



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

**“Análisis comparativo de funcionamiento de un motor Toyota
5e-fe, mediante sistema de inyección del 4e-fe para determinar
su comportamiento en uso regular”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Llontop Guzman Jose (ORCID: 0000-0003-3336-6458)

ASESOR:

Msc. Celada Padilla James Skinner (ORCID: 0000-0002-5901-2669)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Agradezco a Dios y a mi madre celestial por ser guía en mi vida y permitirme alcanzar cada meta y compartirla con los seres que amo.

Llontop Guzmán José

Agradecimiento

A Dios primeramente por darme la vida la salud y el cuidado en todo este tiempo que paso desde que emprendí este proyecto.

A mi familia y maestros educadores por darme la oportunidad de crecer como profesional y como persona.

Llontop Guzmán José

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA	16
3.1 Tipo y diseño de investigación	16
3.2 Variables y operacionalización.....	16
3.3 Población y muestra.....	17
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5 Procedimientos	18
3.6 Método de análisis de datos.....	18
3.7 Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN	49
VI. CONCLUSIONES.....	50
VII. RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS.....	52
ANEXOS	54

Índice de tablas

Tabla 1. Evolución de los consumos específicos de combustible Km/Gl.	2
Tabla 2. Vehículos para el sector transporte público en Lima años 2013 - 2017.	3
Tabla 3. Técnicas e instrumentos	18
Tabla 4. Medición de parámetros a velocidad crucero, 2000rpm.....	25
Tabla 5. Medición de parámetros a velocidad máxima, 2800rpm.	26
Tabla 6. Medición de presión del aire de ingreso al motor.	27
Tabla 7. Medición de temperatura del aire de ingreso al motor.	28
Tabla 8. Mediciones en sensor de posición del acelerador.....	29
Tabla 9. Mediciones en sensor de posición del obturador.	30
Tabla 10. Mediciones en sensor de oxígeno.....	31
Tabla 11. Mediciones de temperatura del motor.	32
Tabla 12. Mediciones de la presión media en el cilindro (Bar).	33
Tabla 13. Potencia mecánica.	34
Tabla 14. Mediciones del tiempo de inyección (milisegundos).....	34
Tabla 15. Mediciones del consumo de combustible.....	35
Tabla 16. Medición de parámetros a velocidad crucero, 2000rpm de motor adaptado.	37
Tabla 17. Medición de parámetros a velocidad máxima, 2800rpm de motor adaptado.	38
Tabla 18. Temperatura del motor.	39
Tabla 19. Tiempo de inyección (Milisegundos).	40
Tabla 20. Presión media en el cilindro (Bar).	41
Tabla 21. Potencia Mecánica (Kilowatt).	42
Tabla 22. Consumo específico de combustible (Km/Galón)	43
Tabla 23. Inversión económica	44
Tabla 24. Ahorro diario de combustible al realizar la adaptación	45
Tabla 25. Flujo de liquidez.	46

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de los consumos específicos (Km/Galón).....	2
Figura 2. % Vehículos para el sector transporte público en Lima años 2013 - 2017.	3
Figura 3. Tipos de señales analógica y digital.....	9
Figura 4. Circuito sensor MAP	9
Figura 5. Conexión circuito IAT	10
Figura 6. Diagrama de circuito para conexión del TPS	10
Figura 7. Conexión circuito ETC	11
Figura 8. Variación de la resistencia producto de la temperatura	11
Figura 9. Vista del sensor Lambda.....	11
Figura 10. Señal sensor oxígeno	12
Figura 11. Tipo de inyección	12
Figura 12. Conexión de osciloscopio en inyector de gasolina.....	13
Figura 13. Arquitectura de la distribución eléctrica sensores y actuadores.....	14
Figura 14. Efecto inductivo.....	14
Figura 15. Efecto capacitivo.....	15
Figura 16. Efecto Hall.....	15
Figura 17. Comportamiento de sensor MAP y conexión a ECM	19
Figura 18. Conexión sensor de temperatura del aire	20
Figura 19. Comportamiento de sensor APS y conexión a ECM.....	20
Figura 20. Comportamiento de sensor TPS y conexión a ECM.....	21
Figura 21. Comportamiento de sensor de oxígeno y conexión a ECM.	22
Figura 22. Comportamiento de sensor de oxígeno y conexión a ECM.	22
Figura 23. Tiempo de inyección.	23
Figura 24. Presión del ingreso del aire a diferentes velocidades.	27
Figura 25. Temperatura del ingreso del aire a diferentes velocidades.....	28
Figura 26. Posición del obturador a diferentes velocidades.....	30
Figura 27. Factor lambda a diferentes regímenes de velocidad.....	32
Figura 28. Factor lambda a diferentes regímenes de velocidad.....	33
Figura 29. Mediciones del tiempo de inyección (milisegundos)	35
Figura 30. Mediciones del consumo de combustible (Km/Galón)	36

Figura 31. Temperatura de motor.	39
Figura 32. Tiempo de inyección.	40
Figura 33. Presión media.	41
Figura 34. Presión mecánica.....	42
Figura 35. Gasto de combustible en Gal.....	43

Resumen

La presente tesis denominada: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR TOYOTA 5E-FE, MEDIANTE SISTEMA DE INYECCIÓN DEL 4E-FE PARA DETERMINAR SU COMPORTAMIENTO EN USO REGULAR”, está enmarcado en la línea de investigación de modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos, en el cual mediante mediciones en ambos sistemas de inyección se determinó como resultado el ahorro de combustible entre ambos sistemas.

En principio, se realizó la descripción de los sensores y actuadores que tiene el motor, determinando el rango óptimo de operación de los valores de los sensores.

Los parámetros que se midieron fueron las señales eléctricas que envían los sensores, tales como el sensor presión del aire, el sensor de temperatura del aire, el sensor de posición del pedal del acelerador, el sensor de posición del obturador, el sensor de oxígeno, el sensor de temperatura del motor y el sensor de presión media en el cilindro. Dichas señales informan mediante un rango de valores, en términos de voltajes, las variaciones de los parámetros de funcionamiento del motor de combustión interna.

Se hizo las mediciones de los sistemas de inyección 4E-FE y 5E-FE, y se realizó la comparación de los valores de las señales de los sensores, para luego establecer la diferencia de ahorro de combustible, el cual oscila entre 5 y 6 Km más por Km al utilizar el sistema de inyección 4E-FE, y en cuanto a la potencia mecánica, la reducción máxima que se obtuvo fue de 3 a 4 Kw.

Palabras Clave: Sistema de Inyección, Ahorro de combustible, señales eléctricas.

Abstract

The present thesis denominated: "COMPARATIVE ANALYSIS OF OPERATION OF A MOTOR TOYOTA 5E-FE, BY MEANS OF SYSTEM OF INJECTION OF THE 4E-FE TO DETERMINE ITS BEHAVIOR IN REGULAR USE", is framed in the research line of modeling and simulation of electromechanical systems, in which, by means of measurements in both injection systems, fuel economy between both systems was determined as a result.

In principle, the description of the sensors and actuators of the motor was made, determining the optimum range of operation of the values of the sensors

The parameters that were measured were the electrical signals sent by the sensors, such as the air pressure sensor, the air temperature sensor, the accelerator pedal position sensor, the shutter position sensor, the oxygen sensor, the engine temperature sensor and the average pressure sensor in the cylinder.

These signals inform by a range of values, in terms of voltages, the variations of the operating parameters of the internal combustion engine. The measurements of the injection systems 4E-FE and 5E-FE were made, and the comparison of the values of the sensor signals was made, to then establish the difference in fuel savings, which ranges from 5 to 6 km. more per Km when using the 4E-FE injection system, and in terms of mechanical power, the maximum reduction obtained was 3 to 4 Kw

Keywords: Injection system, fuel saving, electrical si

I. INTRODUCCIÓN

La inyección electrónica fue uno de los cambios significativos en cuanto a la utilización óptima de combustible en el motor, fue el cambio que se hizo desde el carburador hacia el inyector, en dónde es posible regular electrónicamente el flujo del inflamable hacia la cámara de combustión, teniendo en cuenta las variaciones que ocurren en los sistemas complementarios al motor, sin embargo, muchas configuraciones de motores de gasolina, no cuentan con un sistema de inyección electrónica que tenga en cuenta todas las variables; en algunos casos se les denomina “semi electrónicos”, por lo cual no presentan el ahorro de combustible, si son comparados con los sistemas de inyección electrónica multipunto, en dónde se toma en consideración todas las variaciones de los signos eléctricos de los sensores y actuadores de motriz (Campos, 2016, p.6).

“Los automóviles con inyección electrónica del año de fabricación 1995 – 2005, no tienen la configuración de utilizar todas las variaciones de las medidas de trabajo del motor, por lo tanto, su consumo específico de combustible aún es elevado” (Campos, 2016, p.5).

“En Europa, el uso de los vehículos con procedimiento de circulación de gases de escape, empezó a regir en la última década del siglo XX, de acuerdo a las normas EURO de emisiones de gases de escape” (Salazar, 2016, p.4).

En Latinoamérica, Colombia país donde se posee un parque automotor aún no renovado, en donde en promedio el vehículo para transporte público data del año 2003, los consumos específicos de combustible se han incrementado, debido a que a la tecnología de la inyección electrónica que poseen, en 20 años de evolución, desde 1996, el consumo específico de combustible en promedio se ha incrementados desde 41.3 hasta 65.3 Km/galón, lo cual es significativo para la disminución de los costos operativos por combustible, se prueba el consumo determinado de combustible en Km/galón, para vehículos livianos con cilindrada 1300 ckm³, como se muestra en la tabla 01.

Tabla 1. Evolución de los consumos específicos de combustible Km/Gl.

Año de Fabricación	Consumo específico Km/Galón
2016	41.3
2014	43.4
2012	49.2
2010	51.3
2008	54.5
2006	58.3
2004	59.4
2002	60.5
2000	62.1
1998	63.2
1996	65.3

Fuente: SENA –Colombia (2018)

Países como Chile y Brasil, tienen políticas más rígidas sobre los gases de escape emitidos hacia el medio, el parque automotor luce renovado, a comparación de países de Centro América en donde las unidades dedicadas al transporte público, tienen entre 12 a 18 años de antigüedad en promedio.

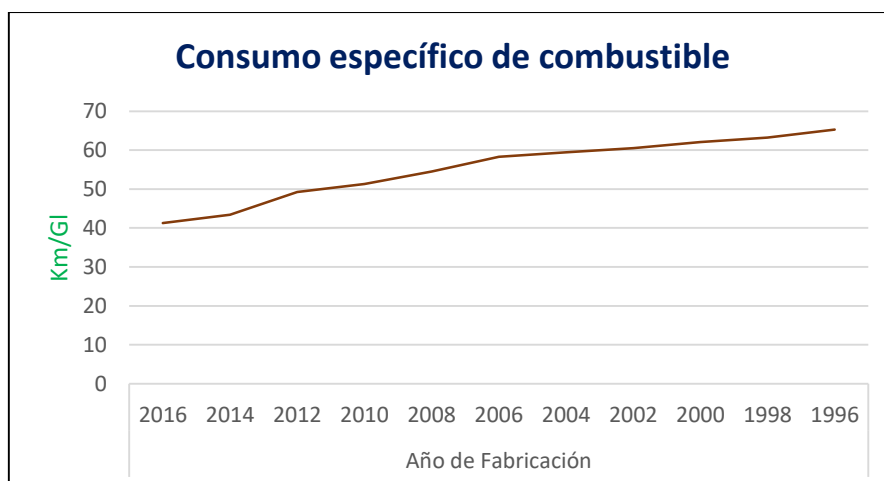


Figura 1. Evolución de los consumos específicos (Km/Galón).

“La zona automotriz en el Perú, es un sector que atraviesa por cambios en cuanto a tecnología, políticas económicas, legalización, con resultados que son evidentes, y que para el Bicentenario habrán alcanzado la sostenibilidad de crecimiento” (MTC, 2016, p.4).

La ciudad de Lima, una de las más grandes en Sud América, con más de 10 millones de habitantes, tiene un sistema de transporte muy desordenado, en donde todos días comparten la misma pista vehículos de diferentes tamaños, dedicados diferentes actividades; siendo el transporte público que se realiza en vehículos livianos de 4 a 6 pasajeros, los de mayor cantidad. Muchos de estas unidades tienen años de antigüedad entre 15 a 20 años, con sistemas de alimentación de combustible en el motor con carburador y con sistemas de inyección a gasolina (Rodríguez, 2015, p.6).

Tabla 2. Vehículos para el sector transporte público en Lima años 2013 - 2017.

% Vehículos para el sector transporte en Lima años 2013 – 2017					
Tipo de Vehículo	2013	2014	2015	2016	2017
Autos Livianos Taxi Colectivo	16	14	18	19	21
Camioneta rural combi	17	16	16	15	14
Custer	5	6	5	6	6
Mini Bus	6	7	7	6	7
Bus	56	57	54	54	52

Fuente: Protransportes (2018)

En la tabla 2, se puede observar que el uso de los autos livianos para transporte de combustible, se ha incrementado desde el año 2013 al 2017 en 5%, es decir 1 de 5 habitantes de la ciudad de Lima, se traslada en autos livianos.

Los vehículos livianos para el transporte público, datan de los años 1994 hasta el 2016, por lo tanto, en su tecnología del procedimiento de alimentación de combustible con un carburador y sistemas de inyección de gasolina con gestión electrónica.

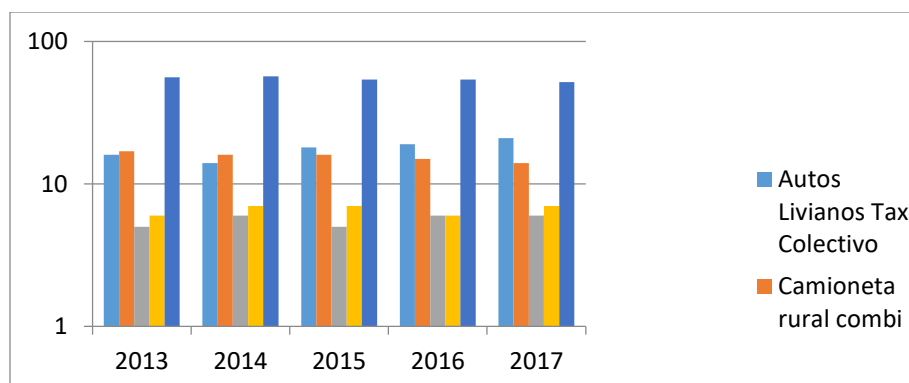


Figura 2. % Vehículos para el sector transporte público en Lima años 2013 - 2017.

Fuente: Protransportes (2018)

El consumo de combustible de las unidades livianas dedicadas al transporte público, es uno de los principales indicadores, que determina el precio del pasaje para el usuario.

Existe en la ciudad, las compañías de transporte con transeúnte que cubren diferentes recorridos, desde las zonas periféricas hasta el centro de la ciudad, por lo tanto, la cantidad de combustible que se consume está en función a la cilindrada del motor, así como también al prototipo de técnicas de subsistencia de combustible.

Los vehículos de marca Toyota con sistema de alimentación combustible 5E-FE, es uno de los más utilizados, sin embargo, muchos conductores optan por realizar el cambio de motor, o de adaptar otro sistema de inyección de combustible, a fin de disminuir su consumo específico.

No existe ningún estudio en el cual, las adaptaciones realizadas en el motor, puedan cuantificarse cuál es la disminución del gasto de combustible, y en cuánto se ha modificado las variables de funcionamiento del motor.

Por lo antes planteado es que se ha formulado la siguiente interrogante: ¿Cómo realizar el análisis comparativo del funcionamiento de un motor Toyota 5E-FE mediante sistema de inyección del 4E-FE para determinar su comportamiento en uso regular?

La investigación se justifica, científicamente, porque se analiza el funcionamiento de las variables mecánicas, eléctricas, magnéticas, de flujo de fluidos, los cuales utilizan las teorías científicas de esfuerzos mecánicos de los materiales, leyes eléctricas, efectos magnéticos, ley de la conservación de la energía en flujos. Estas leyes se aplican al realizar la cuantificación del gasto de combustible en el cambio del sistema de inyección de combustible; asimismo, económicamente, que es la más significativa, porque el objeto de estudio es determinar el ahorro de combustible al adaptar un sistema de inyección de menor capacidad, con lo cual se reduce los costos operativos en las unidades vehiculares dedicadas al transporte público. El ahorro de combustible, conlleva que la adaptación sea solo una alternativa para superar el aspecto económico, pero no la mejora en las variables de funcionamiento del vehículo, que se ven alteradas al tener un sistema de inyección de

combustible de valores menores a los diseñados originalmente; también ambiental, con la disminución de combustible, tiene su efecto directo en la disminución de la cantidad de gases de escape que se emiten hacia el medio ambiente, es decir el dióxido de carbono es directamente proporcional a la masa de combustible utilizado, por lo tanto el motor al tener menor requerimiento de combustible, la cantidad de gases de escape disminuyen. De igual forma ocurren para los demás gases de la combustión, como es el caso de los hidrocarburos no quemados, y el óxido de nitrógeno; por otro lado, técnicamente, realizar la adaptación conlleva a tener valores menores a los especificados por el fabricante, sin embargo la disminución de dichos valores no exceden el 5%, es decir que el motor va a funcionar dentro de un valor del 95% de sus parámetros original de diseño. El trabajo de investigación logra determinar la cuantificación de la disminución de cada una de las variables de funcionamiento del motor y; social, el transporte actualmente forma parte del movimiento económico del país el cual muchas personas dependen de él. Al tener consumos menores de combustible, los propietarios y/o conductores tendrán mayores ingresos económicos, así como también los pasajeros tendrán un costo por pasaje de acuerdo a los costos de operación de los propietarios de los vehículos livianos utilizados en el transporte público.

Para dar solución a lo antes mencionado, la investigación ha diseñado el siguiente objetivo general: Analizar comparativamente el funcionamiento de un motor toyota 5E-FE, mediante sistema de inyección del 4E-FE para determinar su comportamiento en uso regular. Para cumplir ello, se ha diseñado los siguientes objetivos específicos: Analizar los parámetros de funcionamiento del motor 5E FE a diferentes regímenes de velocidad. Analizar los parámetros de funcionamiento del motor adaptado con el sistema de inyección 4E-FE, a diferentes condiciones de operatividad. Realizar la comparación con el funcionamiento del sistema de inyección 4E-FE, para determinar las ventajas de la adaptación y hacer una evaluación económica, usando el VAN, TIR y relación Beneficio Costo.

Y, por último, se ha planteado la siguiente hipótesis: El Análisis comparativo de Funcionamiento de un Motor Toyota 5E-FE, Mediante Sistema de Inyección Del 4E-FE determina su comportamiento en uso regular.

II. MARCO TEÓRICO

Para AMÁN (2012), en su tesis titulada “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MONOTRONIC Mp 9.0 DE VOLKSWAGEN GOL 1.8 MODELO 2002 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”, presentado a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba - Ecuador, menciona en su resumen:

El plan es respaldado de los conocimientos obtenidos de la carrera de Ingeniería Automotriz, que tiene por finalidad de fortalecer en los alumnos los conocimientos sobre en inyección electrónica al poder operar un sistema como este. Es por el cual se implementó un módulo estructurado con el método de inyección electrónica Motronic Mp 9.0 de un vehículo Volkswagen Gol, asimismo de un sistema computarizado de generación de fallas permitiendo visualizar los posibles desperfectos que se presenten en los mecanismos del sistema. Atraves de un interfaz construido fue factible comunicar la PC a través del Visual Basic Program con la unidad de control del vehículo mediante un microcontrolador atreves de indicaciones de entrada y salida de la ECU de los diversos sensores que estructuran el sistema.

El uso del software ostenta un apoyo muy eficiente para poder visualizar los códigos de fallas y el funcionamiento de todos los sistemas. Este proyecto contribuye con la formación de profesionales en el rubro automotriz usando la inyección electrónica.

(MONTALVO, 2013), en su informe titulado “CONVERSIÓN DE UN MOTOR DATSUN 1200cc DE UN SISTEMA DE CARBURADOR A UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MONO PUNTO”, presentado a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, Ecuador, concluye lo siguiente:

Se alcanzó con las recomendaciones y aportes de los especialistas a elegir la opción más sobresaliente que logre otorgar a la escuela los materiales y equipamiento didáctico para los alumnos. La opción escogida fue la adaptación de un Motor de carburador Datsun 1200 del 79 con un sistema de inyección monopunto de un Suzuki Forza 1.3 Lts. El objeto de la investigación

es detallar numéricamente los procesos del sistema de inyección adaptado antes señalado.

El alcance del objetivo fue gracias a que se estableció la dimensión de perjuicios que mostraba el motor a priori a su adaptación, realizando un evaluación de mercado, permitiendo la conservación de recursos económicos. Luego de enmendar la dificultad mostraba el motor, se continuo con el proceso de adaptación de componentes mecánicos e interpretación de los diagramas para su debido vínculo con el fin de lograr el éxito de este proyecto de tesis.

(Reinoso, 2012), en su tesis titulada “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO PROGRAMABLE HALTECH EN UN MOTOR CORSA 1.3L CUATRO TIEMPOS A GASOLINA CON INYECCION ELECTRONICA PARA EL ANALISIS DE SUS RENDIMIENTOS, Presentado a la Universidad Nacional del Ecuador

A partir de la integración de esta nueva tecnología de controlar un motor de combustión interna en un automóvil atreves del ECM, son diversos individuos que han anhelado poseer las capacidades de cambiar configuraciones internas y parámetros de programación, muchas veces se ha manipulado más de lo convencional por necesidad de los interesados o para optimizar las funcionalidades de los motores ajustándolas a los nuevos requerimientos.

Es importante recalcar que esta tecnología surgió para perfeccionar el funcionamiento de los motores de combustión y mitigar los impactos negativos productos de las emisiones mal combustionadas, es necesario precisar que un vehículo nuevo trae su sistema de control ajustado o calibrado de acuerdo a su diseño y pruebas preliminares que hace el fabricante, esto permite tener un movimiento eficaz, alto índice de durabilidad y vida útil, eficiencia en la inyección de combustible y control preciso de los gases de escape.

(Panchi, 2014), en su tesis, denominado “Adaptación de un sistema de inyección electrónica de combustible multipunto MPFI en un vehículo Lada modelo”, concluye:

Implementado este sistema bajo ampliamente el porcentaje de monóxido de carbono presentes en los gases de escape desde 0.628 a 0.201 esto representa un 68% de mejora y una reducción de hidrocarburos de 776ppm a 118ppm representando a un 85% aproximadamente. En los óxidos de nitrógeno también fueron minimizados de 8ppm a 3ppm que constituye un aproximado del 63%, en otra prueba de operatividad a 90km/h en carretera libre se determinó que el combustible disminuyó de 2.1/2"gl a 2 gl esto equivale a un 20%.

Otros indicadores de mejora fue que la potencia mecánica se incrementó un aproximado del 25% desde 18.85kw @300rpm hasta 25,13 kw @ 4000rpm como máximo consentida por el banco, la torsión mecánica máxima se incrementó de 63 Nm @ 2400 r.p.m. a 68 Nm @ 1400rpm que se convierte en un 7% más. La máxima utilidad volumétrica fue incrementando de 80,7%@1600rpm a 84,9% @4000rpm que al confrontar constituye el 5%, esto es consecuente con la mejora en el colector de admisión diseñado eficientemente.

Sistemas de Inyección de Gasolina. Los sistemas de transfusión de gasolina junto con el sistema de encendido del motor, operan de manera coordinada, para de esa manera conocer todas las variaciones de las variables mecánicas, eléctricas, térmicas, hidráulicas del motor. Dichas variaciones son enviadas por los sensores, que captan un fenómeno físico y lo convierten en términos de señal eléctrica hacia el ECM.

Señales eléctricas. "Son producidas en los sensores instalados en diversas partes del motor, estas son enviadas a la unidad de control para su proceso" (Aguirre, 2014, p4).

Muchos de estos sensores emiten señales análogas y otros digitales, pero el control electrónico requiere digitales para esto existe un proceso, que tienen que ser transformadas a través de un aparato que tiene nombre de conversor análogo digital.

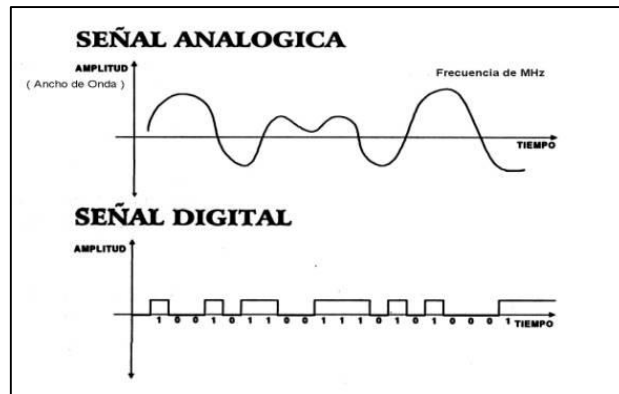


Figura 3. Tipos de señales analógica y digital.

Fuente: Aguirre (2014)

Señal Digital. Es un arquetipo de código que recopila lo que lleva dentro puede ser observado en relación de ciertas dimensiones que personifican en magnitudes binarias, reemplazando a los rangos analógicos.

Señal Analógica. Es un prototipo de signo generado por cierto fenómeno electromagnético y se representa por funciones matemáticas continuas donde su amplitud y periodo no es constante.

Sensor MAP. Encargado de evaluar constantemente la carga y la demanda de combustible hacia el motor. Este sensor examina de manera segura el vacío de admisión, operara alimentando información a la ECU para el abastecimiento de combustible a través de los actuadores que son los inyectores, el cálculo que realiza diferencia la presión o vacío que se traduce en voltaje mayor o menor.

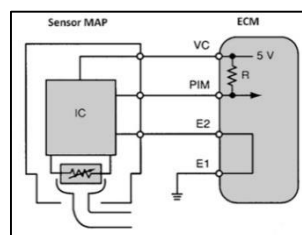


Figura 4. Circuito sensor MAP

Fuente: Aguirre (2014)

Sensor IAT. Encargado de medir la temperatura del aire que ingresa está instalado en la admisión y es parte del MAF, es necesario que el automóvil tenga instalado los sensores MAP y sensor de masa de aire, su información

es llevada hasta ECM. Es usado por el sistema en arranques iniciales o fríos permite que se caliente el aire de ingreso a través de otros actuadores.

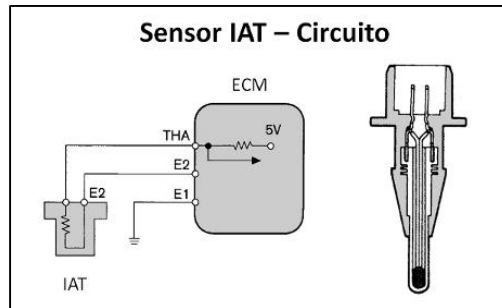


Figura 5. Conexión circuito IAT

Fuente: Aguirre (2014)

Sensor TPS. Es un potenciómetro, cuyo valor óhmico se transforma por la ubicación del punto común como se observa en la figura 6, esta diferencia de potencial entre 0.6 y 9v hace que los actuadores incrementen su ciclo, comúnmente cuando la aceleración del motor es baja la resistencia es alta, inversamente sucede si se requiere acelerar la resistencia será baja.

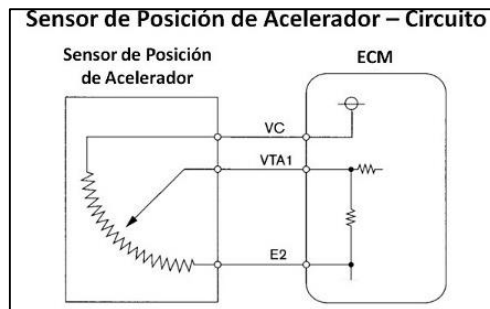


Figura 6. Diagrama de circuito para conexión del TPS

Fuente: Aguirre (2014)

Sensor ECT. Es un transmisor de los cambios de temperatura que se presentan en el refrigerante del motor estos datos son transmitidos hacia el procesador para realizar cálculos referenciados en la temperatura media del motor, su instala en una línea de refrigerante justo antes del termostato.

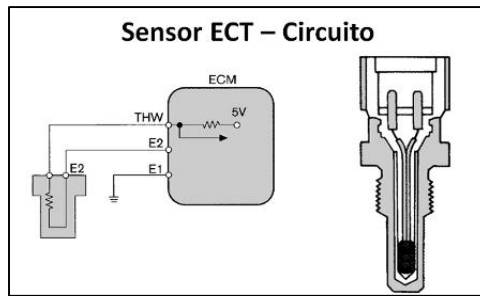


Figura 7. Conexión circuito ETC

Fuente: Aguirre (2014)

La composición de un sensor de temperatura es principalmente por un termistor, estos existen en 02 tipos PTC y NTC, tienen propiedades eléctricas que se modifican con los cambios de temperaturas como la resistencia y esta es aprovechada para el monitoreo de cualquier sistema. Al tener un cambio la temperatura donde se encuentre la resistencia eléctrica, su valor óhmico también se modifica” (Sánchez, 2013, p.5).

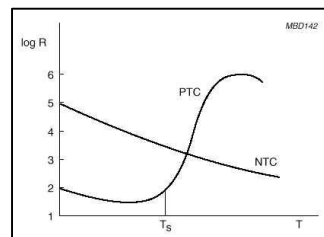


Figura 8. Variación de la resistencia producto de la temperatura

Fuente: Manual del vehículo Bosch (2014)

Sensor de oxígeno. Su función principal es controlar el flujo de oxígeno que se utiliza para una eficiente combustión, dosifica y autorregula para conservar el equilibrio entre el aire y el combustible, en los rangos establecidos según los diseños del fabricante.

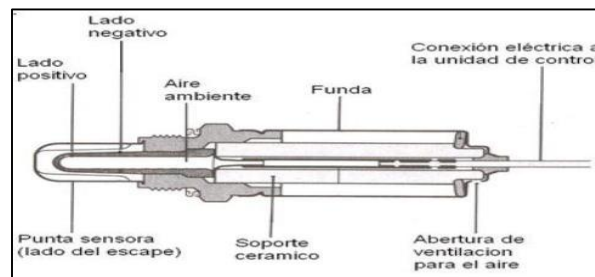


Figura 9. Vista del sensor Lambda

Fuente: Manual del vehículo Bosch (2014)

La información emitida a la ECU hace que este aumente o disminuya los ciclos de inyección para equilibrar el proceso de combustión.

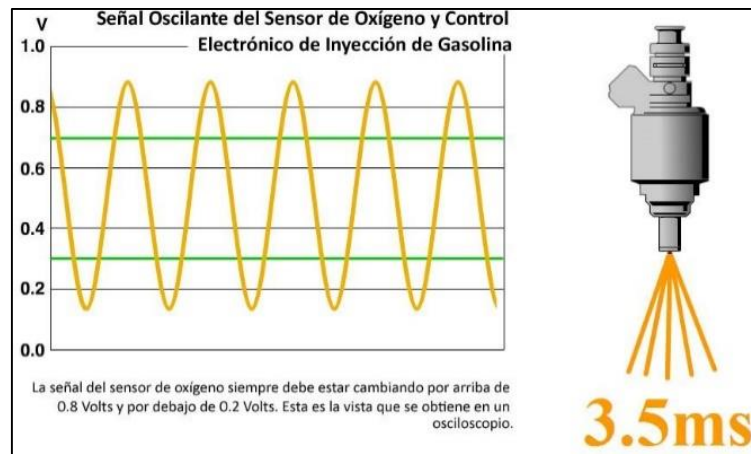


Figura 10. Señal sensor oxígeno

Fuente: Manual del vehículo Bosch (2014)

Tiempo de inyección. Es calculado por la ECU y es en milisegundos, varía cada vez que los sensores envían señales del comportamiento de los diferentes sistemas y son correspondidos por los actuadores en este caso los inyectores.

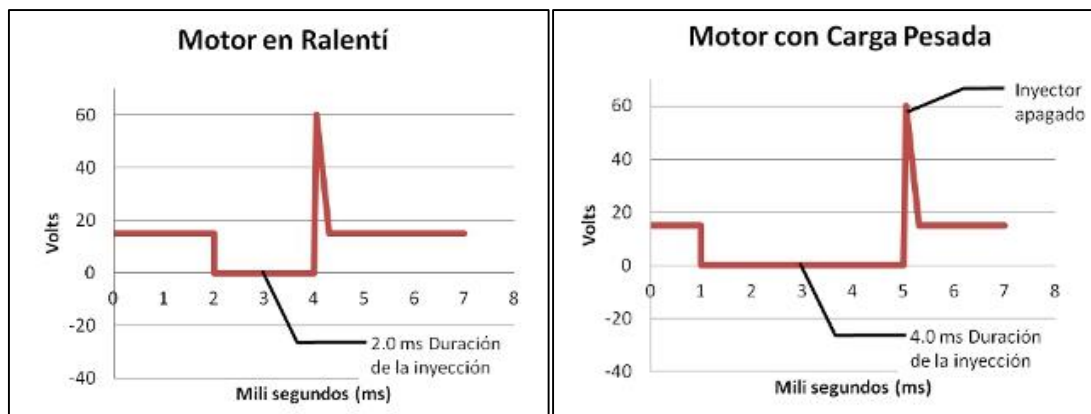


Figura 11. Tipo de inyección

Fuente: Sistemas de inyecciones electrónicas (2015)

Los inyectores están compuestos por pequeñas bobinas que absorben 12 VCC esto permite activar y desactivar las válvulas de los inyectores, este tipo de comando discreto es accionado en los puntos negativos del circuito que alimenta a la bobina. para estimular la bobina que mueve a la válvula del inyector. El circuito se abre y cierra en el punto negativo de la provisión eléctrica.

En la siguiente imagen donde el scanner que se utiliza para monitorear las señales eléctricas se observa que se toma el punto común negativo.

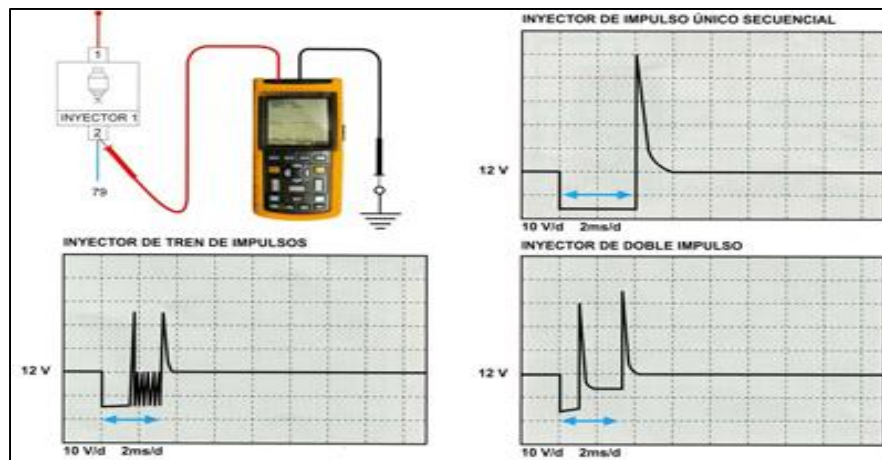


Figura 12. Conexión de osciloscopio en inyector de gasolina

Fuente: Sistemas de inyecciones electrónicas (2015)

Sistema de gestión eléctrica. En la actualidad la industria automotriz ha desarrollado grandes cambios en los motores que usan gasolina que son correspondidos por la gran demanda por tener mejores eficiencias de combustión generando emisiones mínimas, esto es gracias a un control muy fino que es realizado por la ECU, este proceso se divide en entradas que está compuesto por todos los sensores y las salidas por los actuadores.

Además de gestionar el proceso de combustión del motor, un moderno sistema de gestión del motor también controla muchos subsistemas del motor, como el subsistema de sincronización variable de válvulas, electrónico, acelerador, sistema de recirculación de gases de escape (EGR), turbocompresor y subsistemas de descarga, y así, la ECU también se comunica con otras unidades de control, como la transmisión unidad de control y unidad de control de tracción, a través de la red de área de control (CAN).

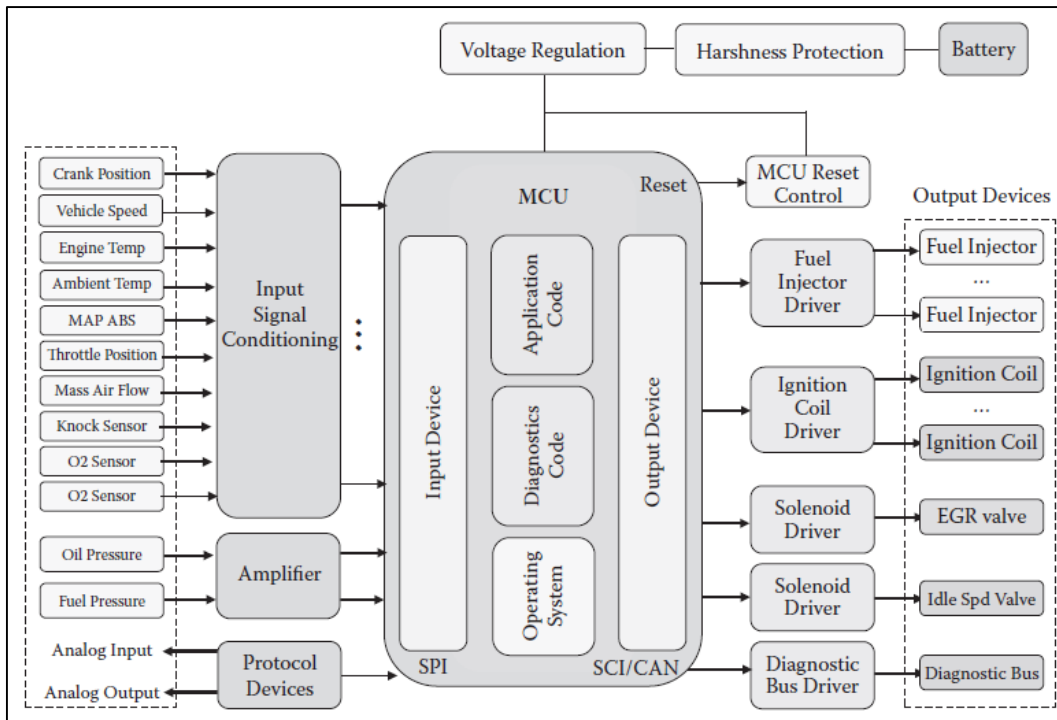


Figura 13. Arquitectura de la distribución eléctrica sensores y actuadores

Fuente: Zongxuan y Guoming (2015)

Efecto inductivo. “Es originado principalmente por diferencia de voltaje esto sucede en cualquier conductor que se halla en un medio de campo magnético que varía” (Bravo, 2014, p.4).

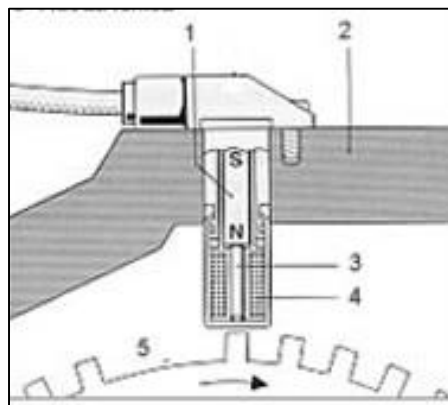


Figura 14. Efecto inductivo.

Fuente: Bravo (2014)

Efecto capacitivo. Utiliza un voltaje alternativo que hace que el campo eléctrico cambie su dirección, este cambio de dirección también cambia el objetivo debido a la presencia de un campo eléctrico, el valor de la

capacitancia determina el flujo de carga, por lo tanto, si el objetivo es más grande y más cerca, mayor será la conductancia (Bhattacharya, Kumar, praskash y Singh, 2019, p. 197).

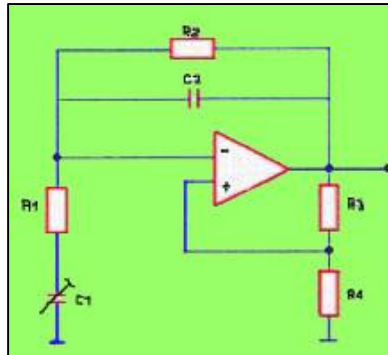


Figura 15. Efecto capacitivo.

Fuente: Bravo (2014)

Efecto Hall. “Una bobina integrada que al colocar alrededor del conductor portador de corriente induce un voltaje que es proporcional a la corriente en el sistema, luego al usar varios amplificadores como shunt, es fácil detectar y medir” (Bhattacharya, *etal*, 2019, p. 247).

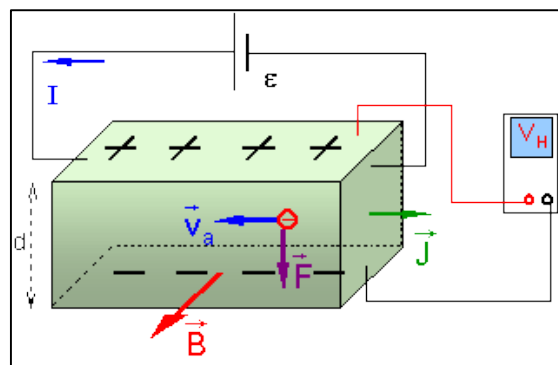


Figura 16. Efecto Hall

Fuente: Bravo (2014)

Efecto óptico sensor. Se basa en el principio de reflejo de luz contiene una fuente de luz y un receptor para recibir el reflejo rápido, la posición del receptor depende de la aplicación. Una falla común del uso de estos sensores es, si el orificio por donde pasa el haz de luz se ensucia con grasa este no ejecuta su trabajo por lo tanto ya no puede enviar el voltaje de señal al ECM esto generara que el motor se ahogue.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación es descriptiva, pues busca cuantificar el ahorro de combustible al utilizar una adaptación de un sistema de inyección de menor capacidad, como es el caso del sistema de inyección 4E-FE.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente

Análisis comparativo de funcionamiento de un motor Toyota 5E-FE, mediante sistema de inyección del 4E-FE

Variable dependiente

Comportamiento en uso regular

Definición conceptual. Consiste en analizar comparativamente el funcionamiento de las variables de un motor al adaptar un sistema de inyección 4E-FE de menor valor en un motor con sistema de inyección 5E-FE

Definición operacional. Se mide las variables en función a la información que emiten los diversos sensores y actuadores que posee el motor en sus sistemas de inyección y de encendido.

Indicadores. Se realizó las mediciones en campo de torque, RPM, tensión, corriente eléctrica, flujo másico de combustible.

Escala de medición. Se usó guías de observación y el uso de la razón.

3.3 Población y muestra

Población.

Automóviles Toyota, sistema de inyección con sistema 5E-FE, de año fabricación 2003 al 2013 en la ciudad de Chiclayo. Según registros de empresa concesionarias, 450 Vehículos.

Muestra.

4 vehículos, de años de fabricación entre 2003 al 2013.

Tamaño de muestra:

$$n = \frac{Z^2(N)(p)(q)}{Z^2(p)(q) + e^2(N - 1)}$$

Donde:

N :	Población (450)
p :	Proporción máxima a favor de la muestra 10% (0.1)
q :	Proporción máxima que afecta a la muestra 10% (0.1)
z :	Nivel de confianza de estudio 94% (1.88)
e	Margen de error de muestra (0.09)

$$n = \frac{1.88^2(450)(0.1)(0.1)}{1.88^2(0.1)(0.1) + (0.09)^2(450 - 1)}$$

$$n = 4.3310$$

$$n = 4 \text{ vehiculos}$$

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 3. Técnicas e instrumentos

Técnica	Instrumento
Observación	Guía de observación
Análisis de datos	Ficha de toma de datos

Guía de observación directa

Nos permitirá obtener los datos registrados en el scanner automotriz.

Validez: Será aprobado por un especialista.

Confiabilidad: Con los resultados de este proyecto nos darán mejor calidad de vida y será sostenible.

3.5 Procedimientos

Teniendo como escenario de estudio a un motor Toyota 5e, se inició con la recolección de datos usando la fichas e instrumentos donde se tomó voltajes, corrientes, presiones, oxígeno, temperaturas del motor para determinar su rendimiento del motor antes y después de la mejora.

3.6 Método de análisis de datos.

Será en base al método científico, basado en los datos estadísticos correspondientes, convirtiendo datos con el objetivo de destacar en los datos útiles para el proyecto alcanzando a las conclusiones ineludibles para un apropiado estudio. Se utiliza los comandos de Microsoft Excel para el análisis estadístico en lo referente a la modelación numérica entre las variables descritas.

3.7 Aspectos éticos

Se conservará la privacidad de las autorías, datos y documentación de las cuales nos consolidamos para el desarrollo, con el objeto de impedir próximos problemas de derechos. Las pruebas son realizadas en taller concesionario, en el cual tiene el equipamiento homologado por el fabricante.

IV. RESULTADOS

Análisis de parámetros de funcionamiento del motor 5e-fe a diferentes regímenes de velocidad.

➤ Parámetros de funcionamiento

Presión del Ingreso del Aire. Este parámetro es medido con el Sensor MAP, que informa la presión del aire al ingreso por el múltiple de admisión, en su carrera hacia el cilindro del motor. El sensor envía una señal analógica en términos de señal eléctrica proporcional a la presión, y la envía hacia la ECM del motor, con lo cual se determinará la cantidad de aire de ingreso para la combustión, así como también la velocidad de giro del motor.

En la figura 15, se muestra la conexión con el sensor y variación de la señal en términos de variación de la diferencia de tensión (en voltios), con la variación de la presión de ingreso de aire expresado en KPa.

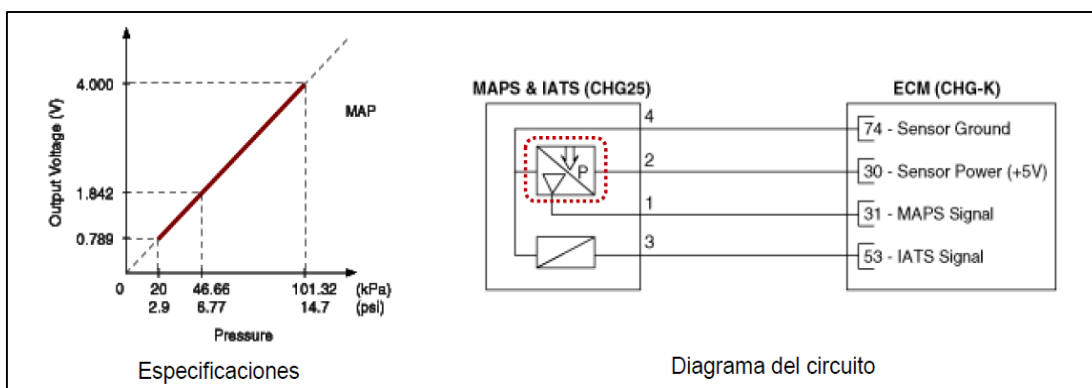


Figura 17. Comportamiento de sensor MAP y conexión a ECM

Fuente: Manual de fabricante, motor 5E-FE

Temperatura de ingreso del aire. Este parámetro es medido por el sensor IAT ubicado en el múltiple de admisión, y es necesario para que el sistema de control electrónico dosifique el combustible al momento de realizar la mezcla con el aire; la densidad del aire varia si la temperatura cambia y éste en el flujo másico de aire.

En la figura 16, se detalla la conexión del sensor y variación de la señal (en voltios), con la variación de la temperatura de ingreso de aire expresado en grados centígrados.

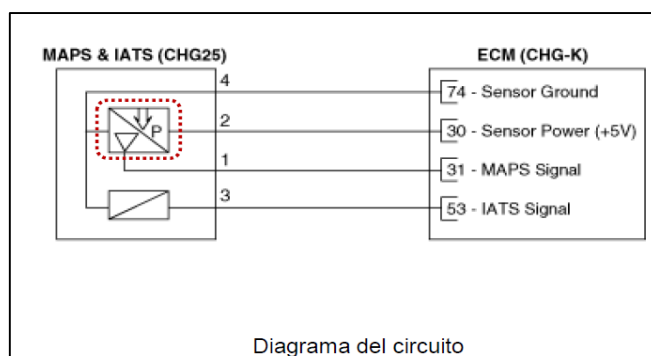


Figura 18. Conexión sensor de temperatura del aire

Fuente: Manual de fabricante, motor 5E-FE

Posición del pedal del acelerador. La posición del pedal es accionado por el conductor, determina que porción de combustible ingresa al motor, esto es retroalimentado a través del sensor APS, el sensor mide la posición a través de dos potenciómetros; la razón de tener dos medidores, es para en la eventualidad del fallo de una, se activa el segundo potenciómetro.

En la figura 17, mostramos la instalación del sensor y la variación de la señal en términos de la variación de la diferencia de tensión (en voltios), con la variación de la posición del pedal del acelerador medido el ángulo en grados sexagesimales.

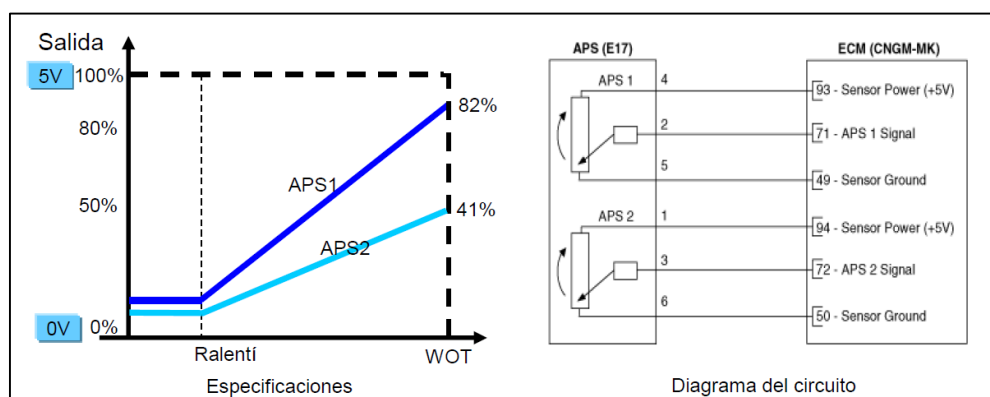


Figura 19. Comportamiento de sensor APS y conexión a ECM.

Fuente: Manual de fabricante, motor 5E-FE

Posición del obturador. Es la posición de la válvula mariposa, que controla el ingreso de aire hacia el motor. El sensor que mide es el TPS, denominado sensor de posición de la mariposa. La potencia depende de una buena inyección en estos motores y una absorción de aire adecuada hacia la cámara

de combustión, la apertura de esta válvula es manipulada por un lazo cerrado a través de los sensores así puede determinar el flujo adecuado de aire. En la figura 18, se muestra la conexión del sensor y variación con la señal en términos de variación de la diferencia de tensión (en voltios), con la variación de la posición de la válvula del obturador, medido el ángulo en grados sexagesimales.

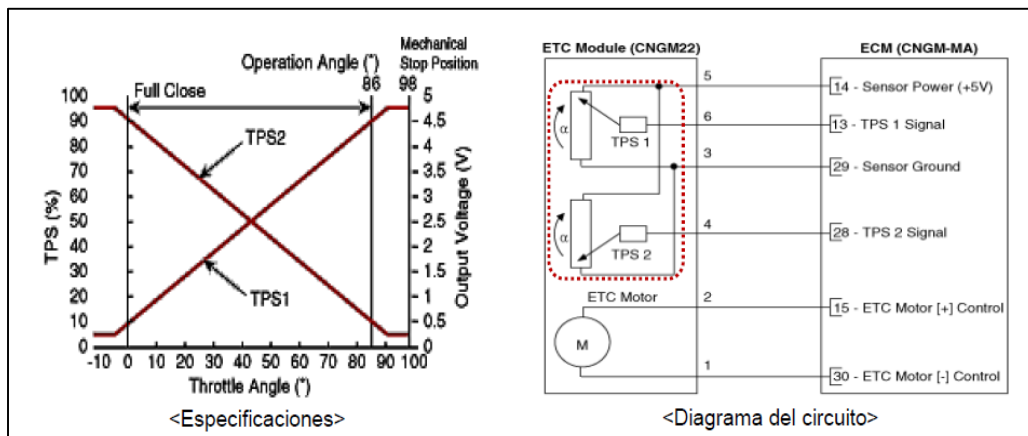


Figura 20. Comportamiento de sensor TPS y conexión a ECM.

Fuente: Manual de fabricante, motor 5E-FE

Cantidad de oxígeno utilizado en la combustión. El aire que es empleado para la combustión que es medido por el sensor denominado “Sonda Lambda” o sensor de oxígeno, se instala en dos lugares en el múltiple de escape, una antes del catalizador, y el otro después del catalizador, de ésta forma se determina la eficiencia del catalizador de los gases de la combustión.

En la figura 19, se observa la conexión del sensor y variación de la señal en términos de la variación de la diferencia de tensión (en voltios), con la variación de la cantidad de oxígeno empleado en la combustión, medido en porcentaje de oxígeno en el aire.

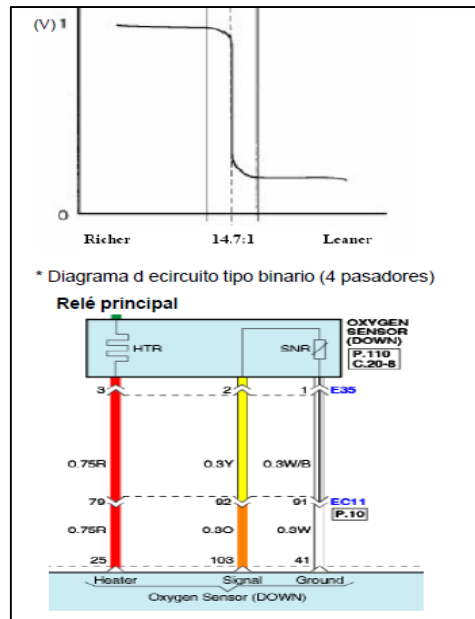


Figura 21. Comportamiento de sensor de oxígeno y conexión a ECM.

Fuente: Manual de fabricante, motor 5E-FE

Temperatura del refrigerante. La Temperatura del agua refrigerante es medida por el sensor de temperatura, conocido como CTS, el cual remite una señal eléctrica hacia la unidad de control del motor.

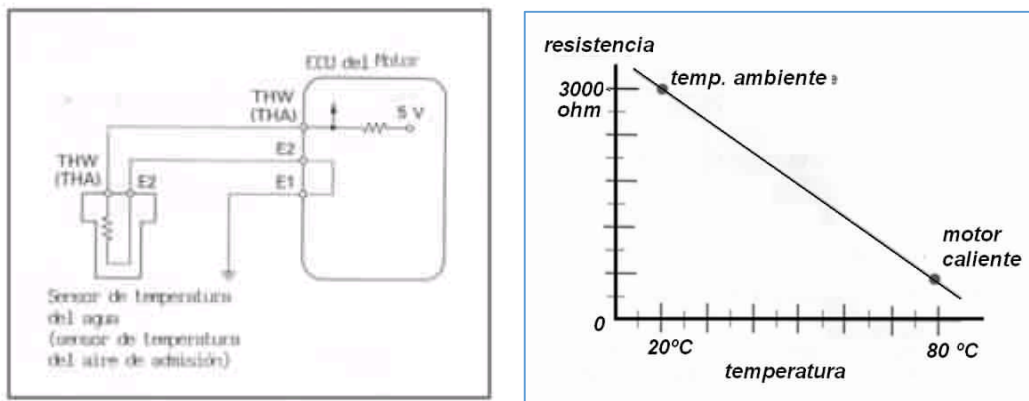


Figura 22. Comportamiento de sensor de oxígeno y conexión a ECM.

Fuente: Manual de fabricante, motor 5E-FE

Tiempo de inyección. El ingreso de combustible al motor es a través de los inyectores, es determinado por el tiempo en el cual la señal eléctrica activa la electroválvula del inyector, dejando que el combustible ingrese a una presión determinada en un tiempo dado. El tiempo lo determina la unidad de control, activando y desactivando la electroválvula.

El actuador es la electroválvula, y se mide el tiempo en milisegundos, en el cual la válvula mantiene abierta, por la acción del efecto del movimiento dentro de un campo magnético.

En la figura 20, detallamos la señal eléctrica de electroválvula del inyector, notándose el tiempo que demora en la activación, a lo cual se denomina “injection time”.

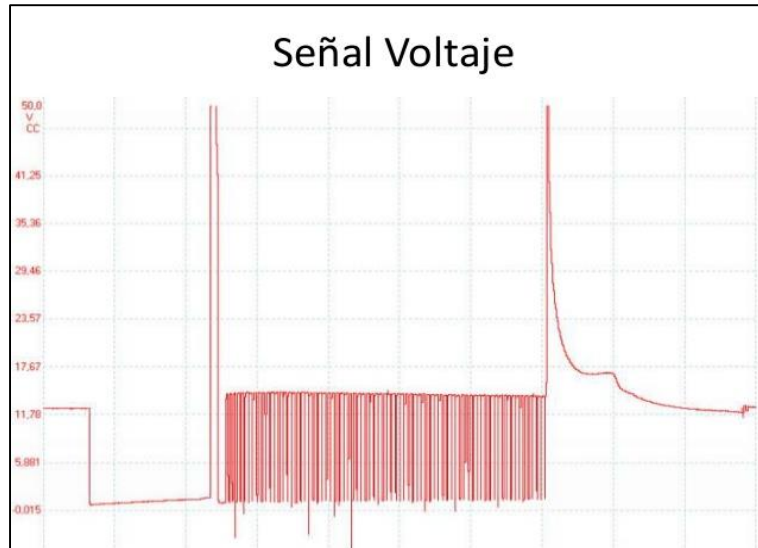


Figura 23. Tiempo de inyección.

Fuente: Manual de fabricante, motor 5E-FE

Presión media en el cilindro. La presión media en el interior de cada cilindro, es la que ocurre al momento en que se realiza la combustión del combustible, la cual es medida con el manómetro, a diferentes regímenes de velocidad del motor.

3.1.2. Medición de parámetros de funcionamiento.

Para las mediciones de los parámetros, se tiene un procedimiento, de acuerdo a las condiciones de operatividad de la unidad vehicular:

- a) Verificar las condiciones actuales de trabajo de los 4 vehículos de pruebas.

- b) Verificar que todos los niveles de los fluidos de trabajo del vehículo, que estén dentro de lo especificado.
- c) Tomar lecturas de recorrido de la unidad.
- d) Evaluar que no tenga problemas de señales, comprobar el check engine.
- e) Escanear en modo osciloscopio utilizando una interfaz con conector OBD2.
- f) En el caso de la medición de la presión en el interior del cilindro conectar el manómetro en el conector de salida de la bujía.
- g) Arrancar el automóvil y recorrer dentro de la ciudad, así evaluar el consumo de combustible de 4 galones
- h) Durante el recorrido tomar nota del nivel del combustible especialmente al iniciar y al culminar, lo cual se determina el gasto específico de combustible (Km/Galón).
- i) Usar las fichas para recolectar información de las señales eléctricas, se ha determinado a través de pruebas de velocidad ralentí que es de 800 RPM y a velocidad de cruce que es de 2000 RPM, y a máxima velocidad que es de 2800 RPM.
- j) Realizar tres mediciones a cada parámetro, y establecer un valor promedio.

Tabla 4. Medición de parámetros a velocidad crucero, 2000rpm

Velocidad crucero 2,000 RPM										
Vehículo de prueba	Kilometraje (Km)	Numero de medidas	Medición en voltios de los sensores					Tiempo de Inyección (mseg)	Consumo de Combustible (Km/Galón)	
			Presión del Aire	Temperatura del Aire	Posición del Pedal del acelerador	Posición del Obturador	Oxígeno			Temperatura del Motor
1	130,000	1	3.34	2.76	3.42	3.43	0.83	4.32	3.28	38.5
		2	3.67	2.88	3.49	3.38	0.81	4.31		
		3	3.42	2.84	3.45	3.38	0.79	4.29		
Promedios			3.477	2.827	3.453	3.397	0.81	4.307		
2	155,000	1	3.29	2.98	3.65	3.54	0.78	4.38	3.34	37.9
		2	3.34	2.91	3.61	3.53	0.75	4.32		
		3	3.36	2.93	3.65	3.57	0.77	4.31		
Promedios			3.33	2.94	3.63	3.547	0.767	4.337		
3	175,000	1	2.87	3.11	3.22	3.32	0.53	4.23	3.43	37.1
		2	2.88	3.07	3.26	3.35	0.56	4.29		
		3	2.83	3.08	3.23	3.31	0.52	4.21		
Promedios			2.86	3.087	3.237	3.327	0.537	4.243		
4	200,000	1	3.16	2.93	3.43	3.29	0.74	4.21	3.46	36.9
		2	3.18	2.95	3.48	3.25	0.76	4.19		
		3	3.19	2.91	3.39	3.27	0.71	4.17		
Promedios			3.177	2.93	3.433	3.27	0.737	4.19		

Fuente: Propia (2019)

Tabla 5. Medición de parámetros a velocidad máxima, 2800rpm.

Velocidad cruceo 2,000 RPM											
Vehículo de prueba	Kilometraje (Km)	Numero de medidas	Medición en voltios de los sensores							Tiempo de Inyección (mseg)	Consumo de Combustible (Km/Galón)
			Presión del Aire	Temperatura del Aire	Posición del Pedal del acelerador	Posición del Obturador	Oxígeno	Temperatura del Motor	Presión media de cilindro (Bar)		
1	130,000	1	4.34	1.91	4.31	4.41	0.83	4.19	16.4	3.45	49.1
		2	4.38	1.88	4.28	4.39	0.89	4.20	16.72		
		3	4.31	1.84	4.31	4.45	0.84	4.18	18.81		
		Promedios	4.34	1.88	4.30	4.42	0.85	4.19	16.76		
2	155,000	1	4.34	1.86	4.25	4.31	0.85	4.22	16.24	3.65	46.7
		2	4.35	1.87	4.26	4.28	0.86	4.16	16.28		
		3	4.31	1.89	4.29	4.26	0.89	4.18	16.22		
		Promedios	4.33	1.87	4.27	4.28	0.87	4.18	16.23		
3	175,000	1	4.14	1.87	4.18	4.23	0.74	4.19	16.22	3.71	48.2
		2	4.13	1.88	4.13	4.26	0.71	4.17	16.16		
		3	4.11	1.91	4.12	4.29	0.69	4.18	16.18		
		Promedios	4.13	1.88	4.14	4.26	0.71	4.18	16.18		
4	200,000	1	3.98	2.07	4.23	4.31	0.83	4.19	16.07	3.67	45.6
		2	3.89	2.11	4.27	4.24	0.84	4.18	16.09		
		3	3.88	2.17	4.21	4.27	0.87	4.17	16.11		
		Promedios	3.94	2.12	4.24	4.27	0.85	4.18	16.09		

Fuente: Propia (2019)

3.1.3. Análisis de las mediciones realizadas.

Mediciones de la presión del aire de ingreso. Las mediciones de la presión del aire de ingreso en los dos regímenes de velocidad del motor, se realizaron de manera indirecta, en donde a cada valor de la señal del sensor indica un valor de la presión, teniendo el sensor un comportamiento lineal, es decir una variación de la presión de ingreso es proporcional a la diferencia de potencial del sensor.

Tabla 6. Medición de presión del aire de ingreso al motor.

Vehículo de Prueba	Mediciones en Sensor de Presión del Aire			
	Velocidad Crucero 2000 RPM		Velocidad Máxima 2800 RPM	
	Diferencia de tensión (Voltios)	Presión del Ingreso del aire (KPa)	Diferencia de tensión (Voltios)	Presión del Ingreso del aire (KPa)
Vehículo 1	3.48	94.6	4.32	88.5
Vehículo 2	3.33	95.4	4.41	87.6
Vehículo 3	2.86	93.4	4.18	89.4
Vehículo 4	3.18	93.2	4.05	87.9

Fuente: Propia (2019)

De la tabla 3, se puede apreciar que, en los 4 motores el incremento de velocidad del motor ocasiona la disminución de la presión de ingreso de aire, siendo el valor inferior al valor de la presión atmosférica (101 325 KPa).

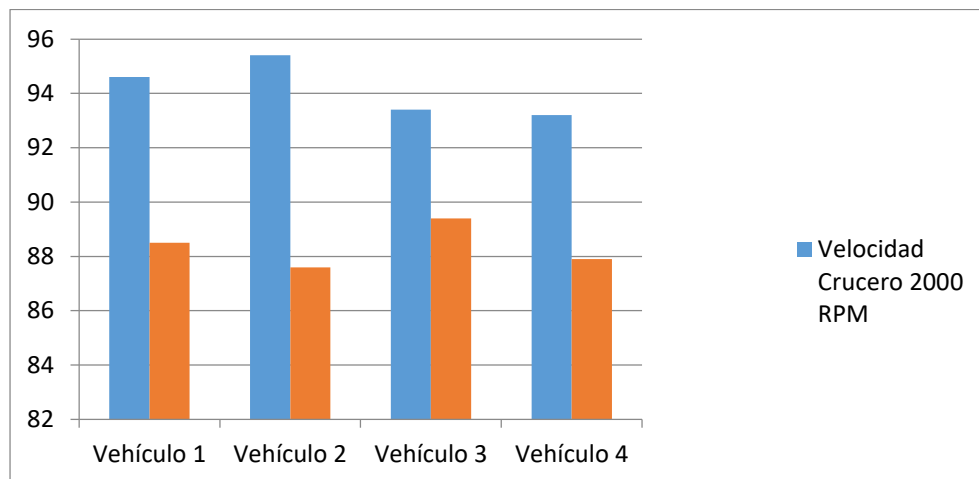


Figura 24. Presión del ingreso del aire a diferentes velocidades.

Fuente: Propia (2020)

En los cuatro motores analizados, se observa que la presión de admisión de aire para velocidad de crucero, oscila entre 93 y 95 KPa, mientras que, para velocidad máxima, el valor de la presión del aire oscila entre 87 y 89 KPa.

Mediciones de la temperatura del aire. Las mediciones se realizaron en los dos regímenes de velocidad del motor de manera indirecta, en donde a cada valor de la señal del sensor indica un valor de la temperatura del aire, teniendo el sensor un comportamiento lineal, es decir una variación de la presión de ingreso es proporcional a la diferencia de potencial del sensor.

Tabla 7. Medición de temperatura del aire de ingreso al motor.

Vehículo de Prueba	Mediciones en sensor de temperatura del aire			
	Velocidad Crucero 2000 RPM		Velocidad Máxima 2800 RPM	
	Diferencia de tensión (Voltios)	Temperatura del Ingreso del aire (°C)	Diferencia de tensión (Voltios)	Temperatura del Ingreso del aire (°C)
Vehículo 1	2.83	32.40	1.89	36.60
Vehículo 2	2.94	31.30	1.81	37.10
Vehículo 3	3.09	33.40	1.82	36.90
Vehículo 4	2.93	30.90	2.02	37.90

Fuente: Mediciones Realizadas.

De la tabla 7, se puede apreciar que, en todos los 4 motores, el incremento de velocidad del motor ocasiona el incremento de la temperatura de ingreso de aire, siendo el valor referencial, la estipulada por el fabricante, que es de 97°C.

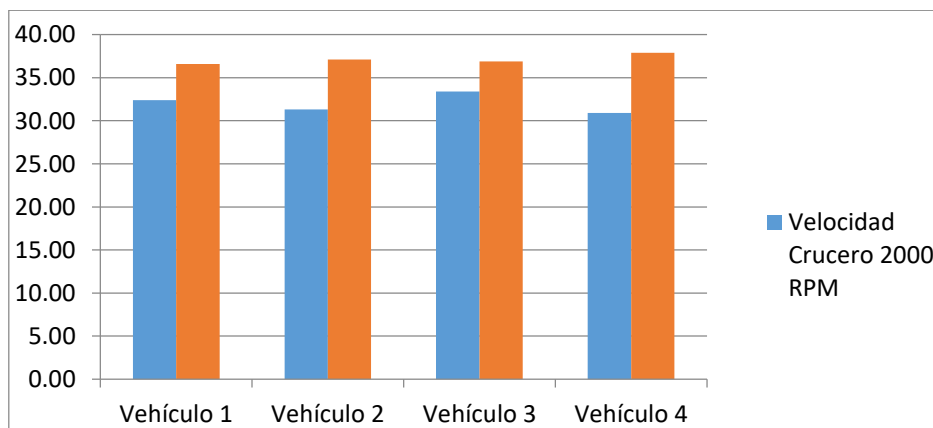


Figura 25. Temperatura del ingreso del aire a diferentes velocidades.

Fuente: Mediciones Realizadas.

En los cuatro motores analizados, se observa que la temperatura de admisión de aire para velocidad de crucero, oscila entre 30 y 33°C, mientras que, para velocidad máxima el valor de la temperatura del aire oscila entre 36 y 37 °C

Medición de la posición del pedal del acelerador. Las mediciones de la posición del sensor de lugar del pedal en los dos regímenes de velocidad del motor, se realizaron de manera indirecta, en donde a cada valor de la señal del sensor indica un valor de la posición del pedal, teniendo el sensor un comportamiento lineal, es decir una variación de la posición del pedal es proporcional a la variación de la diferencia de potencial del sensor.

Tabla 8. Mediciones en sensor de posición del acelerador.

Vehículo de Prueba	Mediciones en Sensor de Posición del acelerador (Diferencia de tensión)	
	Velocidad Crucero 2000 RPM	Velocidad Máxima 2800 RPM
Vehículo 1	3.45	4.25
Vehículo 2	3.63	4.35
Vehículo 3	3.24	4.17
Vehículo 4	3.43	4.32

Fuente: Mediciones Realizadas.

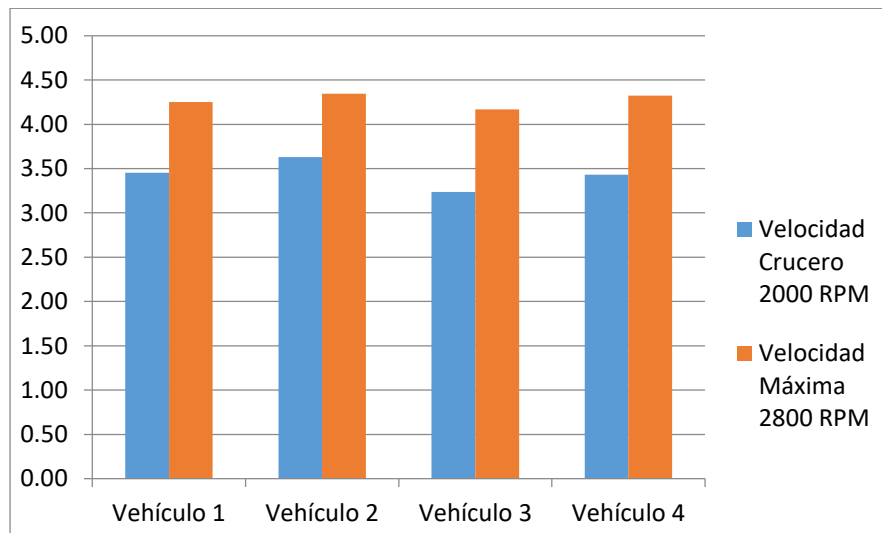


Figura 23. Posición del Pedal del acelerador a diferentes velocidades

Fuente: Mediciones Realizadas.

En los cuatro motores analizados, se observa que la posición del pedal del acelerador emite una señal eléctrica, en el cual la diferencia de tensión oscila entre 3.24 y 3.63 Voltios, mientras que, para velocidad máxima, el valor oscila entre 4.17 y 4.35 Voltios.

Medición de la posición del obturador. Las mediciones de la posición de la válvula de mariposa determinan el volumen de mezcla aire combustible para la combustión del motor, se hizo las mediciones en los dos regímenes de velocidad del motor, se realizaron de manera indirecta, en donde a cada valor de la señal del sensor indica un valor de la posición del obturador, teniendo el sensor un comportamiento lineal, es decir una variación de la posición del obturador es proporcional a la variación de la diferencia de potencial del sensor.

Tabla 9. Mediciones en sensor de posición del obturador.

Unidad de prueba	Mediciones en Sensor del Obturador (Diferencia de tensión)	
	Velocidad Crucero 2000 RPM	Velocidad Máxima 2800 RPM
Vehículo 1	3.40	4.48
Vehículo 2	3.55	4.34
Vehículo 3	3.33	4.33
Vehículo 4	3.27	4.32

Fuente: Mediciones Realizadas.

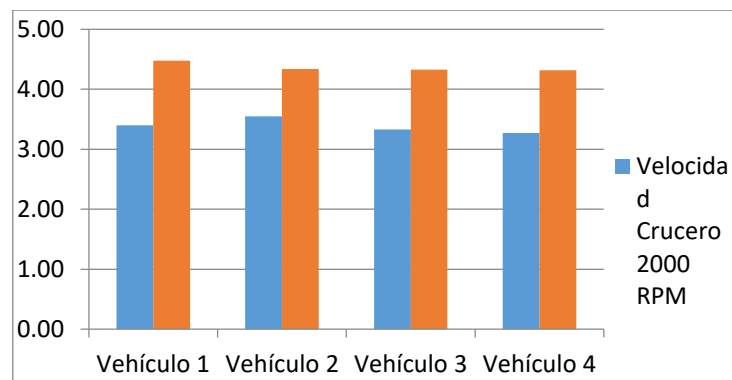


Figura 26. Posición del obturador a diferentes velocidades.

Fuente: Mediciones Realizadas.

En los cuatro motores analizados, se observa que la posición del obturador emite una señal eléctrica, en el cual la diferencia de tensión oscila entre 3.27 y 3.55 Voltios, mientras que, para velocidad máxima, el valor oscila entre 4.32 y 4.48 Voltios.

Medición del sensor de oxígeno. Las mediciones del sensor de oxígeno, determina si la composición fue rica o pobre en la combustión. El factor lambda un valor superior a 1 indica que la mezcla es rica, un valor inferior a 1 indica que la mezcla es pobre. Se hizo las mediciones en los dos regímenes de velocidad del motor, se realizaron de manera indirecta, en donde a cada valor de la señal del sensor indica un valor del oxígeno en la combustión, teniendo el sensor un comportamiento lineal, es decir una variación de la cantidad de oxígeno es proporcional a la variación de diferencia con el potencial del sensor.

Tabla 10. Mediciones en sensor de oxígeno

Vehículo de Prueba	Mediciones en Sensor de Oxígeno (Diferencia de tensión)			
	Velocidad Crucero 2000 RPM	Factor Lambda	Velocidad Máxima 2800 RPM	Factor Lambda
Vehículo 1	0.810	1.030	0.79	0.91
Vehículo 2	0.767	1.120	0.81	0.94
Vehículo 3	0.537	1.090	0.58	0.91
Vehículo 4	0.737	1.050	0.73	0.89

Fuente: Propia (2020)

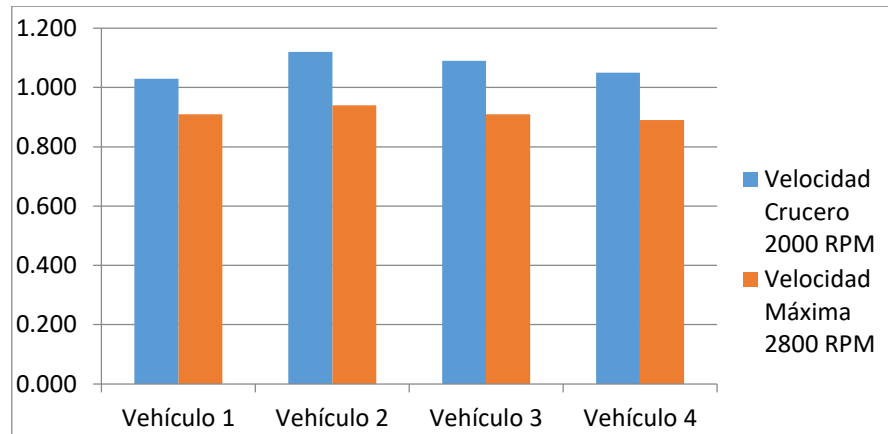


Figura 27. Factor lambda a diferentes regímenes de velocidad.

Fuente: Mediciones realizadas.

En los cuatro motores analizados, se observa que a velocidad de crucero el factor lambda supera ligeramente el valor de 1, es decir es una mezcla rica, siendo la mezcla estequiometria de 14.7 Kg de aire por un Kg de gasolina que se emplearon en la combustión.

Medición del sensor de temperatura del motor. Las mediciones se realizaron de manera indirecta en dos regímenes de velocidad del motor, en donde a cada valor de la señal del sensor indica un valor de la temperatura del motor, teniendo el sensor un comportamiento lineal, es decir una variación de la temperatura del motor es proporcional a la variación de la diferencia de potencial del sensor.

Tabla 11. Mediciones de temperatura del motor.

Vehículo de Prueba	Mediciones de Temperatura del Motor (Diferencia de tensión)			
	Velocidad Crucero 2000 RPM	Temperatura °C	Velocidad Máxima 2800 RPM	Temperatura °C
Vehículo 1	4.307	98.300	4.13	102.30
Vehículo 2	4.337	98.100	4.14	103.10
Vehículo 3	4.243	97.300	4.08	101.40
Vehículo 4	4.190	98.100	4.05	102.40

Fuente: Mediciones Realizadas.

En los cuatro motores analizados, se observa que la temperatura del motor a velocidad de crucero oscila entre 97.3 y 98.3°C, notándose que a velocidad máxima el valore de la tensión disminuye por ser un sensor con resistencia con

coeficiente. Para velocidad máxima el valor de la temperatura del motor oscila entre 101.1 y 103.1 °C.

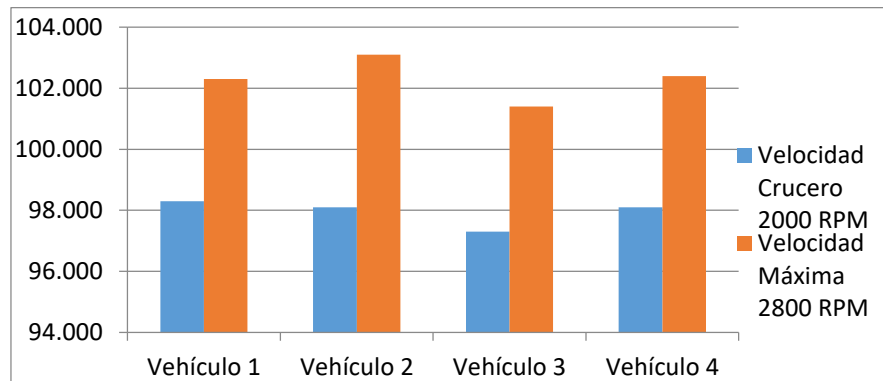


Figura 28. Factor lambda a diferentes regímenes de velocidad.

Fuente: Mediciones Realizadas.

Mensuración de presión media en el cilindro. La medición de la presión media, determina de manera indirecta la potencia mecánica generado en el motor.

Tabla 12. Mediciones de la presión media en el cilindro (Bar).

Vehículo de Prueba	Mediciones de la presión media en el cilindro (Bar) a velocidad máxima
Vehículo 1	17.87
Vehículo 2	17.54
Vehículo 3	17.23
Vehículo 4	16.89

Fuente: Mediciones realizadas.

Con la ecuación siguiente se calcula la generación de potencia y el par mecánico en cada prueba realizada.

$$M = \frac{Pe * Vh}{4\pi}$$

Donde:

- M*: Par Motor N-m
- Pe*: Presión Media Promedio Pa.
- Vh*: Cilindrada del motor (1497 cm³)

La potencia mecánica se obtiene:

$$P = \frac{2 * \pi * RPM * M}{60}$$

$$P = \frac{2 * \pi * RPM * Pe * Vh}{4 * \pi * 60}$$

RPM: a máxima velocidad: 2800 RPM

En función a ello, se calcula la potencia mecánica del motor en Kilowatt.

Tabla 13. *Potencia mecánica.*

Unidad de prueba	Mediciones de la presión media en el cilindro (Bar) a velocidad máxima	Potencia Mecánica (Kilowatt)
Vehículo 1	17.87	62.420
Vehículo 2	17.54	61.267
Vehículo 3	17.23	60.184
Vehículo 4	16.89	58.997

Medida del tiempo de inyección.

Tabla 14. *Mediciones del tiempo de inyección (milisegundos).*

Unidad de prueba	Mediciones del Tiempo de Inyección (milisegundos)	
	Velocidad Crucero 2000 RPM	Velocidad Máxima 2800 RPM
V- 1	3.28	3.68
V-2	3.34	3.79
V-3	3.43	3.81
V-4	3.46	3.82

Fuente: Mediciones realizadas.

De la tabla 14, se observa que el tiempo de inyección de la electroválvula del inyector, tiene valores entre 3.28 y 3.46 milisegundos a velocidad de crucero, sin embargo, a velocidad máxima el tiempo de inyección se incrementa con lo cual también se incrementa el consumo de combustible.

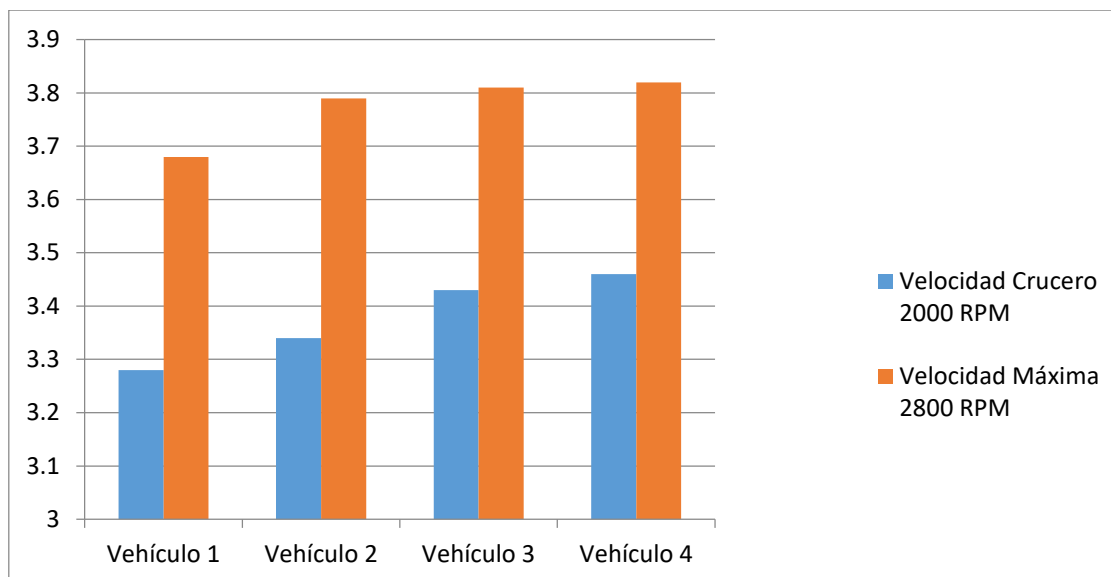


Figura 29. Mediciones del tiempo de inyección (milisegundos)

Fuente: Mediciones realizadas.

Medición del consumo de combustible. Se tiene el registro de las mediciones del consumo de combustible, en el cual se obtuvo de la relación del recorrido del vehículo en Km entre el consumo de combustible.

Tabla 15. Mediciones del consumo de combustible

Unidad de prueba	Mediciones de consumo de combustible (Km/Galón)	
	Velocidad crucero 2000 RPM	Velocidad máxima 2800 RPM
Vehículo 1	38.5	43.0
Vehículo 2	37.9	41.0
Vehículo 3	37.1	42.0
Vehículo 4	36.9	40.0

Fuente: Mediciones realizadas.

De la tabla 15, se aprecia que, a velocidad máxima, el consumo de combustible es mayor que a velocidad crucero para los cuatro vehículos de prueba. Siendo el valor más desfavorable el de 36.9 Km/Galón para velocidad máxima.

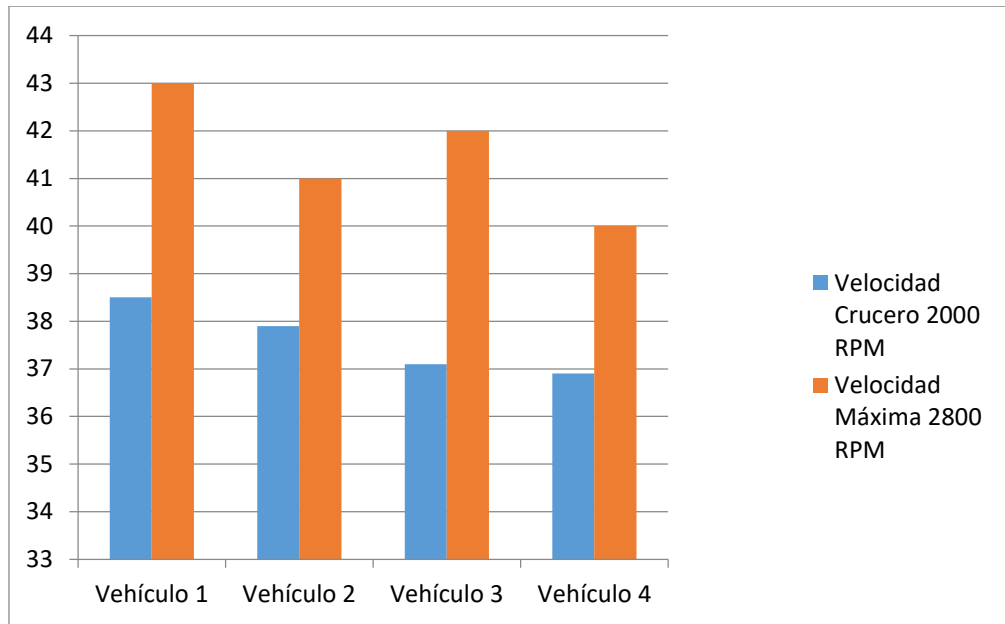


Figura 30. Mediciones del consumo de combustible (Km/Galón)

Fuente: Mediciones realizadas.

- **Analizar los diferentes parámetros de funcionamiento del motor adaptado con el sistema de inyección 4e-fe, a diferentes condiciones de operatividad.**

Se realizaron las mismas mediciones de los parámetros, luego de instalar el sistema de inyección 4E-FE, en los motores, teniendo los siguientes resultados.

Tabla 16. Medición de parámetros a velocidad crucero, 2000rpm de motor adaptado.

Velocidad crucero 2,000 RPM										
Vehículo de prueba	Kilometraje (Km)	Numero de medidas	Medición en voltios de los sensores						Tiempo de Inyección (mseg)	Consumo de Combustible (Km/Galón)
			Presión del Aire	Temperatura del Aire	Posición del Pedal del acelerador	Posición del Obturador	Oxígeno	Temperatura del Motor		
1	130,000	1	3.45	2.76	3.41	3.36	0.86	4.43	3.13	36.7
		2	3.54	2.78	3.29	3.38	0.88	4.45		
		3	3.32	2.81	3.37	3.31	0.83	4.29		
Promedios			3.44	2.78	3.36	3.35	0.86	4.48		
2	155,000	1	3.31	2.91	3.56	3.45	0.83	4.42	3.11	35.6
		2	3.26	2.89	3.57	3.36	0.82	4.45		
		3	3.29	2.88	3.59	3.41	0.81	4.49		
Promedios			3.29	2.89	3.57	3.41	0.82	4.45		
3	175,000	1	2.81	3.09	3.16	3.28	0.75	4.18	3.11	34.7
		2	2.84	3.01	3.19	3.27	0.73	4.11		
		3	2.76	3.02	3.17	3.24	0.81	4.18		
Promedios			2.80	3.04	3.17	3.26	0.76	4.16		
4	200,000	1	3.11	2.88	3.34	3.16	0.83	4.34	3.08	34.8
		2	3.09	2.81	3.36	3.19	0.81	4.29		
		3	3.14	2.85	3.32	3.32	0.87	4.25		
Promedios			3.11	2.85	3.34	3.34	0.84	4.29		

Fuente: Propia (2019)

Tabla 17. Medición de parámetros a velocidad máxima, 2800rpm de motor adaptado.

Velocidad cruceo 2,000 RPM											
Vehículo de prueba	Kilometraje (Km)	Numero de medidas	Medición en voltios de los sensores							Tiempo de Inyección (mseg)	Consumo de Combustible (Km/Galón)
			Presión del Aire	Temperatura del Aire	Posición del Pedal del acelerador	Posición del Obturador	Oxígeno	Temperatura del Motor	Presión media de cilindro (Bar)		
1	130,000	1	4.34	1.91	4.31	4.41	0.83	4.19	16.74	3.45	49.1
		2	4.38	1.88	4.28	4.39	0.89	4.20	16.72		
		3	4.31	1.84	4.31	4.45	0.84	4.18	18.81		
		Promedios	4.34	1.88	4.30	4.42	0.85	4.19	16.76		
2	155,000	1	4.34	1.86	4.25	4.31	0.85	4.22	16.24	3.65	46.7
		2	4.35	1.87	4.26	4.28	0.86	4.16	16.28		
		3	4.31	1.89	4.29	4.26	0.89	4.18	16.22		
		Promedios	4.33	1.87	4.27	4.28	0.87	4.18	16.23		
3	175,000	1	4.14	1.87	4.18	4.23	0.74	4.19	16.22	3.71	48.2
		2	4.13	1.88	4.13	4.26	0.71	4.17	16.16		
		3	4.11	1.91	4.12	4.29	0.69	4.18	16.18		
		Promedios	4.13	1.88	4.14	4.26	0.71	4.18	16.18		
4	200,000	1	3.98	2.07	4.23	4.31	0.83	4.19	16.07	3.67	45.6
		2	3.89	2.11	4.27	4.24	0.84	4.18	16.09		
		3	3.88	2.17	4.21	4.27	0.87	4.17	16.11		
		Promedios	3.94	2.12	4.24	4.27	0.85	4.18	16.09		

Fuente: Propia (2019)

- Realizar la comparación con el funcionamiento del sistema de inyección 4e-fe, para determinar las ventajas de su adaptación.

De las variables medidas utilizando los dos tipos de sistema de inyección, las que presentan cambios significativos en velocidad máxima son:

- a) Temperatura del Motor.
- b) Tiempo de Inyección.
- c) Presión media en el cilindro.
- d) Gasto de combustible.

a) Evaluación de la variación de temperatura utilizando los dos sistemas de inyección.

Tabla 18. Temperatura del motor.

Vehículo de Prueba	Temperatura del Motor			
	Sistema de Inyección 5E		Sistema de Inyección 4E	
	Señal del sensor (Voltios)	Temperatura °C	Señal del sensor (Voltios)	Temperatura °C
Vehículo 1	4.13	96	4.19	94
Vehículo 2	4.14	95	4.18	94
Vehículo 3	4.08	98	4.16	95
Vehículo 4	4.05	99	4.18	94

Fuente: Mediciones realizadas.

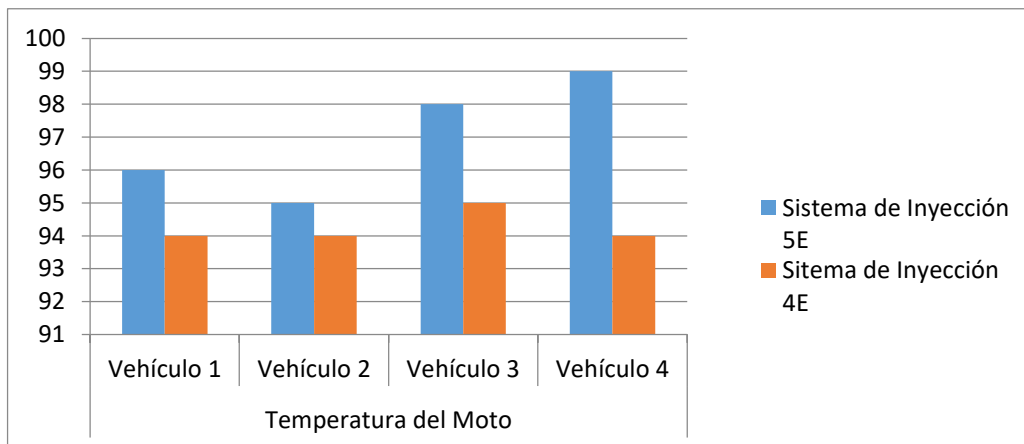


Figura 31. Temperatura de motor.

Fuente: Mediciones realizadas.

b) Evaluación del tiempo de inyección utilizando los dos sistemas de inyección.

Tabla 19. Tiempo de inyección (Milisegundos).

Vehículo de Prueba	Tiempo de Inyección (Milisegundos)	
	Sistema de Inyección 5E	Sistema de Inyección 4E
Vehículo 1	3.68	3.45
Vehículo 2	3.79	3.65
Vehículo 3	3.81	3.71
Vehículo 4	3.82	3.67

Fuente: Mediciones realizadas.

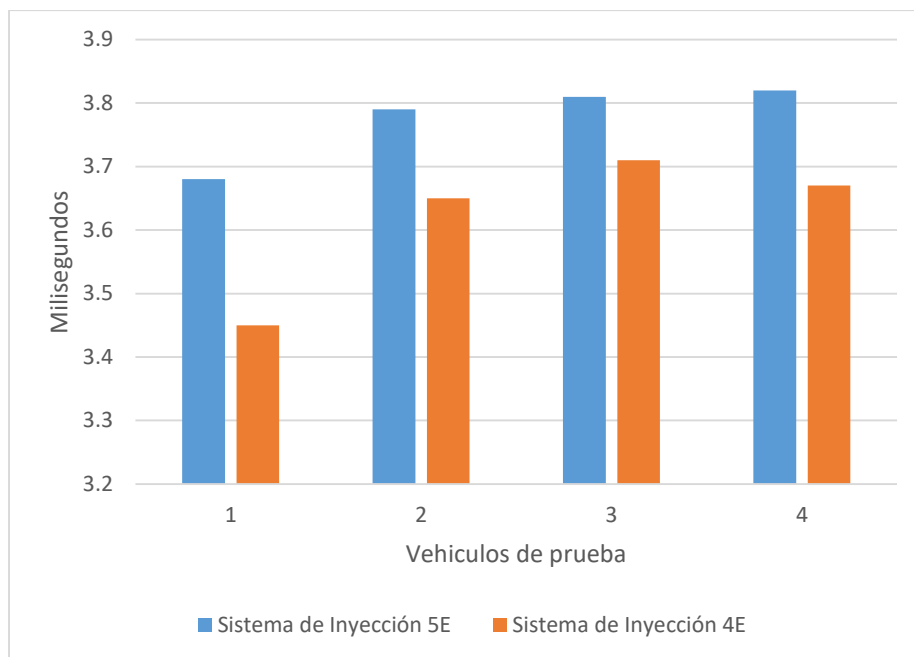


Figura 32. Tiempo de inyección.

Fuente: Mediciones realizadas.

c) Análisis de la presión media en el cilindro utilizando los dos sistemas de inyección.

Tabla 20. Presión media en el cilindro (Bar).

Vehículo de Prueba	Presión Media en el cilindro (Bar)	
	Sistema de Inyección 5E	Sistema de Inyección 4E
Vehículo 1	17.87	16.76
Vehículo 2	17.54	16.23
Vehículo 3	17.23	16.18
Vehículo 4	16.89	16.09

Fuente: Mediciones realizadas

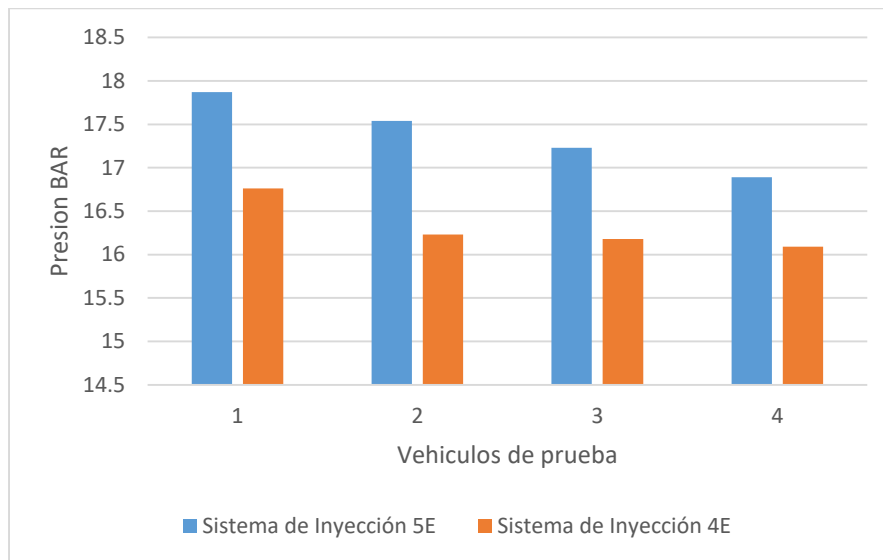


Figura 33. Presión media.

Fuente: Mediciones realizadas.

La disminución de la presión media influye en la potencia mecánica del motor, el cual se determina con la expresión:

$$P = \frac{2 * \pi * RPM * Pe * Vh}{4 * \pi * 60}$$

Donde:

Pe: Presión Media Promedio Pa.

Vh: Cilindrada del motor (1497 cm³).

RPM: 2800

Tabla 21. Potencia Mecánica (Kilowatt).

Vehículo de Prueba	Potencia Mecánica (Kilowatt)	
	Sistema de Inyección 5E	Sistema de Inyección 4E
Vehículo 1	62.42	58.54
Vehículo 2	61.27	56.69
Vehículo 3	60.18	56.52
Vehículo 4	59.00	56.20

Fuente: Mediciones realizadas

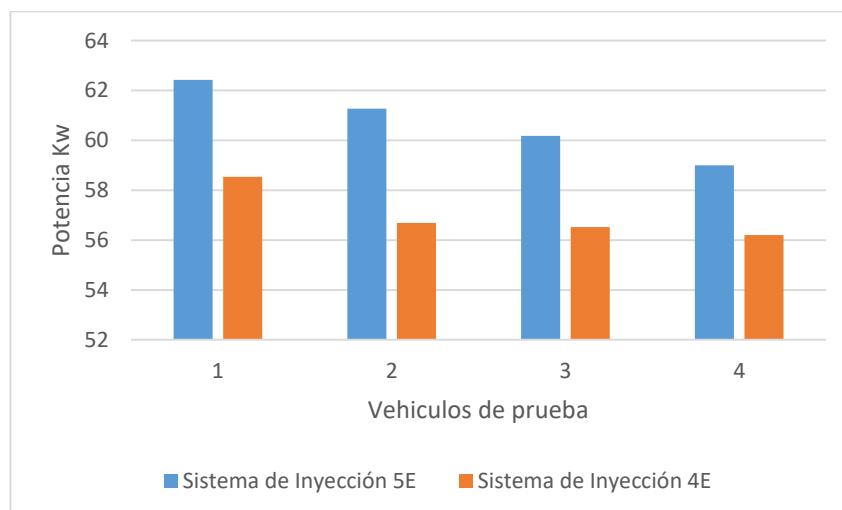


Figura 34. Presión mecánica.

Fuente: Mediciones realizadas.

d) Evaluación del gasto de combustible utilizando los dos sistemas de inyección.

Tabla 22. Consumo específico de combustible (Km/Galón)

Vehículo de Prueba	Consumo Específico de Combustible (Km/Galón)		
	Sistema de Inyección 5E	Sistema de Inyección 4E	Diferencia
Vehículo 1	43	49.1	6.1
Vehículo 2	41	46.7	5.7
Vehículo 3	42	48.2	6.2
Vehículo 4	40	45.6	5.6

Fuente: Mediciones realizadas

Se determina que existe una mayor eficacia en el gasto de combustible en los cuatro vehículos en los cuales se hizo la adaptación del sistema de inyección a gasolina 4E.

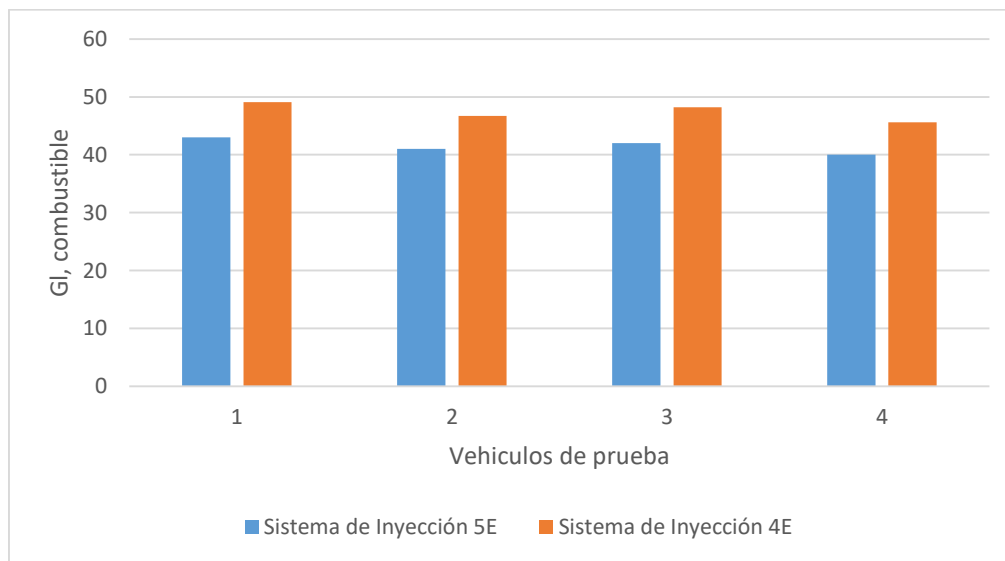


Figura 35. Gasto de combustible en Gal.

Fuente: Mediciones realizadas.

➤ Evaluación económica del proyecto

Inversión de inicio.

Tabla 23. Inversión económica

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Total S/.
1	Inyectores 4E-FE	Unidad	4	140	560
2	Unidad de Control Electrónico	Unidad	1	580	580
3	Bomba Eléctrica de gasolina 72 Watt	Unidad	1	160	160
4	Cañerías para gasolina 1/4"	Unidad	4	35	140
5	Ramal conectores 4E-FE	Unidad	1	120	120
6	Kit de conectores inyectores	Unidad	1	90	90
7	Mano de Obra	Unidad	1	210	210
8	Configuración con Scanner Automotriz	Unidad	1	130	130
	Total S/.				1990

Fuente: Guía de observación.

La inversión inicial de la conversión, con repuestos de primera calidad, originales, incluyendo instalación y configuración con scanner automotriz, asciende a S/ 1,990.000.

Ingresos producto de la mejora del proyecto

Están dados por el ahorro de consumo de combustible al realizar la adaptación del sistema 4E-FE, se determina el ahorro económico, en función a la diferencia entre ambos sistemas.

Tabla 24. Ahorro diario de combustible al realizar la adaptación

Vehículo de Prueba	gasto de combustible específico sistema de inyección 5E-FE (Km/Galón)	gasto de combustible específico sistema de inyección 4E-FE (Km/Galón)	Incremento de recorrido por adaptación de sistema de inyección 4E-FE (Km/galón)	Recorrido Diario (Km)	Gasto diario de combustible, sistema de inyección 5E-FE (Galones)	Gasto diario de combustible, sistema de inyección 4E-FE (Galones)	Ahorro Diario en combustible por adaptación de sistema 4E-FE (Galones)	Ahorro diario (Precio 1 Galón de gasolina = S/. 12.80)
Vehículo 1	43	49.1	6.1	280	6.51	5.70	0.81	10.35
Vehículo 2	41	46.7	5.7	310	7.56	6.64	0.92	11.81
Vehículo 3	42	48.2	6.2	290	6.90	6.02	0.89	11.37
Vehículo 4	40	45.6	5.6	305	7.63	6.69	0.94	11.99
Promedio	41.5	47.4	5.9	296.3	7.2	6.26	0.89	11.38

Fuente: Autoría propia.

Los cuatro vehículos de prueba a los cuales se realizó la adaptación, se hizo el registro del recorrido diario para un día normal de funcionamiento, y se determinó que existe un ahorro en galones de combustible, que expresado en términos económicos tienen un ahorro que oscila entre los 10.35 y 11.99 Soles, siendo el promedio de 11.38 Soles. Para un funcionamiento de 6 días a la semana, se tiene que el ahorro es de $11.38 * 24 = 273.12$ Soles al mes. El cual representa para efectos de cálculo económico el ingreso mensual del proyecto de inversión.

Flujo de liquidez

Describe la inversión inicial, ingresos y egresos del plan durante el tiempo de vida que durará el proyecto. Se evalúa para un periodo de 12 meses, debido a que es de mediano plazo y que debe estar al alcance de los propietarios de éstas unidades.

Tabla 25. Flujo de liquidez.

		INVERSION INICIAL: S/.1,990.00	
MES	Ingreso ahorro de combustible	Egresos. Mantenimiento preventivo S/.	Ingresos - Egresos S/.
1	273.12		273.12
2	273.12		273.12
3	273.12	60	273.12
4	273.12		273.12
5	273.12		273.12
6	273.12	60	273.12
7	273.12		273.12
8	273.12		273.12
9	273.12	60	273.12
10	273.12		273.12
11	273.12		273.12
12	273.12	60	273.12

Fuente: Autoría propia.

Determinación del VAN y el TIR

Valor actual neto. Para el cálculo de esta variable se lleva el valor de la inversión al mes cero inicio del proyecto, la tasa de interés es de 3.5% mensual promedio del sector financiero.

Ingresos actualizados al tiempo 0:

$$Ia = \frac{Ra*(1+i)^{n-1}}{[i*(1+i)^n]}$$

Donde:

- Ia*: Ingresos actualizados al mes cero
- Ra*: Ingresos mensuales
- i*: Ratio de interés mensual (3.5%)
- n*: Cantidad de meses: 12

Utilizando el software Microsoft Excel, se determina el valor actualizado de los ingresos mensuales del proyecto.

Ítem	Mes					
	0	1	2	3	11	12
Inversión Inicial	1990					
Ingresos: Ahorro de combustible S/		273.12	273.12	273.12	273.12	273.12
Egresos. Mantenimiento preventivo S/.				60		60
Ingresos -Egresos S/.	-1990	273.12	273.12	213.12	273.12	213.12

VNA(0.035,E11:P11)
S/. 2,525.41

Reemplazando valores obtenemos:

Valor Actual Neto del Proyecto: 2525.41 - 1990 = S/.535.41

Tasa Interna de Retorno. Para evaluar la TIR es necesario actualizar los costos y los ingresos, esta tiene que ser igual o mayor a la tasa de la inversión inicial.

$$Inv = \frac{Rd*(1+TIR)^{n-1}}{[TIR*(1+TIR)^n]}$$

Donde:

Inv: Inversión Inicial 1990

Rd: Ingresos mensuales

n: Cantidad de meses: 12

Ítem	Mes						TIR(D11:P11)
	0	1	2	3	11	12	
Inversión Inicial	1990						
Ingresos: Ahorro de combustible S/		273.12	273.12	273.12	273.12	273.12	
Egresos. Mantenimiento preventivo S/.				60		60	
Ingresos -Egresos S/.	- 1990	273.12	273.12	213.12	273.12	213.12	7.30%

El resultado del cálculo usando métodos de aproximación en el software Microsoft Excel se determinó que la TIR es igual a 7.3% mensual, este resultado es mayor al interés de la banca actual que oscila entre 3 y 4% cada mes.

Relación Beneficio Costo

La relación beneficio / costo de 2,525.41 / 1990 resulta una ratio de 1.26, esto es un indicador clave para tomar decisiones y ejecutar el proyecto.

V. DISCUSIÓN

Los sistemas automotrices modernos buscan cuatro aspectos que determinan la evolución de sus mecanismos, siendo ellos: el ahorro de combustible, la menor contaminación, el incremento de la seguridad y el mejor confort. Estos cuatro aspectos determinan la versatilidad de las unidades vehiculares.

Los vehículos que datan de los años 1990 al 2000, tienen sistemas de inyección de gasolina, que emplean la inyección electrónica como sistema eficaz del suministro óptimo de combustible en el interior de los cilindros del motor, sin embargo, al comparar el rendimiento de los sistemas de inyección a gasolina con inyección electrónica de los años 2000 al 2010, resulta siendo deficientes.

La adaptación del sistema de inyección a gasolina 4E-FE, tuvo como objetivo principal la reducción del gasto de combustible, sin embargo, en la evaluación realizada de los diferentes parámetros de operación, se evidenció que la potencia mecánica desarrollada disminuye debido a que el flujo másico de combustible ha disminuido, por ser un sistema con menor tiempo de inyección.

En la costa norte del país, ciudades como Trujillo, Chiclayo estos vehículos son usados mayormente al transporte público de personas, no es muy perceptible si la potencia mecánica del motor ha disminuido debido a la adaptación del sistema de inyección 4E-FE, debido a que la carga máxima no excede los 350 a 450 Kg. Sin embargo, si éstos vehículos que originalmente tienen sistema de inyección a gasolina 5E-FE. Adaptados con el sistema 4E-FE, son utilizados en zonas de la sierra del Perú, la disminución de potencia mecánica si ocasionaría inconvenientes.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó los parámetros de operación de los sensores, analizando las señales que emiten a diferentes regímenes de velocidad del motor, tales como el sensor presión del aire, de temperatura del aire, de posición de pedal, de posición del obturador, de oxígeno, de temperatura del motor y el sensor de presión media en el cilindro. Dichas señales informan mediante un rango de valores, en términos de voltajes, las variaciones de las medidas de funcionamiento del motor de combustión interna. De las mediciones realizadas se concluyó que el gasto de combustible con sistema de inyección 5E-FE, oscila entre 40 y 43 Km/galón.
- Con la adecuación del sistema inyección 4E-FE, se tuvo rendimientos en los cuatro vehículos de pruebas entre 45,6 y 49.1 Km/Galón, valores que son de menor consumo específico que los del sistema de inyección original 5E-FE.
- Realizando la comparación en términos técnicos y económicos, se determinó que para el primer caso, reducir la potencia entre 3 y 4 KW, en cambio en el aspecto económico, de los cuatro vehículos de prueba a los cuales se realizó la adaptación, se hizo el registro del recorrido diario para un día normal de funcionamiento, y se determinó que existe un ahorro en galones de combustible, que expresado en términos económicos oscila entre los 10.35 y 11.99 Soles, al día, siendo el promedio de 11.38 Soles.
- Se hizo la evaluación económica, teniendo un VAN de S/.535.41, con una TIR de 7.30%, finalmente se evaluó en costo beneficio lo cual resulto con una ratio de 1.26, estos indicadores representan que el proyecto es viable.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar las pruebas teniendo en cuenta la operatividad de los demás sistemas de los vehículos, es decir del sistema de frenos, dirección suspensión, los mecanismos de transmisión.
- Se recomienda tomar lectura de las velocidades del motor para evaluar el comportamiento de otras variables como es el torque mecánico, así como también la relación de compresión en el interior del cilindro.
- Revisar los datos de vuelo del motor, es decir la variación de todas las variables de funcionamiento registradas en el scanner automotriz, a fin de determinar la influencia de cambio del sistema 4E-FE, en las variables eléctricas y mecánicas del funcionamiento del vehículo.

REFERENCIAS

- GUACHAMIN Quishpe, Nelson Paúl. Implementación del Sistema de Inyección Electrónica a Gasolina a un vehículo Mazda 323. Tesis (Licenciado en Electromecánica Automotriz). Quito: Universidad san francisco de Quito, colegio de ciencias e ingenierias, 2016. 91pp.
- AMÁN Jiménez, Alexandra Andrea. construcción e implementación de un tablero didáctico de un sistema de inyección electrónica monotrónico mp 9.0 de volkswagen gol 1.8 modelo 2002 para la escuela de ingeniería automotriz. Tesis (Bachiller en Ingeniería automotriz). Riobamba: Escuela superior politécnica de Chimborazo, facultad de mecánica, 2012. 92pp.
- MONTALVO Valles, Klever Mauricio. Conversión de un motor DATSUN 1200cc de un sistema de carburador a un sistema de inyección electrónica mono punto. Tesis (bachiller en ingeniería de mantenimiento automotriz). Ibarra: Universidad Técnica del Norte, facultad de educación, ciencia y tecnología, 2010. 90pp.
- REINOSO Granizo, Héctor Eve. Implementación de un módulo de control electrónico programable haltech en un motor corsa 1.3l cuatro tiempos a gasolina con inyección electrónica para el análisis de sus rendimientos. Tesis (Bachiller en ingeniería automotriz). Quito: Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz. 2012. 123pp.
- MACRO CONSULT, Situación y perspectivas del sector automotriz en el Perú [en línea]. Abril 2019, [fecha de consulta: 22 de junio 2019]. Disponible en <https://sim.macroconsult.pe/wp-content/uploads/2019/06/REM-AUTOMOTRIZ-DEMO.pdf>.

- FRANKLIN Panchi, Diego Salazar. Adaptación de un sistema de inyección electrónica de combustible multipunto mpfi en un vehículo lada modelo 2104 fabricado en el año 1994. Tesis (bachiller en ingeniería automotriz). Latacunga: Escuela Politécnica del ejército, Facultad de ingeniería. 2007. 196pp.
- LEGUISAMO Milla, Julio Cesar. Estudio del funcionamiento de un motor de inyección electrónica directa a gasolina en diferentes alturas con respecto al nivel del mar. Tesis (Magister en sistemas automotrices). Quito: Escuela politécnica nacional, Facultad de ingeniería mecánica, 2016. 138pp.
- Zongxuan, Sun. Designand control of automotive propulsión syistems. Boca Raton: Taylor & Francis Group LLC 2015. 193pp. ISBN: 13 9781439820193.
- Manual de partes Bosch [en línea]. Sudamérica, 2015 [fecha de consulta: 20 de junio 2019]. Disponible en http://www.boschautopartes.com/media/la/aa_sites_la/products_and_services/automotive_parts/gasoline_1/download_5/HIRES_PDF_59963.pdf.
- ALDO Ramón, Gayosso Cruz. Incorporación de un sistema ultrasónico en un motor de combustión interna. Tesis (bachiller en ingeniería mecánica). Ciudad universitaria: Universidad nacional autónoma de México, Facultada de ingeniería, 2019. 88pp.

ANEXOS

➤ Variables de operacionalización

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	instrumentos	Escala de Medición
Análisis Comparativo De Funcionamiento De un Motor Toyota 5E-FE, mediante Sistema de Inyección del 4E-FE	Consiste en analizar comparativamente el funcionamiento de las variables de un motor al adaptar un sistema de inyección 4E-FE de menor valor en un motor con sistema de inyección 5E-FE	Se mide las variables en función a la información que emiten los diversos sensores y actuadores que posee el motor en sus sistemas de inyección y de encendido.	Aspectos Mecánicos. Aspectos Eléctricos Aspectos Hidráulicos	Torque RPM Tensión Intensidad de corriente eléctrica. Flujo de másico de combustible	Guía de Observación	N-m Rpm Voltios. Amperios. Kg/s
Comportamiento en uso regular	Es determinar cómo la variación de las variables modifican el valor inicial de funcionamiento del motor, con enfoque técnico y económico.	Se realiza mediante las mediciones del consumo de combustible , así como también de la potencia del motor.	Consumo específico de combustible. Potencia Mecánica	Flujo másico de combustible. Flujo de masa de aire. Torque. RPM	Guía de Observación	Kg/h. N-m

Vehículo de Prueba	Kilometraje del vehículo de prueba (Km)	Sensor Medido	Velocidad :				Tiempo de Inyección (mseg)	Consumo de Combustible (Km/Galón)
			Valor de tensión (Voltios)					
			1ra Medición	2da Medición	3ra Medición	Promedio		
Vehículo 1	130000	Sensor de Presión del Aire						
		Sensor de Temperatura del Aire						
		Sensor de Posición del Pedal del acelerador						
		Sensor de Posición del Obturador						
		Sensor de Oxígeno						
		Sensor de Temperatura del Motor						
Vehículo 2	155000	Sensor de Presión del Aire						
		Sensor de Temperatura del Aire						
		Sensor de Posición del Pedal del acelerador						
		Sensor de Posición del Obturador						
		Sensor de Oxígeno						
		Sensor de Temperatura del Motor						
Vehículo 3	175000	Sensor de Presión del Aire						
		Sensor de Temperatura del Aire						
		Sensor de Posición del Pedal del acelerador						
		Sensor de Posición del Obturador						
		Sensor de Oxígeno						
		Sensor de Temperatura del Motor						
Vehículo 4	200000	Sensor de Presión del Aire						
		Sensor de Temperatura del Aire						
		Sensor de Posición del Pedal del acelerador						
		Sensor de Posición del Obturador						
		Sensor de Oxígeno						
		Sensor de Temperatura del Motor						