,6 HP con un torque será de 10 Lb.Ft y la velocidad será de 35 kilómetros por hora.
- A 1800 RPM tenemos una potencia de 23 HP, a su vez la potencia del motor será de 25.5 HP y la potencia entregada a la transmisión será de 2.4 HP con un torque será de 8.4 Lb.Ft y la velocidad será de 50 kilómetros por hora.
- A 2800 RPM tenemos una potencia de 23 HP, a su vez la potencia del motor será de 26.9 HP y la potencia entregada a la transmisión será de 3.5 HP con un torque será de 6 Lb.Ft y la velocidad será de 70 kilómetros por hora.
- A 3200 RPM tenemos una potencia de 8 HP, a su vez la potencia del motor será de 12 HP y la potencia entregada a la transmisión será de 4 HP con un torque será de 1.8 Lb.Ft y la velocidad será de 79 kilómetros por hora.

Figura 25

Columna representante del progreso en el dinamómetro



En la Figura 25 podemos ver lo explicado en la tabla 2, pero en esta ocasión veremos gráficamente los picos y descensos de la potencia según la velocidad entregada y las RPM.

En la Figura 26 podemos observar de mejor manera cada función de las líneas que se encuentran en la Figura 25.

Figura 26

Variables para identificación de la tabla.

...	Variable	Color
<input checked="" type="checkbox"/>	Potencia (HP)	Red
<input checked="" type="checkbox"/>	Torque (Kg.m)	Blue
<input type="checkbox"/>	RPM (RPM)	Grey
<input checked="" type="checkbox"/>	Potencia Trans. (HP)	Orange
<input checked="" type="checkbox"/>	Potencia Motor (HP)	Green
<input type="checkbox"/>	Torque Trans (Kg.m)	Dark Blue
<input type="checkbox"/>	Torque Motor (Kg.m)	Dark Blue
<input type="checkbox"/>	Temp. Amb. (°C)	Light Green
<input type="checkbox"/>	Presion Amb. (hPa)	Light Green
<input type="checkbox"/>	Hum. Amb. (%Hum.)	Light Green
<input checked="" type="checkbox"/>	Velocidad (Km/h)	Grey
<input type="checkbox"/>	RPM Rodillo (RPM)	Dark Grey

3.2 Implementación

3.2.1 Instalación de cableado según la ubicación de sensores y actuadores.

Se monta el cableado en la motocicleta (Figura 27). Se conecta nuevamente sockets y terminales de todos los sensores, actuadores, mandos del manubrio, tablero digital, batería, unidad CDI, etc. Todo esto en base al estándar de la longitud del cableado y según la ubicación de sensores y actuadores con el fin de evitar, cables colgando o cables muy tensionados.

Figura 27

Reconexión de cableado general de la motocicleta.



A su vez conectamos el cableado elementos tales como, motor de arranque, bobina de magneto, sensor de presión de aceite, sensor de temperatura, bobinas, cables de bujías, cables a tierra conectados en el motor (Figura 28), etc.

Figura 28

Cableado original finalizado.



3.2.2 Cableado del sistema de inyección electrónica.

Este grupo de cables cuentan con las conexiones eléctricas para:

- Inyector
- Sensor de oxígeno
- Sensor de posición de la mariposa de aceleración
- Sensor de temperatura
- Bomba eléctrica de combustible
- Unidad de control electrónica
- Alimentación del sistema.
- Cables de conexión a masa.
- Conexión para la bobina de encendido.

Figura 29

Conexión de masa de cables del sistema de inyección electrónica.



Al hablar de que todos los sockets (Figura 29) contienen un lugar específico en el sistema, omitiremos la conexión de uno de estos para hablar de la parte más compleja. La conexión de la alimentación del sistema de inyección de combustible.

Figura 30

Presentación del sistema en el chasis de la moto.



El socket que alimenta todo el sistema de alimentación (Figura 30) cuenta con 4 cables los cuales se los describiremos donde van conectados relativamente.

- El cable de color rojo tomara la alimentación del positivo del switch de alimentación de la motocicleta.
- El cable de color verde con blanco va conectados al magneto del motor.
- El cable de color azul con blanco va conectados al magneto del motor.
- El cable de color rosa no se le conecto en esta ocasión, debido que este se le conecta en el caso de que el sistema de inyección electrónica se le conectara en el motor al cual está destinado. (Figura 31)

Figura 31

Alimentación de combustible.



3.2.3 Sensores

3.2.3.1 Sensor de oxígeno.

La moto al ser utilizada con un carburador, esta no tenía un lugar para la colocación del sensor de oxígeno ya que es parte fundamental en el sistema de inyección electrónica

(Figura 32). Para lo cual se realiza perforaciones que permitan la implementación de este sensor.

Figura 32

Pulido del escape



Una vez teniendo pulida y limpia la zona donde ira ubicado el sensor se traza un punto en la curvatura del escape para proceder a perforar la zona con una broca de un diámetro de 1 centímetro (Figura 33).

Figura 33

Orificio para sensor de oxígeno



Posteriormente se selecciona una tuerca M12 del mismo paso de rosca que la del sensor de oxígeno. Una vez seleccionada la tuerca se desbasta una cara de la misma a 45° a una distancia de 5 mm desde una cara de la tuerca con la finalidad de tener un aspecto cónico que abrace la tubería circular en ese punto, una vez obtenido el resultado deseado se procede a soldar en el tubo de escape (Figura 34).

Figura 34

Soldadura de tuerca para sensor de oxígeno.



Una vez finalizada la suelda se procede a pulir la zona de suelda e implementar el sensor de oxígeno en su lugar (Figura 35).

Figura 35

Colocación de sensor de oxígeno en el tubo de escape original.



3.2.3.2 Sensor de temperatura.

El sensor de temperatura se situó en la culata del motor, con el fin de que la ECU pueda leer una plena descripción de la temperatura del motor teniendo así datos plenos y en vivo (Figura 36 e Figura 37).

Figura 36

Sensor de temperatura

**Figura 37**

Conexión al cabezo de sensor de temperatura del motor.



3.2.3.3 Sensor de posición de la mariposa de aceleración.

El sensor de posición de la mariposa de aceleración o bien conocido como TPS está ubicado en el cuerpo de aceleración (Figura 38), este sensor enviara señal mediante sus 3 cables, uno será voltaje de señal, voltaje de tierra y voltaje de referencia, cada uno contando con 5 voltios, de 0 a 5 voltios y de 20 a 80 milivoltios respectivamente.

Figura 38

Sensor de posición de la mariposa de aceleración



Una vez terminado el estudio breve de este sensor lo colocamos en el cuerpo de aceleración justamente para posteriormente conectar su alimentación (Figura 39).

Figura 39*Sensor TPS*

3.2.4 Actuadores

3.2.4.1 Cuerpo de aceleración.

El cuerpo del inyector estará acoplado directamente al cuerpo de aceleración, el mismo que se encargara de suministrar el paso de aire, como bien ya lo sabemos, esto lo controla mediante la lectura de la posición de la mariposa de aceleración y esta señal es enviada a la ECU.

Para ello se realiza pruebas con el cuerpo de aceleración que viene incorporado en el sistema de inyección electrónica (Figura 40), con el fin de mantener todo en armonía como fue desarrollado por los creadores de dicho sistema de inyección.

Pero también se propuso el probar la mejor manera de solucionar y lograr un cambio en la combustión del motor. Para ello se probó el sistema con el cuerpo de aceleración original del motor (UCAL 200) (Figura 41) para ello se cortó el paso de combustible en este sistema así funcionando este simplemente como cuerpo de aceleración, logrando así una estabilidad al momento de acelerar y al ralentí. Debido a que este cuerpo

de aceleración cuenta con un diafragma que ayuda la fluidez del aire y a su vez un diámetro mayor en la salida al cuerpo donde está situado el inyector.

A la final se le dejó el cuerpo de aceleración standard que viene incorporado en el sistema de inyección electrónica. Debido a que el diafragma de la anterior prueba, nos daba un ahogamiento del motor, por este no poseer un sensor MAP.

Tabla 3

Diámetros de la toma de aire del cuerpo de aceleración

	ROJO 300	UCAL 200	Diferencia.
Diámetro cuerpo de aceleración.	35.32 mm	46.91 mm	11.59 mm

Figura 40

Medidas de cuerpo de aceleración ROJO

**Figura 41**

Medidas de cuerpo de aceleración UCAL



En el sentido electrónico se utilizó el mismo sensor original de bajaj ns200 para ello fue necesario el calibrar los dos sensores y conectar los pines en su respectivo orden. Para

dicha calibración se utilizó la misma aplicación mediante el scanner. Dándonos así un resultado mucho mejor que el esperábamos.

3.2.4.2 Inyector.

El inyector viene incorporado en el cuerpo de aceleración, tiene un orificio específico y su respectivo seguro (Figura 42).

Figura 42

Inyector ROJO 300.



Ya teniendo el inyector se realizó cálculos del mismo para comparar cuanta es la diferencia entre lo pedido vs lo adquirido para ello usamos la fórmula:

Donde:

HP= son los caballos de fuerza o potencia del motor

BSFC= Consumo específico neto de un motor en los motores de 4 tiempos varía entre 0.5 (N/A) y 0.6 (boost)

de cilindros= número de cilindros del motor.

$$\text{tamaño del inyector} = (24 \text{ HP}) \times \left(0.6 \frac{\text{lbs}}{\text{hp} - \text{hr}}\right) / (1)$$

$$\text{tamaño del inyector} = (14.4 \text{ Lbs/Hr})$$

Para evitar fallos o fatigas en este actuador lo que se recomienda es que estos inyectores trabajen en ciclos entre el 80% – 85%.

$$\frac{(14.4 \text{ lbs/hr})}{(0.85)} = (16.94 \text{ lbs/hr})$$

Entonces procedemos a cambiar a cc/min para ello utilizaremos esta fórmula

$$(16.94 \text{ lbs/hr}) \times (10.5) = (177.88 \text{ cc/min})$$

Obteniendo este resultado comparamos en que la diferencia entre los dos estaría en 3.58 cc/min.

Se colocó una base diferente (Figura 43) para la implementación del inyector para que todo encaje (donde se realizara la mezcla de aire combustible) constaría de un diámetro de 40 milímetros (6 milímetros más grande que el anterior) y el orificio pequeño donde va anclado el inyector es de 15 milímetros.

Figura 43

Posición de inyector en su nuevo cuerpo.



3.2.4.3 Bomba eléctrica de alimentación de combustible.

La bomba (Figura 44) que posee el sistema de alimentación es una bomba exterior que cuenta con 3 orificios de combustible, uno de ingreso de combustible, otro retorno de combustible y el tercero es el que va conectado al inyector mediante su respectiva línea de alimentación.

La presión entregada por parte de la bomba es de 2.7 bar, teniendo en cuenta que esta bomba se encuentra dentro de los parámetros según el artículo 2.6.3.6 literal 15 del (Reglamento del Gran Premio del Campeonato del Mundo de la FIM, 2021) el cual establece que la presión relativa máxima del combustible es de 5,0 bar.

Figura 44

Bomba de alimentación exterior de combustible ROJO 300.



3.2.4.4 Tanque o depósito de combustible.

Realizada el mantenimiento del tanque (Figura 45), se lo coloca en un lugar donde este exento de impurezas del taller, posteriormente se lo implementara nuevamente en la motocicleta.

Figura 45

Tanque limpio y vaciado



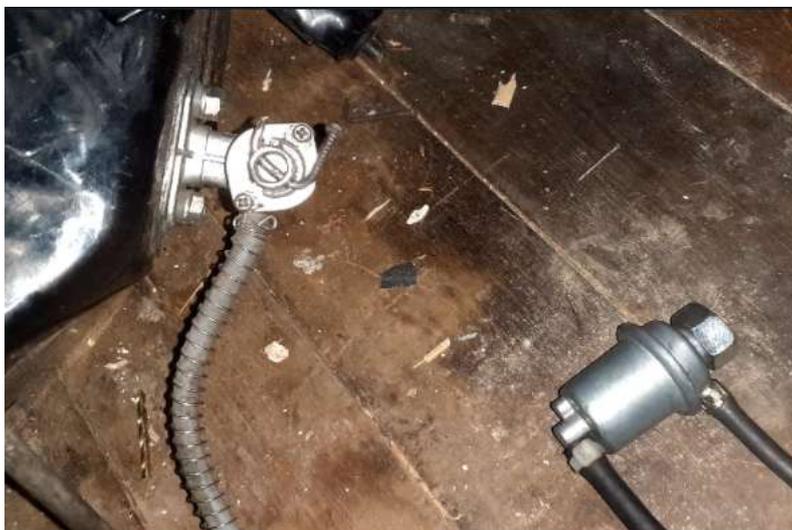
Para colocar el nuevo sistema de inyección se es provisto el soldar una tubería en el tanque, para aquí colocar la válvula de doble sentido del sistema de alimentación.

3.2.4.5 Línea de alimentación de combustible.

Dentro del sistema de inyección electrónica, este cuenta con un sistema propio de alimentación, el mismo que fue fusionado con el sistema de alimentación de combustible original del motor (Figura 46).

Figura 46

Llaves de paso de combustible



Para realizar dicha fusión de los dos sistemas se es necesario realizar una pieza extra que va en el tanque (Figura 47) la misma que ira conectada a la nueva llave de paso que se conectara al sistema de alimentación de combustible del sistema de inyección electrónica.

Figura 47

Llave de paso de doble entrada/salida de combustible



La línea de alimentación de combustible cuenta con un filtro de combustible (Figura 48) propio del sistema de inyección electrónica.

Figura 48

Filtro de combustible línea de alimentación de inyección electrónica.



3.2.4.6 Sistema de encendido electrónico.

El motor pulsar funciona con 3 bujías la disposición de las mismas son, dos bujías laterales para el momento de encender y una bujía que se mantiene funcionando durante el régimen de trabajo del motor.

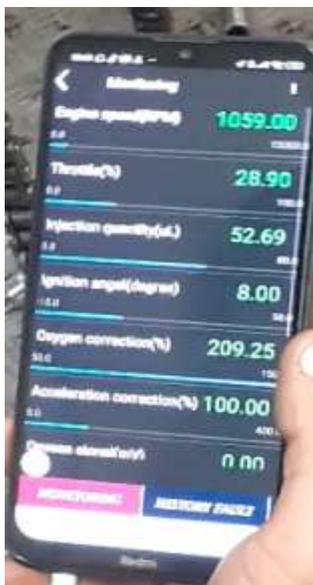
Para el funcionamiento de la motocicleta realizamos una conexión entre el CDI y la ECU con el fin de que estas trabajen al mismo tiempo, para ello:

- La bobina que se encarga solamente del encendido del motor se mantendrá con la señal del sistema CDI original de la pulsar.
- La bobina que se encarga de trabajar viene previamente conectado con el sistema de inyección electrónica.

Para lo cual desconectaríamos la bobina principal que viene instalada en la motocicleta, pero perderemos el sistema de cuentarrevoluciones del motor, para lo cual nos guiaremos con la ayuda del scanner de motos (Figura 49).

Figura 49

Mapeo de revoluciones.



3.2.5 Unidad de control electrónica

Esta motocicleta constara de una unidad de control electrónica y un sistema de control CDI las cuales funcionan simultáneamente, una de ellas será la que viene con la motocicleta (CDI pulsar 200ns) y la otra será la que incorpora el sistema de inyección electrónica (Figura 50) (ROJO 300).

Figura 50

ECU sistema de inyección



El CDI pulsar se encargara de dar la chispa al motor pero esta se dará al momento de encender la motocicleta, debido a que esta estará controlando la bobina que da la chispa a las bujías laterales.

Mientras que la unidad de control electrónica ROJO estará controlando la chispa de la bujía central con la cual trabaja el motor (Figura 51).

Gracias a la ayuda de este sistema podemos acceder a un mapeo (Figura 53) y modificación del tiempo de inyección, revoluciones por minuto, apertura de la mariposa del cuerpo de aceleración, momento de salto de chispa, etc.

Figura 53

Mapeo y programación del sistema de inyección



El último resultado obtenido en el día que se realizó la programación y prueba del sistema de inyección se obtuvo los resultados que veremos en la figura 54.

Figura 54

Monitoreo de eficiencia del sistema de inyección y motor



3.2.6 Prueba dinamómetro resultado final.

Una vez realizado la implementación del sistema de inyección electrónica se realiza la una prueba0 con la finalidad de verificar mejoras en el motor gracias al sistema de inyección electrónica, se llevó la motocicleta al dinamómetro (Figura 55) con el fin de obtener los resultados finales del proyecto.

Figura 55

Prueba final dinamómetro



Figura 56

Prueba revoluciones dinamómetro



Para una mejor apreciación se presentara una tabla 4 con los valores obtenidos durante las pasadas en el dinamómetro, relacionada según las RPM. Teniendo así una media de todo el resultado obtenido.

Tabla 4*Lectura de resultados previa finalización del proyecto*

POTENCIA MAXIMA	23.1 HP
TORQUE MAXIMO	28.8 Lb.Ft
POTENCIA MEDIA	19.0 HP
TORQUE MEDIO	22.8 Lb.Ft
ACELERACION	9.83 segundos

Figura 57

Resultados finales obtenidos

Ensayo: PULSAR N°1764								
Cliente: ALWX								
Potencia Máxima	23,1 HP @ 4600 rpm							
Torque Máximo	28,8 LbFt @ 4000 rpm							
	De 3000 RPM a 10000 RPM				De 3000 RPM a 0 RPM			
Potencia Media	19,0 HP				19,0 HP			
Torque Medio	22,8 LbFt				22,8 LbFt			
Aceleracion	9,83 s				0,00 s			
RPM	Torque Corregido [LbFt]	Potencia Corregido [HP]	Sonda Lambda [AFR]	RPM Pickup [rpm]	Relación Transm.	Potencia Pérdida[HP]	Potencia Rueda[HP]	Velocidad [Kmh]
3100	24,8	14,4	0,00	3061	11,962	0,0	14,4	36,7
3200	25,0	15,1	0,00	3170	11,962	0,0	15,1	38,0
3300	25,4	15,8	0,01	3289	11,962	0,0	15,8	39,1
3400	25,9	16,6	0,00	3364	11,962	0,0	16,6	40,3
3500	26,5	17,6	0,00	3475	11,962	0,0	17,6	41,6
3600	27,2	18,4	0,01	3556	11,962	0,0	18,4	42,6
3700	28,2	19,8	0,00	3682	11,962	0,0	19,8	44,1
3800	28,4	20,4	0,00	3768	11,962	0,0	20,4	45,1
3900	28,7	21,1	0,00	3867	11,962	0,0	21,1	46,3
4000	28,8	21,8	0,00	3980	11,962	0,0	21,8	47,7
4100	28,7	22,2	0,00	4069	11,962	0,0	22,2	48,7
4200	28,3	22,4	0,00	4164	11,962	0,0	22,4	49,9
4300	28,1	22,8	0,00	4270	11,962	0,0	22,8	51,1
4400	27,6	23,0	0,00	4373	11,962	0,0	23,0	52,4
4500	27,1	23,0	0,01	4473	11,962	0,0	23,0	53,6
4600	26,6	23,1	0,02	4571	11,962	0,0	23,1	54,7
4700	25,5	22,7	0,00	4682	11,962	0,0	22,7	56,1
4800	24,9	22,7	0,01	4784	11,962	0,0	22,7	57,3
4900	24,2	22,5	0,00	4878	11,962	0,0	22,5	58,4
5000	23,5	22,3	0,00	4983	11,962	0,0	22,3	59,7
5100	22,1	21,4	0,01	5084	11,962	0,0	21,4	60,9
5200	20,6	20,3	0,00	5183	11,962	0,0	20,3	62,1
5300	20,4	20,5	0,00	5288	11,962	0,0	20,5	63,3
5400	17,6	18,1	0,01	5383	11,962	0,0	18,1	64,5
5500	17,3	18,1	0,00	5489	11,962	0,0	18,1	65,7
5600	16,7	17,7	0,00	5560	11,962	0,0	17,7	66,6

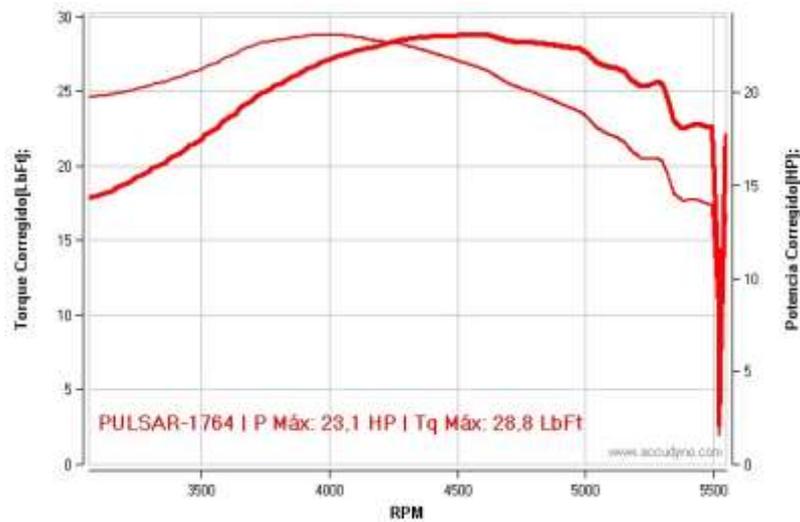
ECUADOR, 19/08/2021 - 16:04
 Cond. Ambientales: Temp 25,0°C; Presión 1029,0 HPa; Humedad 67,0%
 Factor de Corrección: 1,464 [SAE J1349/2004]
 Momento de inercia: 108,0000
 Rango del Ensayo: 3000 RPM - 10000 RPM
 Tiempo de Aceleración: 00:09:83
 Tiempo de Asentamiento: 02:39
 Duración del Ensayo: 00:12
 Archivo: C:\Archivos de programa\Accudyno 2018\PULSAR TESIS\PULSAR-1764.ad3



Como se observa en la figura 57, el torque máximo obtenido en la motocicleta es de 22.8 LbFt, y una potencia máxima de 23.1 HP teniendo así esta medida en un tiempo de aceleración de 00:09:83 segundos. A continuación se muestra en la tabla 5, los valores obtenidos.

Tabla 5*Medidas finales de motocicleta*

RPM	Potencia (HP)	Torque (LbFt)	Relación de trans.(HP)	Velocidad (Km/h)
3100	14.4	24.6	11.962	36.7
4100	22.2	28.7	11.962	48.7
4600	23.1	26.6	11.962	54.7
5000	22.3	23.5	11.962	59.7
5600	17.7	16.7	11.962	66.5

Figura 58*Curvas de potencia en dinamómetro*

Como observamos en la figura 58, tenemos un incremento de potencia antes de las 6000 RPM.

3.2.7 Análisis de resultados.

Tabla 6

Resultados finales.

	Standard fabrica	Standard Usada	Standard Proyecto
Potencia Max.	23 Hp	23 HP 26.9 HP (potencia motor)	23.1 HP
Torque Max.	13.49 Lb.Ft	10 Lb.Ft	22.8 Lb.Ft

En la tabla 6 se establece 3 parámetros de comparación, siendo así un parámetro el motor con datos teóricos de fábrica, datos del motor mientras tenía el tradicional carburador y datos del motor una vez implementado el sistema de inyección electrónica. Como se puede observar, el resultado más notorio es el del torque ya que si contamos desde fábrica el torque actual tendería a casi duplicar sus cifras, teniendo un incremento de 12.2 Lb.Ft. Es decir que la motocicleta es capaz de acelerar desde bajas revoluciones con mucha facilidad.

Pero debido a que no se realizó una modificación mayor (aumento de la cilindrada) en el motor por ende la potencia subió apenas 0.1 HP. Con los resultados que vemos y gracias a las pruebas en pista de la motocicleta, podemos llegar a la conclusión de que el sistema de inyección electrónica aportó al aumento del torque y potencia.

3.3 Presupuesto

Se detalla en la tabla 5 los costos de materiales, mano de obra y procesos que ha utilizado para la adaptación del sistema de inyección electrónica al motor de pulsar ns200.

Tabla 7*Gastos totales del proyecto*

MOTOR			
Descripción	Cantidad	V. unitario	V. total
MOTOR PULSAR NS200	1	290	290
ARNÉS DE CABLES PULSAR NS200	1	80	80
REGULADOR RECTIFICADOR PULSAR NS200	1	30	30
UNIDAD CDI PULSAR NS200	1	60	60
BOBINA ARRANQUE PULSAR NS200	1	20	20
SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA ROJO 300	1	350	350
		Sub.Total	830
MANUFACTURA			
SUELDA ESCAPE	1	5	5
ELABORACIÓN LLAVES DE PASO TANQUE DE COMBUSTIBLE	1	8	8
ELABORACIÓN CUERPO INYECTOR	1	12	12
		Sub.Total	25
ELECTRONICOS			
PRUEBA DINAMÓMETRO	2	20	40

Descripción	Cantidad	V. unitario	V. total
PROGRAMACIÓN	1	300	150
COMPUTADORA			
		Sub.Total	190
		TOTAL	1045

Capítulo IV

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se implementó un sistema de inyección electrónica marca ROJO, cumpliendo así los estándares necesarios con el reglamento de la competición moto3.
- El sistema de inyección ROJO con 177.88 cc de inyección por minuto, se determina que es apto para el motor pulsar ns200 con 174.3 cc por minuto de alimentación.
- Gracias al mapeo se pudo incrementar el tope de inyecciones dejándolo como máximo según el reglamento 13.000 revoluciones por minuto.
- Como resultado obtenido en el dinamómetro tenemos un incremento del torque de 10 Lb.Ft a 22.8 Lb.Ft, teniendo así el doble de torque inicial siendo este el mayor cambio obtenido en el motor, debido a que el motor conserva su potencia inicial debido a que el motor se mantiene en standard, y se tiene un cambio de 23 HP a 23.1 HP.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar un sistema de inyección electrónica en el ámbito de competencia en lugar de la utilización de un sistema tradicional de carburador, ya que con esto se lograra mayores resultados como ya se ha observado en el proyecto.
- Garantizar un buen flujo de aire en la toma del cuerpo de aceleración, evitando así que este esté descubierto o a su vez esté utilizando filtros de muy baja calidad que lo que realmente llegan a hacer es obstruir el flujo continuo del aire.
- No es recomendable el mapeo del computador si es que se le va a ocupar en calle debido a que este tipos de trabajos son utilizados para lograr la mejor obtención de resultados favorables así reduciendo la vida útil del motor.

Bibliografía

bajaj. (2020). Recuperado el 20 de Agosto de 2021, de bajaj:

<https://bajajmatriz.com/producto/sensor-de-oxigeno-dominar-400-rs-200-ns-200-fi/>

Buendía, R. (10 de Octubre de 2017). *motorpasión*. Recuperado el 1 de Julio de 2021, de

motorpasión: <https://www.motorpasion.com.mx/tecnologia/inyeccion-multipunto-vs-inyeccion-directa-en-realidad-son-tan-diferentes>

Hella. (2019). Recuperado el 4 de Agosto de 2021, de Hella:

<https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Sensores-y-actuadores/Sensor-del-ciguenal-4506/>

Honda of America. (10 de Septiembre de 2016). Recuperado el 10 de Junio de 2021, de

Honda of America.

Inyeccionelectronicamotores. (6 de Agosto de 2012). Recuperado el 5 de Agosto de 2021, de

Inyeccionelectronicamotores:

Fuente: <https://inyeccionelectronicamotores.blogspot.com/2016/07/principios-basicos-de-la-gestion.html>

Lemmy. (02 de Julio de 2014). *revzilla*. Obtenido de revzilla:

<https://www.revzilla.com/common-tread/why-things-are-fuel-injection>

Libre, E. (2 de Octubre de 2018). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia:

http://en.wikipedia.org/wiki/Engine_control_unit

LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO, R. D. (2013). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y*

EVALUACIÓN DE UN MODULO DIDÁCTICO PARA. Medellín. Recuperado el 15 de Julio de 2021, de

http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/jspui/bitstream/pascualbravo/85/1/Rep_IUPB_Ing-Mec_Construcci%c3%b3n.pdf

MCS. (12 de Octubre de 2009). Recuperado el 20 de Junio de 2021, de MCS:

https://www.motorcyclespecs.co.za/model/yamaha/yamaha_xj750d%2082.htm

MCS. (17 de Agosto de 2009). Recuperado el 20 de Junio de 2021, de MCS:

https://www.motorcyclespecs.co.za/model/kawasaki/kawasaki_z750l%2080.htm

Mendoza, E. (23 de Febrero de 2014). *Slideshare*. Recuperado el 2 de Julio de 2021, de

Slideshare: <https://es.slideshare.net/ernestomendoza5667/sistemas-de-inyeccion-de-gasolina>

mlstatic. (2019). Recuperado el 15 de Agosto de 2021, de mlstatic:

https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_989526-MLA31606659013_072019-O.webp

Motorgiga. (2 de Julio de 2015). Recuperado el 1 de Julio de 2021, de Motorgiga:

<https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/inyeccion-definicion-significado/gmx-niv15-con194509.htm>

motorsgear. (2016). Recuperado el 17 de Agosto de 2021, de motorsgear:

<https://www.motorsgear.com/moto-a-inyeccion-o-moto-carburada-cual-es-la-mejor-opcion-para-viajes/>

Patole, P. (1 de Junio de 2015). *BikesMedia*. Obtenido de BikesMedia:

<https://www.bikesmedia.in/reviews/motorcycle-fuel-injection-fi-system-explained.html>

Patole, P. (1 de Junio de 2015). *BikesMedia*. Recuperado el 10 de Junio de 2021, de

BikesMedia: <https://www.bikesmedia.in/reviews/motorcycle-fuel-injection-fi-system-explained.html>

PowerTRONIC. (2 de Enero de 2019). *Amazon*. Recuperado el 22 de Julio de 2021, de

Amazon: <https://www.amazon.com/PowerTRONIC-Performance-Piggyback-Bajaj-2017-2019/dp/B07MRKBTMK>

Prueba de ruta. (2018). Recuperado el 11 de Agosto de 2021, de Prueba de ruta:

<https://www.pruebaderuta.com/wp-content/uploads/2015/12/sensor-presion-aceite-620x264.jpg>

Reglamento del Gran Premio del Campeonato del Mundo de la FIM. (2021). *Reglamento del Gran Premio del Campeonato del Mundo de la FIM.*

Team Acko. (21 de Julio de 2021). *acko*. Recuperado el 10 de Junio de 2021, de acko:

<https://www.acko.com/two-wheeler-insurance/difference-between-fuel-injection-and-carburetor-in-bikes/>

Theseira, H. (16 de Noviembre de 2016). *BikesRepublic*. Recuperado el 10 de Junio de 2021, de BikesRepublic: <https://www.bikesrepublic.com/featured/fuel-injection-what-is-it/>

Theseira, H. (16 de Noviembre de 2016). *BikesRepublic.com*. Obtenido de

BikesRepublic.com: <https://www.bikesrepublic.com/featured/fuel-injection-what-is-it/>

Vidal. (2012). *defcon*. Obtenido de defcon: <https://www.defcon.org/images/defcon-21/dc-21-presentations/Illera-Vidal/DEFCON-21-Illera-Vidal-Dude-WTF-in-My-Car-Updated.pdf>

CABRERA ESCOBAR RAÚL VINICIO & CIFUENTES VERA VÍCTOR XAVIER. (2009). *ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN PROGRAMABLE EN UN VEHÍCULO A CARBURADOR* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/418/3/65t00001.pdf>

Joseba López Vidarte & José Carlos Urroz Unzueta. (2014). *Estudio y modificación de la gestión electrónica del motor e implementación del sistema eléctrico del prototipo MotoStudent* [Universidad Publica de Navarra].

<file:///C:/Users/HP/Downloads/TFGLOPEZ%20VIDARTE.pdf>

Joseba López Vidarte & José Carlos Urroz Unzueta. (2014b). *Estudio y modificación de la gestión electrónica del motor e implementación del sistema eléctrico del prototipo*

MotoStudent [Universidad Publica de Navarra].

file:///C:/Users/HP/Downloads/TFGLOPEZ%20VIDARTE.pdf

LUISA FERNANDA CAÑAVERAL JARAMILLO & ROBINSON DE JESÚS ZAPATA TANGARIFE.

(2013). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN MODULO DIDÁCTICO PARA SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE MOTOCICLETAS 4 TIEMPOS* [Trabajo de Grado, INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO].

http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/jspui/bitstream/pascualbravo/85/1/Rep_IUPB_Ing-Mec_Construcci%c3%b3n.pdf

Anexos