

Automotive sensors and actuators tester

Gerson David Cruz Ramírez, Ing. ¹

1 Centro Universitario Tecnológico (CEUTEC), Universidad Tecnológica Centroamericana, (UNITEC), Honduras,
gerson.david@unitec.edu

Abstract— *This project aims to address the widespread lack of specialized diagnostic tools in Honduras, a limitation that hinders the efficient identification of faults in automotive electronic fuel injection systems. This shortcoming has resulted in inaccurate diagnostics and ineffective repairs, impacting both repair facilities and vehicle owners.*

The development of a multifunctional tester is intended to serve as a practical and accessible solution to bridge this technological gap. This device will be capable of generating specific test signals and accurately analyzing the responses of critical sensors, streamlining the diagnostic process for technicians and ensuring more reliable outcomes. The tester is designed to interface with CKP (Crankshaft Position Sensor), CMP (Camshaft Position Sensor), and actuators such as ETC (Electronic Throttle Control) and the IAC (Idle Air Control) valve, encompassing a wide range of critical engine components.

In a country where access to advanced diagnostic equipment is limited, this project has the potential to significantly enhance the quality of services provided by repair shops and service centers. By minimizing vehicle downtime and repair costs for owners, it is expected to improve customer satisfaction while optimizing operational resources within repair facilities.

In summary, the project's objective is to design a multifunctional, efficient, and accurate tester for CKP and CMP sensors, as well as ETC and IAC actuators, enhancing automotive diagnostics and repair in Honduras. Its development and evaluation will provide practical solutions to industry challenges, benefiting both professionals and vehicle owners.

Keywords— *CKP, CMP, ETC, IAC, ECM.*

Banco de pruebas para sensores y actuadores automotrices

Gerson David Cruz Ramírez, Ing. ¹

1 Centro Universitario Tecnológico (CEUTEC), Universidad Tecnológica Centroamericana, (UNITEC), Honduras, gerson.david@unitec.edu

Resumen– *Este proyecto busca abordar la carencia generalizada de herramientas especializadas en Honduras, una limitación que complica el diagnóstico eficiente de problemas en los sistemas de inyección electrónica automotriz. Esta situación ha llevado a diagnósticos imprecisos y reparaciones ineficaces, afectando tanto a talleres como a propietarios de vehículos.*

El desarrollo de un probador multifuncional pretende ser una solución práctica y accesible para superar esta brecha tecnológica. Este dispositivo podrá generar señales de prueba específicas y analizar con precisión las respuestas de sensores clave, simplificando el proceso de diagnóstico para los técnicos y garantizando resultados más confiables. El diseño del probador se enfoca en trabajar con sensores CKP (Crankshaft Position Sensor), CMP (Camshaft Position Sensor), y actuadores como el ETC (Electronic Throttle Control) y la válvula de marcha mínima IAC (Idle Air Control), abarcando una amplia gama de componentes críticos del motor.

En un país donde los recursos para adquirir equipos de diagnóstico avanzados son limitados, este proyecto tiene el potencial de mejorar significativamente la calidad del servicio ofrecido por talleres y centros de reparación. Al reducir los tiempos de inactividad de los vehículos y los costos de reparación para los propietarios, se espera incrementar la satisfacción del cliente y se optimizan los recursos operativos de los talleres.

En resumen, el objetivo del proyecto es diseñar un probador multifuncional, eficaz y preciso para los sensores CKP, CMP y los actuadores ETC e IAC, mejorando el diagnóstico y reparación automotriz en Honduras. Su desarrollo y evaluación ofrecerán soluciones prácticas a los desafíos del sector, beneficiando tanto a profesionales como a propietarios de vehículos.

Palabras clave– *CKP, CMP, ETC, IAC, ECM.*

I. INTRODUCCIÓN

Los sensores y actuadores automotrices son componentes esenciales en los sistemas de inyección electrónica, ya que permiten la medición y control de diversos parámetros operativos del motor. Los sensores, como el de posición del cigüeñal (CKP) y el de posición del eje de levas (CMP), proporcionan información clave sobre la sincronización y el funcionamiento del motor. El CKP, basado en el efecto Hall,

permite calcular con precisión el ángulo del cigüeñal y la velocidad del motor en revoluciones por minuto (RPM), lo que ayuda a determinar la inyección de combustible y el avance del encendido [1]. Por otro lado, el CMP también emplea el efecto Hall para identificar la fase de los cilindros y controlar el sistema de sincronización variable de válvulas [2].

Actualmente, los vehículos tienen incorporados un número creciente de sistemas eléctricos, electrónicos y redes de comunicación, lo que exige un conocimiento técnico más profundo sobre el funcionamiento de sensores y actuadores para lograr un diagnóstico efectivo. En este contexto, el osciloscopio automotriz se convierte en una herramienta indispensable, ya que permite verificar con precisión las señales generadas por estos componentes y facilita la localización rápida y adecuada de fallos mecánicos y electrónicos [3].

En cuanto a los actuadores, estos reciben señales de la unidad de control del motor (ECU) y responden regulando diferentes procesos. La válvula de control de ralentí (IAC) ajusta el flujo de aire para mantener la velocidad del motor en ralentí dentro de un rango óptimo, compensando factores como temperatura y carga eléctrica [1]. El control electrónico del acelerador (ETC) convierte el ángulo de apertura de la mariposa en una señal eléctrica para ajustar el suministro de combustible y el tiempo de encendido, garantizando una respuesta precisa a las intenciones del conductor [1].

El presente proyecto busca optimizar el tiempo y la eficacia del diagnóstico de fallas en estos componentes mediante el uso de herramientas y equipos especializados. La falta de dispositivos adecuados puede llevar a diagnósticos imprecisos y reparaciones ineficientes, afectando tanto a técnicos como a propietarios de vehículos. Para solucionar este problema, se propone el desarrollo de un banco de pruebas multifuncional capaz de generar señales de prueba específicas y analizar con precisión las respuestas de sensores como el CKP y el CMP, así como de actuadores como el ETC y la válvula IAC.

Para el diseño y construcción de este banco de pruebas, fue necesario realizar un análisis detallado de los principios de operación de los diferentes sensores y actuadores, así como de los factores críticos que deben considerarse al simular sus condiciones de funcionamiento reales [4]. Este enfoque garantiza que las señales generadas y las respuestas obtenidas reflejen fielmente el comportamiento de los componentes en un entorno vehicular.

Este banco de pruebas se diseñó para operar en condiciones similares a las del entorno vehicular, permitiendo observar y analizar las señales de entrada y salida de sensores y actuadores. Su implementación no solo simplifica el proceso de diagnóstico para los técnicos, sino que también asegura resultados más confiables, reduciendo los tiempos de inactividad de los vehículos y los costos asociados para los propietarios.

II. METODOLOGÍA

La metodología emplea un enfoque explicativo para analizar y abordar los problemas asociados al diagnóstico de sistemas de inyección electrónica automotriz. Este enfoque se centra en identificar las causas profundas de las fallas, permitiendo desarrollar soluciones prácticas a través de un banco de pruebas multifuncional diseñado para generar señales específicas y diagnosticar componentes clave como los sensores CKP y CMP, así como los actuadores ETC e IAC.

El desarrollo técnico comenzó con una investigación exhaustiva de las características y requisitos operativos de los sensores y actuadores seleccionados. Esta información se obtuvo de fuentes especializadas como Mitchell OnDemand, que proporciona datos detallados sobre cada componente según la marca y modelo del vehículo. Dicho análisis permitió identificar si las características de los sensores y actuadores eran generales o si variaban entre diferentes fabricantes. Con base en esta información, se diseñaron circuitos electrónicos capaces de simular condiciones reales de funcionamiento, generando señales con parámetros precisos como frecuencia, amplitud y forma de onda.

La población seleccionada incluyó vehículos con sistemas de inyección electrónica fabricados entre 2003 y 2024, dado que a partir de este período se implementaron de manera generalizada dichos sistemas. No obstante, no todos los vehículos dentro de este rango son considerados, ya que aquellos con sensores inductivos, adaptaciones en el sistema de inyección electrónica o daños estructurales quedaron excluidos. Los sensores inductivos se omiten porque el banco de pruebas está diseñado para sensores de efecto Hall. Las adaptaciones y daños estructurales pueden generar variaciones en el diagnóstico que no coincidan con los datos del fabricante, afectando la precisión de las pruebas.

La muestra del estudio comprendió seis vehículos seleccionados cuidadosamente para representar una diversidad de marcas, modelos y condiciones operativas. Se priorizaron unidades que utilicen sensores CKP y CMP de tipo Hall y que

necesitaran diagnóstico en los actuadores y sensores evaluados. Esta selección garantizó la validez y representatividad de los resultados, permitiendo que las conclusiones sean aplicables a una amplia variedad de vehículos del mercado automotriz.

En general, el banco de pruebas se evaluó en términos de precisión de diagnóstico y compatibilidad con diferentes marcas y modelos, determinando su efectividad como herramienta para optimizar procesos de diagnóstico en la industria automotriz.

IV. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO ELÉCTRICO

Los sensores CKP y CMP fueron probados a través de señales generadas y condicionadas en el circuito. Los diodos y transistores ayudan a regular y amplificar las señales, asegurando una simulación precisa de las condiciones de operación.

El temporizador NE555 está configurado en un modo que permite generar una señal de control para el transistor TIP3055, el cual amplifica esta señal para manejar la carga del motor y simular el funcionamiento del ETC. El potenciómetro (CTRL) permite ajustar la apertura y cierre de la válvula de mariposa de la cámara de aceleración, proporcionando un control preciso sobre las condiciones de prueba.

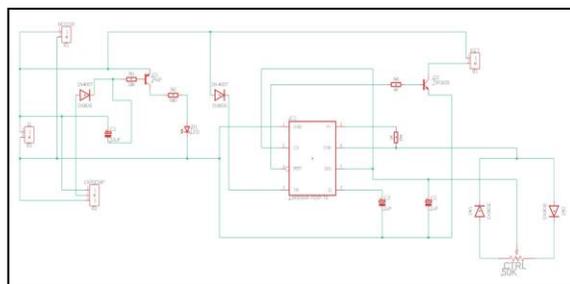


Fig. 1 Diagrama del circuito para diagnóstico de sensores CKP/CMP y actuador ETC.

El circuito de diagnóstico de la válvula IAC está diseñado para controlar de manera gradual la apertura y cierre de las válvulas de control de aire en ralentí (Idle Air Control). El sistema está compuesto por un Arduino y un controlador de motor L293D, que en conjunto permiten un control preciso y gradual de la válvula IAC.

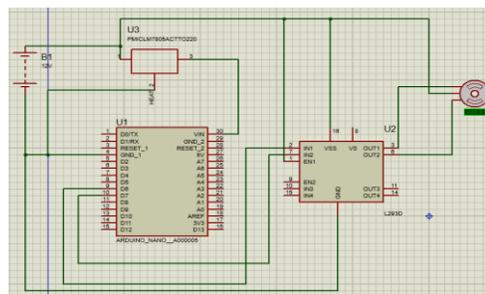


Fig. 2 Diagrama del circuito para diagnóstico de válvulas de control de aire en ralentí (IAC).

Para utilizar el banco de pruebas, primero se conectó a una fuente de alimentación de 12V. Luego, se vinculó el sensor o actuador a su respectiva salida del equipo y se conectaron las terminales de un osciloscopio en las salidas de señal. De esta forma, fue posible visualizar y analizar en tiempo real el comportamiento eléctrico del componente, permitiendo un diagnóstico preciso bajo condiciones controladas de operación.

IV. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de Sensor CKP – Nissan Sentra 2002

TABLA I

PARÁMETROS DE DIAGNÓSTICO PROPORCIONADOS POR EL FABRICANTE [5].

Nissan Sentra 1.8L – 2002		
Temperatura	Voltaje	Resistencia
32°	4.56 V	620-1,050 Ohms

El diagnóstico del sistema se realizó tomando como referencia los parámetros especificados en la tabla de especificaciones del fabricante.

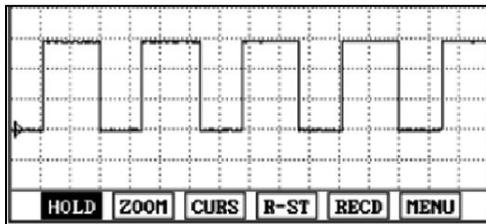


Fig. 3 Oscilograma de sensor CKP [6].

TABLA II

PARÁMETROS DE DIAGNÓSTICO MEDIDOS EN EL SENSOR CKP.

Nissan Sentra 1.8L - 2002		
Temperatura	Voltaje	Resistencia
31°	4.68 V	1,246 Ohms

Luego del diagnóstico mediante multímetro para mediciones básicas, se procedió a realizar el diagnóstico con osciloscopio en el banco de pruebas.



Fig. 4 Oscilograma obtenido del banco de pruebas bajo condiciones controladas.

Para simular el comportamiento de la rueda fónica del cigüeñal, se utilizó un motor de 12V con una rueda dentada de 20 dientes, girando a 600 RPM. Con esta configuración, el sensor CKP debería generar una señal con una frecuencia teórica de 200 Hz. No obstante, debido al desgaste gradual del sensor y sus componentes internos, en ocasiones se presenta una ligera fluctuación en la frecuencia de la señal. Por ejemplo, en algunas mediciones, la frecuencia puede variar entre 186 Hz y 205 Hz sin variación de RPM, lo que se debe a la pérdida de precisión en el posicionamiento de los pulsos generados por el sensor. Esto puede estar relacionado con el desgaste de la rueda dentada, las variaciones en la fricción del sistema o la fatiga de los materiales del sensor. Aunque estas fluctuaciones no siempre son notorias, pueden ocasionar fallas de encendido o una medida errónea de la sincronización del motor.

Después del diagnóstico en el banco de pruebas, se observó que el voltaje medido fue de 4.68 voltios, ligeramente superior al valor de referencia de 4.56 voltios proporcionado por el fabricante. Además, la resistencia medida fue de 1,246 ohms, lo cual excede el rango especificado de 620 a 1,050 ohms en una magnitud considerable. Sin embargo, el oscilograma obtenido mostró un comportamiento conforme a las expectativas establecidas por los datos del fabricante, con una señal clara y bien definida que reflejaba los pulsos generados por la rueda dentada de 20 dientes.

Aunque el sensor genera una señal adecuada según el oscilograma, las discrepancias en la resistencia y las anomalías en la frecuencia debido a la fatiga del sensor indican que podría no estar funcionando dentro de los parámetros óptimos. Se recomienda su sustitución para asegurar un rendimiento confiable, debido al desgaste por funcionamiento y la falla intermitente de encendido del vehículo, ya que el sensor tiene 22 años de uso.

4.2. Diagnóstico de Sensor CMP – Hyundai Elantra 2011

CMPs Circuit Inspection	
1.	Key "OFF".
2.	Disconnect the CMPS connector.
3.	Key "ON".
4.	Measure the voltage between terminal 1, 2, 3 of CMPS harness connector and chassis ground.
A. Specification :	
	Terminal 1 B+
	Terminal 2 Approx. 12V
	Terminal 3 Approx. 0V

Fig. 5 Especificaciones de prueba del sensor CMP [7].

Se prosiguió con el diagnóstico del sensor de posición de árbol de levas del Hyundai Elantra debido a una significativa pérdida de potencia del motor, se identificó un problema en el sensor CMP a partir del código P0016 (Correlación incorrecta entre el cigüeñal y el árbol de levas), que registró la ECM (Engine Control Module), por consiguiente, se procede a la respectiva diagnosis en el banco de pruebas.

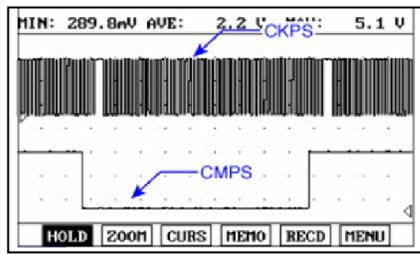


Fig. 6 Oscilograma del sensor CMP [8].

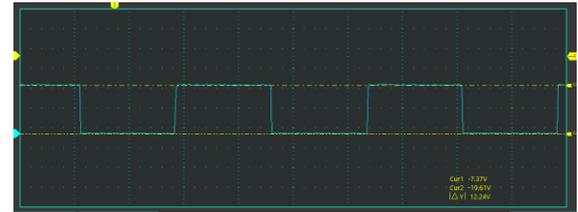


Fig. 8 Oscilograma del sensor CMP (Escape).

TABLA III

PARÁMETROS DE DIAGNÓSTICO MEDIDOS EN EL SENSOR CMP (ADMISIÓN)

Hyundai Elantra 1.8L - 2011	
Terminal 1	11.85 Voltios
Terminal 2	11.22 Voltios
Terminal 3	0 Voltios

Se procedió a realizar el diagnóstico con osciloscopio en el banco de pruebas.

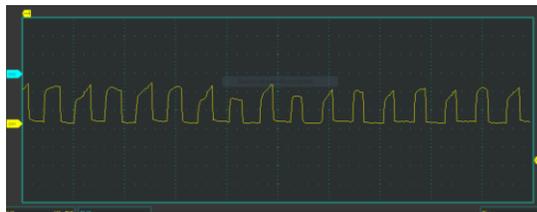


Fig. 7 Oscilograma del sensor CMP (Admisión).

El oscilograma obtenido revela un comportamiento anómalo, evidenciando que la señal generada por el sensor no cumple con los parámetros adecuados. Estos resultados confirman que el sensor CMP no está operando correctamente. Para validar el diagnóstico, se procederá a revisar en banco el sensor CMP correspondiente al lado de escape, dado que la falla se presenta en el sensor de admisión.

TABLA IV

PARÁMETROS DE DIAGNÓSTICO MEDIDOS EN EL SENSOR CMP (ESCAPE).

Hyundai Elantra 1.8L - 2011	
Terminal 1	11.96 voltios
Terminal 2	12.24 voltios
Terminal 3	0 voltios

Posterior a las mediciones con multímetro, se procede a realizar el diagnóstico con osciloscopio en el banco de pruebas.

En la figura anterior se observa una diferencia significativa en el comportamiento de la señal generada por el sensor CMP de admisión en comparación con el del lado de escape, cuya señal sí corresponde con las especificaciones proporcionadas por el fabricante. En consecuencia, esto confirma la falla en el sensor de admisión mencionado anteriormente, por lo que se recomienda su reemplazo para corregir las anomalías detectadas en el funcionamiento del motor.

4.3. Diagnóstico de control electrónico del acelerador (ETC) – Nissan Frontier 2005

Un Nissan Frontier 2005 llegó al taller presentando una falla de inestabilidad de revoluciones en ralentí. A pesar de realizar un escaneo completo del vehículo, no se detectó ningún código de diagnóstico de fallas (DTC). Ante la ausencia de DTCs y la persistente inestabilidad, se decidió realizar una evaluación más profunda del cuerpo de aceleración electrónico. Esta intervención fue crucial, ya que, aunque la falla no se reflejaba en el sistema de diagnóstico a bordo, el análisis detallado del cuerpo de aceleración permitió identificar y abordar la causa de la inestabilidad en el ralentí, asegurando así el correcto funcionamiento del motor.

La falla en el Nissan Frontier 2005 se identificó al observar que los parámetros de ralentí estaban fuera de las especificaciones del fabricante. Para intentar resolver el problema, se procedió a realizar un reaprendizaje del cuerpo de aceleración electrónico, siguiendo las indicaciones y condiciones especificadas por el fabricante.

OPERATION PROCEDURE
1. Make sure that accelerator pedal is fully released.
2. Turn ignition switch ON and wait at least 2 seconds.
3. Turn ignition switch OFF and wait at least 10 seconds.
4. Turn ignition switch ON and wait at least 2 seconds.
5. Turn ignition switch OFF and wait at least 10 seconds.

Fig. 9 Procedimiento de reaprendizaje de ETC [9].

A pesar de realizar el reaprendizaje correctamente, la inestabilidad de las revoluciones en ralentí persistió. Esto indicó que el problema podía ser más profundo y requería una

inspección más detallada del sistema de aceleración y otros componentes relacionados.

<input checked="" type="checkbox"/> Velocidad real del motor	1366	RPM
<input checked="" type="checkbox"/> Velocidad del vehículo	0	km/h
<input checked="" type="checkbox"/> Posición cerrada de acelerador (Ralentí)	EN	
<input checked="" type="checkbox"/> Posición del pedal del acelerador	0	%

Fig. 10 Datos en vivo posteriores al aprendizaje de válvula de mariposa en posición cerrada.

Se puede observar que las RPM en ralentí están muy por encima de lo establecido por el fabricante. En el escáner, se muestra que la mariposa del cuerpo de aceleración está totalmente cerrada y la posición del pedal de acelerador está en 0%, lo que indica que las RPM deberían encontrarse entre 650 y 750 RPM para un vehículo con transmisión automática. Sin embargo, el vehículo se encuentra aproximadamente en 1366 RPM. Estos datos se pueden corroborar en la siguiente figura.

ITEM SPECIFICATIONS	
ITEM	SPECIFICATION
Idle speed	M/T: 625 +/- 50 RPM (in Neutral position)
	A/T: 700 +/- 50 RPM (in P or N position)
Ignition timing	M/T: 15 +/- 5° BTDC (in Neutral position)
	A/T: 15 +/- 5° BTDC (in P or N position)

Fig. 11 Especificaciones del fabricante sobre el vehículo en ralentí [10].

A continuación, se sometió el cuerpo de aceleración electrónico (ETC) al banco de pruebas para realizar un análisis detallado de su oscilograma. Esta prueba permitió evaluar su comportamiento y determinar si existen anomalías en su funcionamiento que puedan estar causando la inestabilidad de las RPM en ralentí. Si bien, el banco de pruebas también permite experimentar con los sensores de posición de mariposa, se procedió, en primer lugar con la revisión de la válvula de mariposa.

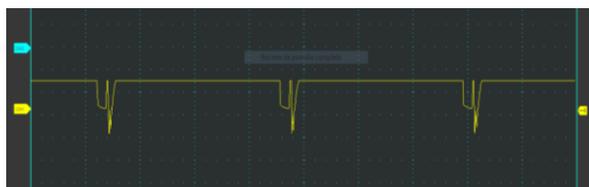


Fig. 12 Válvula de mariposa en posición cerrada (ralentí).

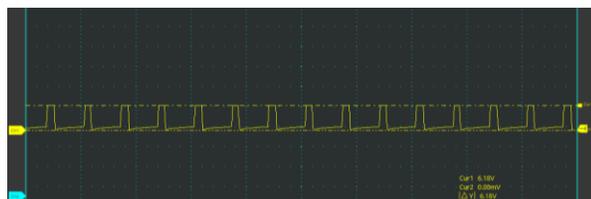


Fig. 13 Válvula de mariposa abierta en un 50%.

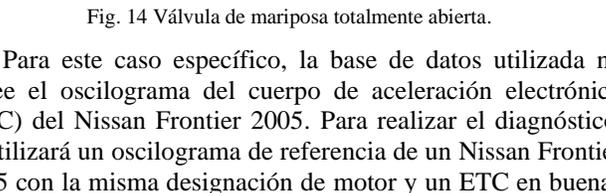


Fig. 14 Válvula de mariposa totalmente abierta.

Para este caso específico, la base de datos utilizada no posee el oscilograma del cuerpo de aceleración electrónico (ETC) del Nissan Frontier 2005. Para realizar el diagnóstico, se utilizará un oscilograma de referencia de un Nissan Frontier 2005 con la misma designación de motor y un ETC en buenas condiciones. Este oscilograma de referencia permitirá comparar el comportamiento del ETC del vehículo.



Fig. 15 Válvula de mariposa en posición cerrada (ralentí).

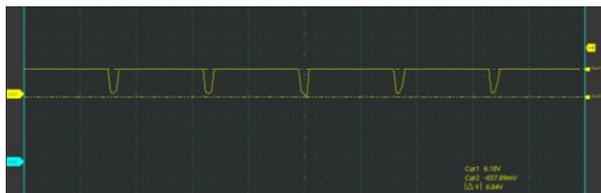


Fig. 16 Válvula de mariposa abierta en un 50%.



Fig. 17 Válvula de mariposa totalmente abierta.

Al comparar gráficamente los oscilogramas, se observa una clara diferencia en la señal de la válvula del cuerpo de aceleración electrónico (ETC) en posición totalmente cerrada entre el ETC en falla y el ETC correcto. Sin embargo, en las posiciones del 50% abierta y totalmente abierta, los oscilogramas se comportan de la misma manera en ambos casos. Esta anomalía indica que el ETC en falla no puede mantener las condiciones correctas de funcionamiento cuando la válvula está en ralentí. Debido a esta discrepancia, se

realizó cambio de la pieza para asegurar el correcto desempeño del sistema en ralentí.

4.4. Diagnóstico de válvula IAC – Hyundai Tiburón 2003

Después de un diagnóstico de la válvula IAC de un Hyundai Tiburón 2003 que presentaba una falla similar a la observada en el Nissan Frontier. Donde la inestabilidad del ralentí también era evidente. Sin embargo, considerando que a diferencia del Frontier, el cuerpo de aceleración de este vehículo es mecánico y no electrónico, el control del ralentí no se efectúa a través de un ETC, sino que es regulado por la válvula IAC. Para identificar la causa de la inestabilidad del ralentí, se sometió la válvula IAC al banco de pruebas, donde se analizaron sus oscilogramas y otros parámetros para determinar si estaba funcionando correctamente o si requiere sustitución.

Application	RPM
Accent	650-830
Elantra	600-800
Santa Fe	
2.4L	700-900
2.7L	600-800
3.5L	
Sonata	
2.4L	600-800
2.7L	750-950
Tiburón	
2.0L	600-800
2.7L	650-750
XG350	600-800

Fig. 18 Especificaciones del fabricante sobre la estabilidad en ralentí del vehículo [11].

<input checked="" type="checkbox"/> Velocidad real del motor	1092	RPM
<input checked="" type="checkbox"/> Velocidad del vehículo	0	km/h
<input checked="" type="checkbox"/> Posición cerrada de acelerador (Ralentí)	EN	
<input checked="" type="checkbox"/> Posición del pedal del acelerador	0	%

Fig. 19 Inestabilidad de revoluciones en ralentí del vehículo.

Para generar la señal de la válvula IAC, se desarrolló un código basándose en el microcontrolador Arduino que produce señales PWM para los pines RSC y RSO, permitiendo así la apertura y cierre de la válvula. Al igual que en el caso anterior, en la base de datos Mitchell OnDemand no se encuentra el oscilograma específico para esta válvula IAC. Por lo tanto, se realizó la comparación con el oscilograma de una válvula IAC de un Hyundai Elantra 2003, que utiliza exactamente la misma válvula. Esto es posible porque tanto el Elantra como el Tiburón comparten la misma designación de motor, lo que permite realizar esta prueba de manera confiable.

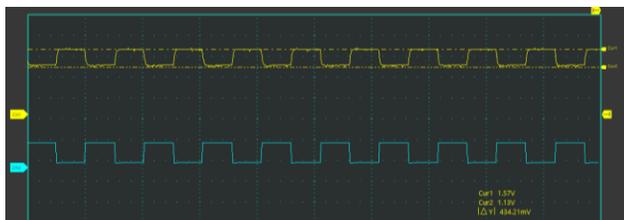


Fig. 20 Medición en pin RSO con la válvula abierta en un 50%.

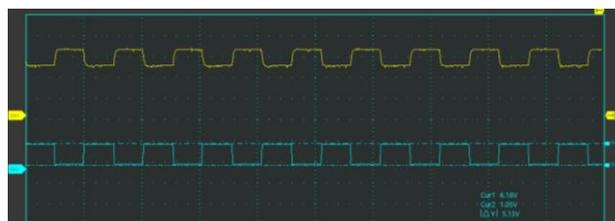


Fig. 21 Medición en pin RSC con la válvula abierta en un 50%.

Luego de tomar los oscilogramas del Hyundai Tiburón se procedió a tomar las muestras en el Hyundai Elantra para hacer una comparación y a partir de ahí, dar respuesta al diagnóstico.



Fig. 22 Medición en pin RSO con la válvula abierta en un 50%.



Fig. 23 Medición en pin RSC con la válvula abierta en un 50%.

Al analizar las señales de ambas válvulas IAC mediante oscilograma, se observó que la válvula correspondiente al Hyundai Tiburón presentaba un comportamiento general adecuado y sin anomalías en comparación con la referencia obtenida del Hyundai Elantra en buen estado. Dado que no se detectaron irregularidades eléctricas y la válvula IAC del Hyundai Tiburón recibía correctamente la señal de activación enviada por la ECU, se descartó una falla en el control electrónico. Posteriormente, tras la inspección visual de ambos actuadores, se determinó que la causa del mal funcionamiento corresponde a un problema en el mecanismo interno de apertura de la válvula IAC, evidenciando una falla de origen mecánico.



Fig. 24 Inspección visual de válvulas IAC.

Durante la inspección funcional de la válvula IAC, se realizaron pruebas en tres posiciones específicas: completamente cerrada, abierta al 50% y totalmente abierta. Considerando que las válvulas IAC de 3 pines son normalmente cerradas, se esperaba que en su estado de reposo bloquearan completamente el paso de aire. El comportamiento eléctrico de la válvula se analizó a través del duty cycle (ciclo de trabajo) de la señal de control enviada por la ECU, observándose que, a mayor apertura de la válvula, el duty aumentaba progresivamente para permitir un mayor flujo de aire.

Sin embargo, en el caso de la IAC del Hyundai Tiburón, se identificó un comportamiento anómalo: la válvula no lograba cerrarse completamente, manteniéndose parcialmente abierta incluso cuando la señal indicaba una posición de cierre total. Esto se verificó tanto en el oscilograma como en la observación directa de la válvula. Por otro lado, la IAC del Hyundai Elantra presentó un comportamiento adecuado, respondiendo correctamente en las tres posiciones de prueba. Cabe señalar que el correcto funcionamiento de este tipo de válvulas implica la capacidad de realizar hasta 250 pasos o incrementos de apertura controlada [12]. La incapacidad de la válvula defectuosa para posicionarse correctamente evidencia un deterioro interno, por lo cual se recomienda su sustitución para restablecer el control preciso del régimen de ralentí del-

V. CONCLUSIÓN

Se diseñó un probador multifuncional, eficaz y preciso para los sensores CKP, CMP, así como para actuadores como el cuerpo de aceleración electrónico (ETC) y la válvula de control de marcha mínima (IAC). Durante el desarrollo y evaluación del banco de pruebas, se construyó un circuito capaz de generar las señales específicas necesarias para cada uno de los sensores y actuadores evaluados, incluyendo señales PWM para el control gradual de las válvulas IAC y ETC, así como señales digitales simuladas para la verificación

de los sensores CKP y CMP. Además, se analizaron y midieron las señales de respuesta de los sensores con alta precisión, permitiendo la realización de diagnósticos confiables mediante la comparación de los oscilogramas obtenidos con los patrones establecidos por el fabricante. Este proceso validó la capacidad del banco de pruebas para identificar fallas en los componentes y ofrecer un diagnóstico fiable de las anomalías detectadas.

La importancia de este trabajo radica en que, en el contexto nacional, particularmente en Honduras, al no existir una producción local ni un diseño especializado de este tipo de equipos de diagnóstico automotriz. La creación de este prototipo representa un avance significativo, ya que proporciona una herramienta accesible, de bajo costo y alta precisión, que puede ser utilizada tanto en talleres automotrices como por técnicos e ingenieros especializados en electrónica automotriz y autotrónica. Esta innovación contribuye directamente a mejorar los procesos de diagnóstico y reparación, reduciendo los tiempos de intervención, optimizando los recursos disponibles y elevando el nivel técnico de los servicios de mantenimiento y reparación en el país. Asimismo, abre la posibilidad de futuras investigaciones y desarrollos locales en el área de equipos de diagnóstico automotriz, impulsando así la innovación tecnológica nacional.

REFERENCIAS

- [1] Ávila, J. E., & Edgar, L. "Diseño y Construcción de un equipo para diagnóstico de sensores, actuadores y ECU's automotrices para vehículos KIA y HYUNDAI". Tesis de grado, Escuela de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del Azuay, Cuenca, 2014. [En línea]. Disponible: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4263>
- [2] Chávez, Á. "Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas Para el Análisis de Señales de Sensores y Actuadores del Automóvil por Medio de un Osciloscopio". Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2014. [En línea]. Disponible: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3137/1/65T00109.pdf>
- [3] Balseca, C. y Peñafiel León, D. E. (s.f.). "Análisis avanzado de localización de averías mecánicas y electrónicas en un motor de combustión interna mediante el uso del osciloscopio automotriz". Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. [En línea]. Disponible: <https://pdfs.semanticscholar.org/9022/4829b4cee979f61710f5a8e46beed34efcda.pdf>
- [4] Órtega, W. "Fabricación de un banco de pruebas para computadoras automotrices (ECM)". Tesis de grado, Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador, 2022. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4929/1/Ortega%20Carrillo%20Wilson%20Alexander.pdf>
- [5] NISSAN NORTH AMERICA, INC. (2002). Camshaft and Crankshaft Position Sensor Pulse Pattern. USA. Disponible en: <https://www.prodemand.com/>
- [6] NISSAN NORTH AMERICA, INC. (2002). Camshaft and Crankshaft Correlation Signal Waveform. USA. Disponible en: <https://www.prodemand.com/>
- [7] HYUNDAI MOTOR CO. (2011). Falling Edge Signal Waveform. Disponible en: <https://www.prodemand.com/>
- [8] KIA MOTORS AMERICA, INC. (2011). Signal Waveform of KIA MOTORS AMERICA, INC. Disponible en: <https://www.prodemand.com/>
- [9] NISSAN MOTOR CO., U.S.A. (2005). Accelerator Pedal Released Position Learning. Disponible en: <https://www.prodemand.com/>

- [10]NISSAN MOTOR CO., U.S.A. (2005). IDLE Speed Identifications.
Disponble en: <https://www.prodemand.com/>
- [11]HYUNDAI MOTOR CO. (2003). Base IDLE Speed Specifications.
Disponble en: <https://www.prodemand.com/>
- [12]Mayancela, S., & Crespo, K. (2023). “Construcción de un Panel de Pruebas para el Diagnóstico del Sistema de Inyección de un Motor Mazda 2.6L” . Universidad del Azuay, Cuenca. [En línea]. Disponible: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/13374/1/18899.pdf>