

Análisis del grado de efectividad del simulador de inyección electrónica, motor Isuzu 2,2 gasolina

Analysis of the degree of effectiveness of the electronic injection simulator, Isuzu 2,2 gasoline engine

Araujo Asang Edy

earaujoasang@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3517-1283>

Instituto Superior Tecnológico Centro Tecnológico Naval, Salinas, Ecuador

RESUMEN

El simulador de inyección electrónica permite generar parámetros de funcionamientos de los sensores, su procesamiento y posterior modificación a través de los actuadores en el trabajo del motor. El objetivo de esta investigación es determinar el grado de efectividad del simulador de inyección electrónica para ser aplicado en el proceso de enseñanza aprendizaje. Se empleó el método cuantitativo con un diseño experimental con nivel correlacional bajo un sistema de pruebas y mediciones realizada con el escáner como equipo de diagnóstico. Los resultados obtenidos permitieron evidenciar el grado de certeza de las señales generadas en el simulador al ser comparadas con los datos medidos en el motor Isuzu, por lo tanto, reflejo coincidencia en las señales de salidas de la unidad de control electrónico hacia los actuadores al ingresar señales simuladas por medio de los sensores. Los hallazgos permitieron determinar el alto grado de certeza entre el funcionamiento del sistema de inyección electrónica del motor Chevrolet Luv 2.2 y el simulador. Esto implicó mejoras en la técnica de enseñanza aprendizaje en el logro de la competencia del mecánico naval como operador, mantenedor y reparador de motores de combustión interna, siendo la simulación una metodología: práctica, fácil de replicar y ecológica libre de emisiones.

Palabras claves: Simulador, sensor, actuador, unidad de control electrónico, escáner.

ABSTRACT

The electronic injection simulator allows the generation of parameters of sensor operation, processing, and subsequent modification through the actuators in the engine work. The objective of this research is to determine the degree of effectiveness of the electronic injection simulator to be applied in the teaching-learning process. The quantitative method was used with an experimental design with a correlative level under a system of tests and measurements made with the scanner as diagnostic equipment. The results obtained allowed to show the degree of certainty of the signals generated in the simulator when compared to the measured data in the Isuzu engine, thus, reflecting coincidence on the output signals of the electronic control unit to the actuators when entering simulated signals through the sensors. The findings show that there is a high degree of certainty between of the electronic injection system of the Chevrolet Luv 2.2 engine and simulator. This implies improvements in the teaching technique learning in the training based on the achievement of the competence of the marine mechanic as operator, maintainer, and repairer of engines internal combustion, being the simulation, a practical methodology easy to replicate and ecological, free of emissions.

Keywords: Simulator, sensor, actuator, electronic control unit, scanner.

INTRODUCCIÓN

Simular señales de sensores que monitorean los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna, para ser enviadas al módulo de control electrónico para su procesamiento, y esta consecutivamente emitir órdenes los actuadores, encargado de modificar el estado de trabajo del motor. Es el proceso que logramos realizar en un simulador de inyección electrónica de un motor de combustión. Este trabajo de investigación permitió comprobar el grado de efectividad que existe entre los datos obtenidos del motor Isuzu, 2,2 perteneciente a una camioneta Chevrolet Luv y el simulador de inyección electrónica.

Los dispositivos electrónicos tienen en cuenta toda una serie de entradas correspondientes a la temperatura ambiente, presión atmosférica, temperatura del motor, posición del pedal del acelerador, produciendo inmediatamente una respuesta en la que se calcula la cantidad y momento exacto de la inyección de gasolina y producción de chispa correspondiente al encendido.(MOSQUERA & GALARZA, 2012).

El tablero de simulación consta de los siguientes sensores: Presión absoluta del múltiple de admisión (MAP), temperatura de aire de entrada (IAT), temperatura refrigerante del motor (ECT) y el sensor de posición de mariposa (TPS) considerada información imprescindible para el óptimo trabajo, el principio de funcionamiento de los sensores de temperatura y posición permitió ser remplazados por elementos electrónicos tales como potenciómetros o resistencias variables. La unidad de control electrónica U.C.E. recibe señales de sensores que indican el estado de funcionamiento del motor, para que pueda definir la mejor estrategia de comando de los actuadores (Glehn, 2003).

Los inyectores, bobina de ignición, relé de bomba y la válvula de control de aire de ralentí (IAC) conforman el bloque de actuadores adaptados al simulador.

El simulador también tiene un conector obd II, que permite enchufar el equipo de diagnóstico (escáner) e identificar y monitorear las señales de entrada y salida, para su registro y comparación de datos entre el motor Isuzu y el simulador de inyección. Se realizó diferentes pruebas en el motor, inicialmente con el swichet abierto, luego se arrancó el motor y se registran los datos a 825 rpm, luego se acelera el motor a 925, 1475, 2025 y 2900 rpm respectivamente, al mismo tiempo, monitoreando y asentando las señales de entradas y salida a la Unidad de Control Electrónica (U.C.E) del motor. Con las

mismas condiciones, se realizó las pruebas en el simulador para contrastarlos datos de salida entre simulador y motor. información que se analizó para determinar el grado de efectividad del proyecto.

El campo automotriz en su constante avance tecnológico cuenta con sistemas de inyección electrónica que claramente optimizan el proceso de combustión, por lo tanto, se vuelve necesario contar con personas cada vez más capacitadas para poder dar soluciones adecuadas a las averías que se presentan en vehículos equipados con gestión electrónica (MOSQUERA & GALARZA, 2012).

DESARROLLO

Un sistema electrónico de inyección de combustible es un tipo de sistema de control electrónico que incluye dispositivos sensores o de entrada, un controlador (ECM o PCM), y diversos accionadores o dispositivos de salida, operado por el ECM o el PCM (Crouse, 2007).

Gestión electrónica de las señales de entrada: el simulador de inyección electrónica representa el sistema de rotación-densidad, por tal razón, se fundamentó el criterio básico para determinar las señales de entradas.

En los sistemas de rotación-densidad (*Speed-density*), el sensor de presión informa la presión en el colector de admisión para que pueda calcular la densidad del aire, según la ecuación de los gases perfectos. (Glehn, 2003).

$$\rho = p / (R * T) \text{ (ec. 1)}$$

ρ = densidad (Kg/m³), R = constante (J/Kg*K)

T = temperatura (K) y P = Presión (Pa)

La presión en el colector es utilizada para determinar la carga a la que está sujeta el motor, de manera a definir el ángulo de encendido, o sea, el ángulo de encendido es una función de las revoluciones y la presión en el colector (Glehn, 2003).

Gestión electrónica de las señales de salida:

La ECM al recibir la información de los diversos sensores sobre el funcionamiento del motor, envía las órdenes a los inyectores controlando el tiempo de inyección en función de los requerimientos del motor, revoluciones por ángulo de mariposa, emisión de contaminantes, con base en, cálculo de la densidad del aire y proporcionalidad de la mezcla.

El regulador de ralentí es un actuador que ejerce el: control de la revolución en el régimen de ralentí, control de revolución de ralentí en el funcionamiento a frío, compensa el accionamiento del sistema de aire acondicionado y otras cargas sobre el motor y amortigua la revolución del motor en las desaceleraciones (Glehn, 2003). La generación de chispa y el avance de encendido se encuentra en función de la revolución del motor y de la carga que está sometido. Recordando que la carga del motor puede ser determinada por la presión monitoreada en el colector de admisión. El relé de bomba recibe la señal de masa de la ECM una vez detectada los giros del motor por medio del sensor de posición del cigüeñal.

METODOLOGIA

Simular las señales de entrada de los sensores, procesar la información a través de la ECM; y posteriormente verificar las señales de salida en el accionar de los actuadores, permitirá comparar los datos entre las pruebas realizada en el motor y simulador. Este análisis establecerá el grado de efectividad del simulador de inyección electrónica motor Isuzu C22NE Chevrolet Luv 2,2 gasolina para el aporte en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Tabla 1

Arquitectura de la Gestión Electrónica del Simulador de Inyección.

| Señales de entrada (Sensores) | Procesamiento de la información | Señales de salida (Actuadores) |
|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Revoluciones del motor (CKP) | ECM | Inyectores |
| Presión absoluta del múltiple (MAP) | | Bobina de Ignición |
| Temperatura del refrigerante (ECT) | | Control de aire de ralentí |
| Temperatura del aire (IAT) | | Relé de bomba de combustible. |
| Posición del acelerador (TPS) | | |

Tabla 2*Arquitectura de la Gestión Electrónica del Motor Isuzu 2,2 Chevrolet Luv*

| Señales de entrada (Sensores) | Procesamiento de la información | Señales de salida (Actuadores) |
|---|---------------------------------|--|
| Clutch on u off del compresor de aire acondicionado | ECM | Válvula solenoide de control de purga del recipiente de EVAP |
| Temperatura de refrigerante del motor | | Bobina de ignición |
| Revoluciones del motor | | Inyectores |
| Sensor de oxígeno | | Válvula de control de aire de ralentí |
| Presión absoluta del múltiple | | Relé de bomba de combustible |
| Voltaje de batería | | Relé de clutch compresor de aire acondicionado |
| Posición del acelerador | | Señal del tacómetro |
| Sensor de golpe | | Diagnósticos: Lampara Indicador de mal funcionamiento. |
| Velocidad del vehículo | | Conector de Diagnóstico. |
| Voltaje de bomba de combustible | | |
| Presión de aceite de la dirección asistida | | |
| Temperatura de aire | | |

La gestión electrónica del tablero de inyección básicamente está diseñado para determinar la carga del motor a través de sus sensores de revoluciones, posición, temperatura y presión para calcular la cantidad de inyección, control de entrada de aire y el avance de encendido, en similares condiciones el motor Isuzu sumando mayor cantidad de señales de entrada para el afinamiento en el control de emisiones. La investigación empleo el método cuantitativo al analizar los datos obtenidos de las mediciones realizadas y el análisis de su grado de efectividad, con un diseño experimental por las diferentes pruebas aplicadas en el simulador en función de las condiciones de funcionamiento y estado del motor, Del mismo modo, se alcanzó un nivel correlacional al determinar la fuerza y sentido de la relación lineal entre variables de los valores del motor y simulador registrados.

Se consideraron las señales de los sensores, y las ordenes emitidas por la ECM hacia los actuadores del motor; para simularlos en el tablero, para luego comparar los resultados. Se efectuaron 8 pruebas, los datos de entradas se registraron manualmente en el tablero de inyección, verificando sus valores en la pantalla del escáner conectado a través del conector de diagnóstico.

El conector de diagnóstico OBD II. Es un sistema que permite diagnosticar los errores que se producen en el vehículo sin necesidad de desmontar partes para descubrir la procedencia de dicho error. (Miño, 2020). Las pruebas realizadas en el motor y simuladas en el tablero de inyección, se detallan a continuación:

Tabla 3*Pruebas Realizadas en el Motor:*

| Pruebas | Condición | Estado del motor | Velocidad Km/h |
|---------|--------------------------|------------------|----------------|
| 1 | 0 rpm | Frío | 0 |
| 2 | Motor ralentí 1075 RPM | Frío | 0 |
| 3 | Motor ralentí 925 RPM | Frío | 0 |
| 4 | Motor ralentí 825 RPM | Frío | 0 |
| 5 | Motor acelerado 1475 RPM | Frío | 0 |
| 6 | Motor acelerado 2025 RPM | Frío | 0 |
| 7 | Motor acelerado 2900 RPM | Frío | 0 |
| 8 | Motor ralentí 875 RPM | Caliente | 0 |

Tabla 4
Prueba 0 Rpm

| Item | Descripción | Motor | Simulador | Unidad |
|------|-----------------------------|-------|-----------|--------|
| 1 | Velocidad del motor | 0 | 0 | RPM |
| 2 | Temp Refrigerante del motor | 2,23 | 2,23 | V |
| 3 | Temp Refrigerante del motor | 22 | 22 | °C |
| 4 | Temp. Aire Admisión | 2,06 | 2,06 | V |
| 5 | Temp. Aire Admisión | 24 | 24 | °C |
| 6 | Presión Múltiple Absoluta | 14 | 14 | Psi |
| 7 | Señal TPS | 0,47 | 0,47 | V |
| 8 | Posición Acelerador | 0 | 0 | % |
| 9 | Ancho Pulso Inyección | 19,16 | 21,24 | ms |
| 10 | Relación Aire/Comb | 5,2:1 | 5,2:1 | |
| 11 | Control Aire Ralentí | 89 | 92 | step |
| 12 | Avance Chispa | 9 | 9 | Grados |
| 13 | Relé Bomba de combustible | on | on | |
| 14 | Verificador Luz Motor | off | off | |

Tabla 5
Prueba 1075 Rpm

| Item | Descripción | Motor | Simulador | Unidad |
|------|-----------------------------|--------|-----------|--------|
| 1 | Velocidad del motor | 1075 | 1075 | RPM |
| 2 | Temp Refrigerante del motor | 1,82 | 1,82 | V |
| 3 | Temp Refrigerante del motor | 29 | 29 | °C |
| 4 | Temp. Aire Admisión | 2,04 | 2,04 | V |
| 5 | Temp. Aire Admisión | 25 | 25 | °C |
| 6 | Presión Múltiple Absoluta | 5 | 5 | Psi |
| 7 | Señal TPS | 0,47 | 0,47 | V |
| 8 | Posición Acelerador | 0 | 0 | % |
| 9 | Ancho Pulso Inyección | 1,97 | 2,6 | ms |
| 10 | Relación Aire/Comb | 14,6:1 | 13,6:1 | |
| 11 | Control Aire Ralentí | 45 | 159 | step |
| 12 | Avance Chispa | 18 | 18 | Grados |
| 13 | Relé Bomba de combustible | on | on | |
| 14 | Verificador Luz Motor | off | off | |

Tabla 6
Prueba 925 Rpm

| Item | Descripción | Motor | Simulador | Unidad |
|------|-----------------------------|--------|-----------|--------|
| 1 | Velocidad del motor | 925 | 925 | RPM |
| 2 | Temp Refrigerante del motor | 1,49 | 1,49 | V |
| 3 | Temp Refrigerante del motor | 37 | 37 | °C |
| 4 | Temp. Aire Admisión | 2,02 | 2,02 | V |
| 5 | Temp. Aire Admisión | 25 | 25 | °C |
| 6 | Presión Múltiple Absoluta | 4 | 4 | Psi |
| 7 | Señal TPS | 0,47 | 0,47 | V |
| 8 | Posición Acelerador | 0 | 0 | % |
| 9 | Ancho Pulso Inyección | 1,94 | 2,14 | ms |
| 10 | Relación Aire/Comb | 14,6:1 | 14,6:1 | |
| 11 | Control Aire Ralentí | 35 | 159 | step |
| 12 | Avance Chispa | 18 | 18 | Grados |
| 13 | Relé Bomba de combustible | on | on | |
| 14 | Verificador Luz Motor | off | off | |

Tabla 7*Prueba 875 Rpm*

| Item | Descripción | Motor | Simulador | Unidad |
|------|-----------------------------|--------|-----------|--------|
| 1 | Velocidad del motor | 875 | 875 | RPM |
| 2 | Temp Refrigerante del motor | 1,02 | 1,02 | V |
| 3 | Temp Refrigerante del motor | 49 | 49 | °C |
| 4 | Temp. Aire Admisión | 1,69 | 1,69 | V |
| 5 | Temp. Aire Admisión | 32 | 32 | °C |
| 6 | Presión Múltiple Absoluta | 4 | 4 | Psi |
| 7 | Señal TPS | 0,47 | 0,47 | V |
| 8 | Posición Acelerador | 0 | 0 | % |
| 9 | Ancho Pulso Inyección | 1,74 | 1,81 | ms |
| 10 | Relación Aire/Comb | 14,6:1 | 14,6:1 | |
| 11 | Control Aire Ralentí | 27 | 159 | step |
| 12 | Avance Chispa | 18 | 17 | Grados |
| 13 | Relé Bomba de combustible | on | on | |
| 14 | Verificador Luz Motor | off | off | |

Tabla 8*Prueba 1475 Rpm*

| Item | Descripción | Motor | Simulador | Unidad |
|------|-----------------------------|--------|-----------|--------|
| 1 | Velocidad del motor | 1475 | 1475 | RPM |
| 2 | Temp Refrigerante del motor | 3,7 | 3,7 | V |
| 3 | Temp Refrigerante del motor | 49 | 49 | °C |
| 4 | Temp. Aire Admisión | 1,63 | 1,63 | V |
| 5 | Temp. Aire Admisión | 33 | 33 | °C |
| 6 | Presión Múltiple Absoluta | 4 | 4 | Psi |
| 7 | Señal TPS | 0,65 | 0,65 | V |
| 8 | Posición Acelerador | 4 | 4 | % |
| 9 | Ancho Pulso Inyección | 1,44 | 2,08 | ms |
| 10 | Relación Aire/Comb | 14,6:1 | 14,6:1 | |
| 11 | Control Aire Ralentí | 28 | 37 | step |
| 12 | Avance Chispa | 33 | 33 | Grados |
| 13 | Relé Bomba de combustible | on | on | |
| 14 | Verificador Luz Motor | off | off | |

Tabla 9*Prueba 2025 Rpm*

| Item | Descripción | Motor | Simulador | Unidad |
|------|-----------------------------|--------|-----------|--------|
| 1 | Velocidad del motor | 2025 | 2025 | RPM |
| 2 | Temp Refrigerante del motor | 3,74 | 3,74 | V |
| 3 | Temp Refrigerante del motor | 48 | 48 | °C |
| 4 | Temp. Aire Admisión | 1,63 | 1,63 | V |
| 5 | Temp. Aire Admisión | 33 | 33 | °C |
| 6 | Presión Múltiple Absoluta | 4 | 4 | Psi |
| 7 | Señal TPS | 0,74 | 0,74 | V |
| 8 | Posición Acelerador | 7 | 7 | % |
| 9 | Ancho Pulso Inyección | 1,55 | 2,14 | ms |
| 10 | Relación Aire/Comb | 14,6:1 | 14,1:1 | |
| 11 | Control Aire Ralentí | 39 | 87 | step |
| 12 | Avance Chispa | 36 | 36 | Grados |
| 13 | Relé Bomba de combustible | on | on | |
| 14 | Verificador Luz Motor | Off | off | |

Tabla 10*Prueba 2900 Rpm*

| Item | Descripción | Motor | Simulador | Unidad |
|------|-----------------------------|--------|-----------|--------|
| 1 | Velocidad del motor | 2900 | 2900 | RPM |
| 2 | Temp Refrigerante del motor | 3,68 | 3,68 | V |
| 3 | Temp Refrigerante del motor | 49 | 49 | °C |
| 4 | Temp. Aire Admisión | 1,65 | 1,65 | V |
| 5 | Temp. Aire Admisión | 33 | 33 | °C |
| 6 | Presión Múltiple Absoluta | 4 | 4 | Psi |
| 7 | Señal TPS | 0,92 | 0,92 | V |
| 8 | Posición Acelerador | 12 | 12 | % |
| 9 | Ancho Pulso Inyección | 1,55 | 2,07 | ms |
| 10 | Relación Aire/Comb | 14,6:1 | 14,5:1 | |
| 11 | Control Aire Ralentí | 51 | 95 | step |
| 12 | Avance Chispa | 39 | 39 | Grados |
| 13 | Relé Bomba de combustible | on | on | |
| 14 | Verificador Luz Motor | off | off | |

Tabla 11*Prueba 850 Rpm*

| Item | Descripción | Motor | Simulador | Unidad |
|------|-----------------------------|-------|-----------|--------|
| 1 | Velocidad del motor | 850 | 850 | RPM |
| 2 | Temp Refrigerante del motor | 3,43 | 3,43 | V |
| 3 | Temp Refrigerante del motor | 56 | 56 | °C |
| 4 | Temp. Aire Admisión | 1,27 | 1,27 | V |
| 5 | Temp. Aire Admisión | 41 | 41 | °C |
| 6 | Presión Múltiple Absoluta | 4 | 4 | Psi |
| 7 | Señal TPS | 0,47 | 0,47 | V |
| 8 | Posición Acelerador | 0 | 0 | % |
| 9 | Ancho Pulso Inyección | 1,58 | 1,81 | ms |
| 10 | Relación Aire/Comb | 14,6 | 14,5 | |
| 11 | Control Aire Ralentí | 24 | 156 | step |
| 12 | Avance Chispa | 17 | 17 | Grados |
| 13 | Relé Bomba de combustible | on | on | |
| 14 | Verificador Luz Motor | off | off | |

La comparación de las señales eléctricas de los sensores es similar, por ser generadas manualmente de manera intencional. Al contrario, la señal recibida por los actuadores es ordenada por el módulo y motivo de mayor análisis.

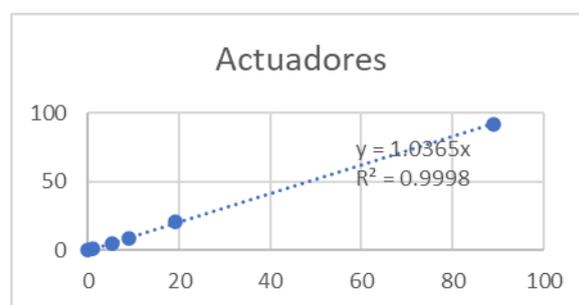
RESULTADOS

Figura 1 Coeficiente de Correlación Prueba uno Switch abierto cero revoluciones.

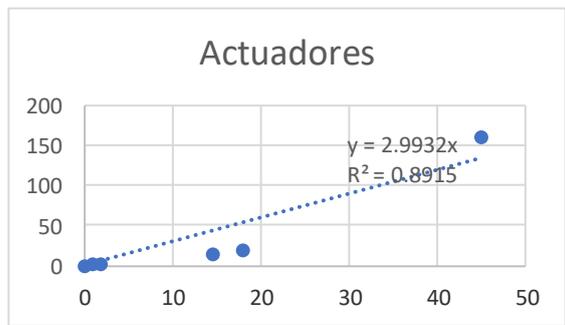


Figura 2 Coeficiente de Correlación Prueba dos
Ralentí alto de 1075 rpm, en consecuencia, de tener temperatura baja.

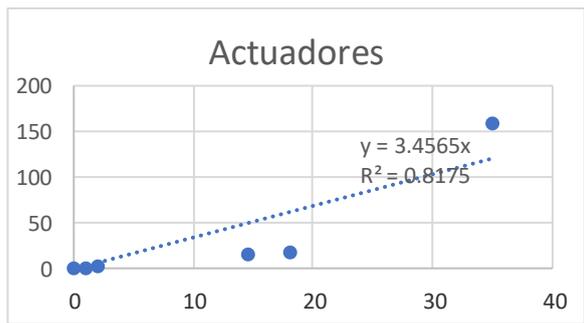


Figura 3 Coeficiente de Correlación Prueba tres
Ralentí de 925 rpm, próximo a estabilizarse en la velocidad de ralentí deseada.

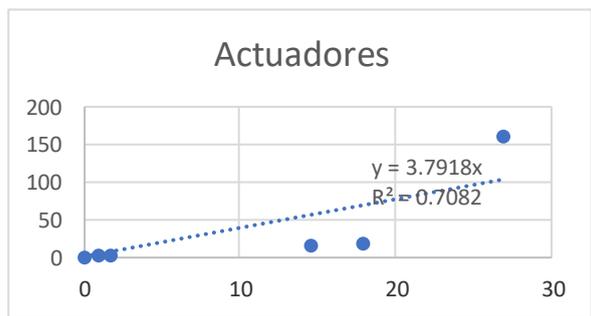


Figura 4 Coeficiente de Correlación Prueba cuatro
Ralentí 875 rpm.

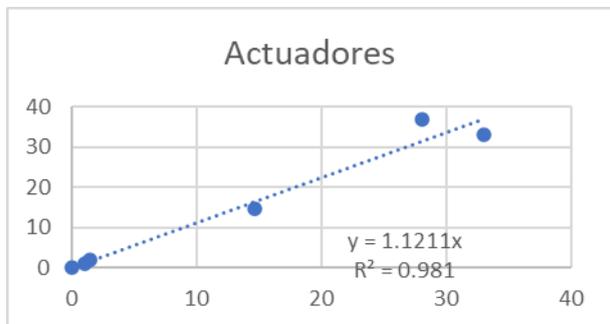


Figura 5 Coeficiente de Correlación Prueba cinco
Motor acelerado a 1475 rpm.

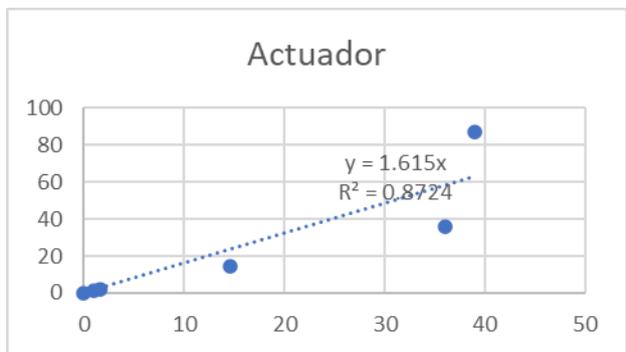


Figura 6 Coeficiente de Correlación Prueba seis Motor acelerado a 2025 rpm.

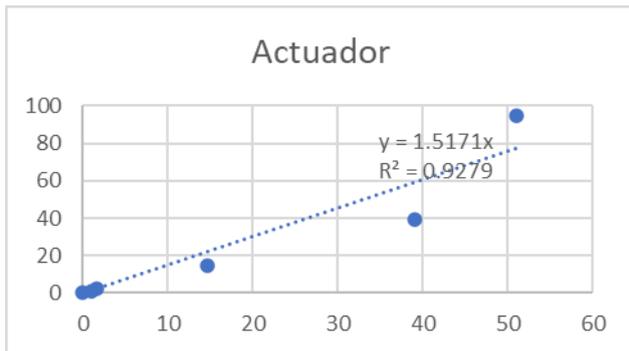


Figura 7 Coeficiente de Correlación Prueba siete Motor acelerado a 2900 rpm.

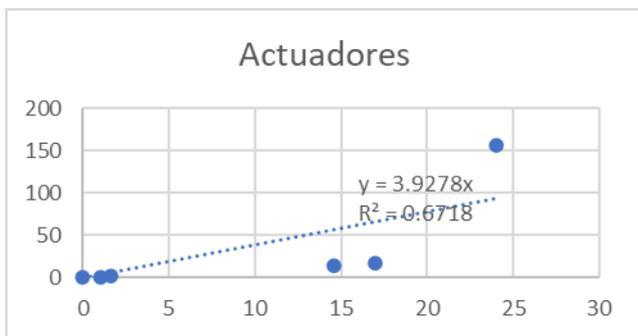


Figura 8 Coeficiente de Correlación Prueba ocho Motor en ralentí 850 rpm.

Tabla 12

Síntesis del Coeficiente de Correlación de las Pruebas Realizadas

| Prueba | Item | Coeficiente de correlación |
|--------|------|----------------------------|
| 1 | 0 | 0,9998 |
| 2 | 1075 | 0,8915 |
| 3 | 925 | 0,8179 |
| 4 | 875 | 0,7082 |
| 5 | 1475 | 0,981 |
| 6 | 2025 | 0,8724 |
| 7 | 2900 | 0,9279 |
| 8 | 800 | 0,6718 |

DISCUSIÓN

La estrategia del motor Isuzu calcula el tiempo básico de inyección en función de la densidad del aire, basado en la presión y temperatura, y aplicar estrategias para la inyección en condiciones de: ralentí, temperatura, arranque, aceleración y

desaceleración, por tal razón, se consideró las pruebas en los diferentes estados del motor representadas en la tabla.

El valor más alto de correlación interpreta el procesamiento de información de la ECM en condición 0 rpm, en tal sentido prepara al motor para producir un arranque instantáneo a través de información emitida por el sensor de presión, posición, revolución y temperatura. La válvula de control de aire ralentí tipo paso a paso, se retrae con valores mayores medidos en el motor. Intentando imponer un valor de revolución proporcional a la temperatura del motor y en conformidad con los valores indicado por la memoria de U.C.E (Glehn, 2003). El dato menor del coeficiente de correlación se establece en las diferencias marcadas en el pulso de inyección y la abertura en la mariposa de control de ralentí en todas las pruebas realizadas. La fuerte correlación existente entre los valores del motor y simulador, básicamente se debió a las señales de entradas seleccionadas en consideración con el objetivo de comandar de la mejor manera el sistema de inyección. Este sistema permite determinar con exactitud la cantidad de combustible necesario para realizar el proceso de combustión y por ende conceder mayor eficiencia al motor (Aguilar-Jaramillo et al., 2022). Los datos de entrada al módulo es la base del trabajo de investigación, por lo cual, es necesario conocer los parámetros de cada uno de los sensores para determinar su estado (Miño, 2020).

El trabajo presentado por Gonzales, en el diseño de un simulador de señales básicas para un sistema de inyección, a pesar de que, el autor indica se pueden conseguir señales muy similares producidas por un sensor real del sistema de inyección electrónica, las mismas que son bien generadas en base a circuitos externos (González, 2012), la comparación con un sistema funcional del sistema de inyección electrónica de un modelo y marca definida complementaría el trabajo de investigación. Existen trabajo de investigación para simulación de un sistema de inyección electrónica a gasolina donde en el mismo se explica el funcionamiento del sistema y la labor que hacen tanto los sensores y actuadores (Araujo & Cárdenas, 2010), de gran aporte didáctico, no obstante, combinar la simulación de sensores propios del sistema con elementos electrónicos que cumplen la función de algunas señales de entradas representa un ahorro económico en la implementación del mismo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sobre la base en las mediciones mostraron que existe correlación fuerte en el grado de efectividad entre el motor y simulador, a pesar de las diferencias encontradas en las señales ejecutadas por los actuadores. Las ordenes emitidas por el módulo acentúan específicamente las discrepancias en el pulso de inyección y válvula de control de ralentí, todo ello se debe, al número de ingreso de datos entre el módulo del motor y simulador. Conociendo las señales faltantes que permiten el control del sistema de emisiones en el simulador.

El aprendizaje inicial del funcionamiento en el sistema de inyección electrónica, simulando señales de entrada, continuando con su procesamiento y finalmente ejecutando las mismas, mejorará la didáctica profundizando conocimientos relacionados con estos temas.

REFERENCES

- Angulo Sanmartín, J. L., & Guerrero Torres, C. M. (2014). *Implementación y montaje de un sistema Twin Cam doble árbol de levas y 16 válvulas a un motor Isuzu estándar* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Aguilar-Jaramillo, C. D., Gallo-Quispe, E. M., Calero-Torres, D. A., & Guerra Naranjo, J. I. (2022). Análisis del funcionamiento en los sensores de inyección electrónica para controlar el consumo de combustible. *Revista Científica*, 7, 751–769.
- Araujo, B. R. P., & Cárdenas, D. S. E. (2010). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO PARA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA M.P.F.I. Univesidad Internacional del Ecuador.
- Crouse, W. (2007). *Motores Tomo1 Puesta a punto y rendimiento del motor* (Alfaomega (ed.)).
- Glehn, F. R. von. (2003). *Manual de reparaciones de sistemas electrónicos de vehículos* (Tecnomotor (ed.)).
- González, H. E. C. (2012). DISEÑO DE UN SIMULADOR DE SEÑALES BÁSICAS PARA UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE GASOLINA. Universidad del Azuay.
- Guevara Rodríguez, W. N., & Becerra Tapia, C. J. (2022). *Evaluación a base de presiones de bombas de alta presión en sistemas Common Rail* (Bachelor's thesis).
- Miño, P. R. V. (2020). Diagnóstico del Sistema de Inyección a Gasolina. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.
- Mosquera, C. R. S., & Galarza, S. G. D. (2012). IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MULTIPUNTO MULTEC IEFI-6 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Reyes Cualchi, J. P. (2018). *Diagnóstico de motores diésel electrónicos, a base de presiones en el riel común (CRDI)* (Bachelor's thesis).
- Salazar Nájera, M. J., & Sampietro Saquicela, J. L. (2022). Sistema de propulsión para un vehículo eléctrico híbrido con almacenamiento de energía mediante frenado regenerativo. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(6), 39–57. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i6.480>