Ingeniería y sus Alcances, Revista de Investigación
mayo-agosto 2025 / Volumen 9 / No. 24
ISSN: 2664 – 8245
ISSN-L: 2664 - 8245
https://revistaingenieria.org
pp. 103 - 119

Prototipo de banco de prueba para picos a inyección electrónica para vehículos tipo naftero de la marca Toyota

Test bench prototype for electronic injection nozzles for Toyota brand gasoline vehicles

Protótipo de banco de ensaio para picos com injeção eletrônica para veículos a gasolina da marca Toyota

ARTÍCULO ORIGINAL

Fernando José Rodríguez Ruiz Díaz ferjord12@gmail.com
Tayra de las Mercedes Martin Benítez mercemarb856@gmail.com

Universidad La Paz. Ciudad del Este, Paraguay

Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v9i24.135

Artículo recibido 3 de febrero 2025 / Aceptado 30 de abril 2025 / Publicado 17 de mayo 2025

RESUMEN

El artículo presenta el diseño y la construcción de un prototipo de banco de prueba para picos de inyección electrónica en vehículos nafteros de la marca Toyota. Este desarrollo surge ante la carencia de equipos accesibles para el diagnóstico y mantenimiento de inyectores en talleres automotrices pequeños de Paraguay, donde la inversión en bancos de prueba comerciales resulta prohibitiva. Se empleó una metodología cualicuantitativa, utilizando investigación documental, de campo y experimental, que incluyó entrevistas a mecánicos y encuestas para identificar necesidades reales del sector. El prototipo integra componentes de mecánica, electrónica y electricidad, valiéndose de un microcontrolador PIC 16F84A y temporizador 555 para la gestión y simulación de distintas condiciones de operación de los inyectores. El estudio recalca la importancia de contar con herramientas que permitan verificar y limpiar varios inyectores simultáneamente, optimizando tiempos y mejorando la competitividad de los talleres. Se evalúan los costos de inversión, operación y mantenimiento, demostrando que el desarrollo local de este banco de prueba es económicamente viable y tecnológicamente funcional. El artículo concluye que el prototipo facilita el diagnóstico eficiente, reduce la pérdida de clientes y contribuye a la mejora en el rendimiento y la sostenibilidad ambiental de los motores nafteros.

Palabras clave: Diseño, construcción, análisis, desarrollo, banco de pruebas e inyectores

ABSTRACT

The article presents the design and construction of a prototype test bench for electronic injection peaks in Toyota gasoline vehicles. This development arises from the lack of accessible equipment for the diagnosis and maintenance of injectors in small automotive workshops in Paraguay, where investment in commercial test benches is prohibitive. A qualitative-quantitative methodology was employed, using documentary, field and experimental research, including interviews with mechanics and surveys to identify real needs in the sector. The prototype integrates mechanical, electronic and electrical components, using a PIC 16F84A microcontroller and 555 timer to manage and simulate different operating conditions of the injectors. The study emphasizes the importance of having tools that allow the verification and cleaning of several injectors simultaneously, optimizing time and improving the competitiveness of the workshops. Investment, operation and maintenance costs are evaluated, demonstrating that the local development of this test bench is economically viable and technologically functional. The article concludes that the prototype facilitates efficient diagnosis, reduces customer churn and contributes to improved performance and environmental sustainability of gasoline engines.

Key words: Design, construction, analysis, development, test bench and injectors

RESUMO

O artigo apresenta o projeto e a construção de um protótipo de uma bancada de testes para picos de injeção eletrônica em veículos a gasolina da Toyota. Esse desenvolvimento decorre da falta de equipamentos acessíveis para o diagnóstico e a manutenção de injetores em pequenas oficinas automotivas no Paraguai, onde o investimento em bancadas de teste comerciais é proibitivo. Foi empregada uma metodologia qualitativa-quantitativa, utilizando pesquisa documental, de campo e experimental, incluindo entrevistas com mecânicos e pesquisas para identificar as necessidades reais do setor. O protótipo integra componentes mecânicos, eletrônicos e elétricos, usando um microcontrolador PIC 16F84A e um temporizador 555 para gerenciar e simular diferentes condições de operação do injetor. O estudo enfatiza a importância de ter ferramentas que permitam que vários injetores sejam verificados e limpos simultaneamente, otimizando o tempo e melhorando a competitividade das oficinas. Os custos de investimento, operação e manutenção são avaliados, demonstrando que o desenvolvimento local dessa bancada de testes é economicamente viável e tecnologicamente funcional. O artigo conclui que o protótipo facilita o diagnóstico eficiente, reduz a rotatividade de clientes e contribui para melhorar o desempenho e a sustentabilidade ambiental dos motores a gasolina.

Palavras-chave: Projeto, construção, análise, desenvolvimento, banco de testes e injetores

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mercado automotriz cuenta con una alta demanda de productos que satisfagan tanto el perfil funcional, mecánico como el económico, ya que el sector automotor es una parte fundamental de la economía local. La mayoría de estos vehículos se comercializan usados, por lo que los servicios que ofrecen los mecánicos automotrices consisten en amplias memorias de garantía; como regla básica se busca garantizar al cliente un tiempo de prueba, ya que en muchos casos las fallas son intermitentes y se presentan solo después de un tiempo prolongado de uso. De este tipo de servicios se desprenden altos costos de mantenimiento.

El sistema de inyección electrónica de combustible ha sido aplicado en los vehículos automotores desde hace más de 30 años, y a partir de ese entonces ha sido un aspecto muy variable a lo largo de su historia; por lo que requiere que su mantenimiento y diagnóstico sea especializado, lo que ha traído como consecuencia que cada vez sean menos los centros de servicio denominados multimarca ya sea por la falta de capacidad operativa e económica para el diagnóstico. La razón del alto costo que requiere el equipamiento específico para cada vehículo se da porque cada fabricante prueba durante aproximadamente 10.000 kilómetros la nueva generación de inyectores de inyección electrónica (Varela Torres & Guerrero Ascanio, 2025).

El presente trabajo se centra en el análisis y optimización del desempeño de los inyectores electromagnéticos de gasolina, componentes clave para el adecuado funcionamiento de los motores de combustión interna. Comprender el comportamiento interno de estos inyectores resulta esencial para establecer condiciones óptimas de mantenimiento, aspecto que motivó el diseño de un banco de pruebas específicamente orientado a modelos Toyota. Ante la creciente importancia de la sostenibilidad ambiental, este proyecto reconoce el papel fundamental de los inyectores en la eficiencia de la combustión y en la reducción de residuos nocivos. Un funcionamiento eficiente de los inyectores contribuye no solo al rendimiento del motor, sino también a minimizar el impacto ambiental al disminuir las emisiones derivadas de una combustión incompleta.

El enfoque de la investigación integra métodos innovadores para el mantenimiento y limpieza de los inyectores, destacando la utilización de técnicas como el ultrasonido y el desarrollo de pruebas funcionales que permitan verificar su correcto desempeño. La realización de mantenimientos preventivos resulta crucial, ya que problemas en los inyectores pueden manifestarse en irregularidades en la respuesta del motor y pérdida de potencia. Por ello, se recomienda efectuar la primera inspección y limpieza alrededor de los 30,000 kilómetros recorridos. Este proyecto busca asegurar el óptimo desempeño de los inyectores de gasolina, promoviendo tanto el ahorro de combustible como el correcto funcionamiento del motor en beneficio del usuario y del medio ambiente (Quinsasamin Pillalaza & Sañaicela Cueva, 2019).

En el Paraguay existe una gran cantidad de vehículos con sistema de inyección electrónica naftero, y cada vez son más los vehículos que traen este sistema, ya que cumplen con las normativas ambientales. En Paraguay hay falta de esta herramienta por el precio elevado de ellas por lo que ciertos procesos no se lleven a cabo de manera adecuada en nuestro medio, existen muchos talleres automotrices que no cuentan con un banco de prueba para picos de inyección electrónica de automóviles tipo naftero, por causa del costo elevado.

En la actualidad, muchos talleres automotrices carecen de herramientas específicas para el diagnóstico preciso de inyectores electrónicos, lo que conduce a evaluaciones basadas en supuestos que pueden resultar erróneos (Coveñas Martinez, M, 2022). Esta situación dificulta la identificación y resolución efectiva de fallos en el sistema de combustible, especialmente cuando los inyectores presentan desperfectos que, si pasan desapercibidos, pueden generar problemas graves. Entre las principales consecuencias se encuentran la pérdida de potencia del motor, el aumento del consumo de combustible y la emisión de hidrocarburos no quemados, lo cual no solo deteriora el rendimiento del vehículo, sino que también incrementa la contaminación ambiental y las pérdidas económicas para el usuario por el desaprovechamiento del combustible.

El banco de pruebas propuesto en este estudio ofrece una doble funcionalidad, ya que permite tanto el diagnóstico como la limpieza de inyectores, incorporando la posibilidad de utilizar líquidos especializados en su mantenimiento. Esto dota a los técnicos de una herramienta eficiente para descartar fallos en los inyectores durante el examen del sistema de combustible. Una vez verificada la correcta operación de los inyectores, el personal técnico puede enfocar su atención en otros componentes del sistema, optimizando la labor de mantenimiento y asegurando mayor eficiencia y satisfacción para el usuario final.

Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación es diseñar y construir un prototipo funcional de banco de prueba destinado a la evaluación y diagnóstico de picos de inyección electrónica en vehículos nafteros de la marca Toyota. Este proyecto busca desarrollar una herramienta que permita simular condiciones reales de funcionamiento del sistema de inyección, facilitando la verificación del desempeño, la detección de fallas y el mantenimiento preventivo de los inyectores.

El banco de prueba propuesto estará orientado a cubrir las necesidades tanto de talleres automotrices como de centros de formación técnica, proporcionando un recurso didáctico y práctico para el análisis de los parámetros operativos de los inyectores electrónicos. Además, se pretende que el diseño del prototipo sea adaptable a diferentes modelos de inyectores utilizados en vehículos Toyota, garantizando versatilidad y precisión en las pruebas realizadas. A través de la implementación de este banco de prueba, se espera optimizar los procesos de diagnóstico automotriz, reducir los tiempos de intervención y contribuir a la mejora

del rendimiento y la eficiencia de los motores nafteros. Asimismo, el desarrollo de este prototipo permitirá fortalecer las capacidades técnicas de los profesionales del sector, promoviendo la innovación y el uso de tecnología aplicada en el área automotriz.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación empleó diversas estrategias metodológicas para abordar el diseño y construcción de un prototipo de banco de pruebas para picos de inyección electrónica en vehículos nafteros de la marca Toyota. Se recurrió a la investigación documental como estrategia principal para observar y reflexionar sistemáticamente sobre realidades tanto teóricas como prácticas, utilizando diferentes tipos de documentos. Este proceso implicó la búsqueda, interpretación y análisis de información relevante, lo que permitió fundamentar el desarrollo y la creación del prototipo de banco de pruebas, orientado a determinar los parámetros de operatividad de los inyectores electrónicos.

La investigación de campo se basó en la recolección directa de información proveniente de la realidad, enfocándose en resolver un problema práctico detectado en el entorno de los talleres automotrices. A través de la aplicación de los hallazgos obtenidos, se buscó ofrecer soluciones concretas a las problemáticas identificadas, asegurando la pertinencia y aplicabilidad de los resultados. Además, se implementó un enfoque experimental que consistió en la manipulación controlada de variables no comprobadas previamente. El objetivo fue describir y analizar las causas y efectos de situaciones específicas relacionadas con el funcionamiento de los picos de inyección. El investigador diseñó y controló las condiciones experimentales para observar el impacto de las variables manipuladas sobre los resultados obtenidos.

El estudio tuvo un alcance descriptivo, orientado a proporcionar una base sólida de conocimiento sobre el fenómeno investigado. Este nivel permitió caracterizar detalladamente el funcionamiento y las necesidades de los talleres respecto a los picos de inyección electrónica, sirviendo como punto de partida para futuras investigaciones o intervenciones. La investigación se desarrolló bajo una modalidad mixta (cualicuantitativa), combinando técnicas y herramientas de ambos enfoques para recabar y analizar datos. Este enfoque mixto permitió obtener una comprensión más integral y profunda del fenómeno, aprovechando las fortalezas de los métodos cualitativos y cuantitativos.

Se emplearon diversas técnicas de recogida de datos, incluyendo entrevistas, encuestas y observación directa. Las entrevistas se realizaron tanto a mecánicos de talleres automotrices como al jefe de taller, mientras que las encuestas no probabilísticas permitieron captar las necesidades y opiniones de los participantes. Además, se utilizaron fichas de observación para registrar información relevante durante el proceso. La población estuvo conformada por mecánicos de talleres en Hernandarias, Alto Paraná, quienes participaron activamente mediante entrevistas

y encuestas para identificar la necesidad del prototipo y validar su utilidad. Para el procesamiento y análisis de los datos recolectados, se utilizó el software Microsoft Excel, facilitando la sistematización y la interpretación de los resultados.

Las variables de estudio fueron la eficiencia y costo accesible del pico de inyección electrónica para talleres automotrices, como variable dependiente, y el banco de prueba para picos de inyección electrónica nafteros, como variable independiente. Este enfoque metodológico integral permitió abordar el problema desde diferentes perspectivas, garantizando la validez y relevancia de los resultados obtenidos para el sector automotriz.

RESULTADOS

Las encuestas se realizaron en talleres pequeños de Hernandarias, quienes son los más necesitados y a su vez los más beneficiados con el diseño del banco de prueba para inyectores electrónicos de gasolina, generando una gran competitividad con los talleres grandes que tienen mucho presupuesto y poseen bancos.

En relación con la inversión que representa adquirir un banco de prueba, se planteó la siguiente pregunta: dado que la compra de estos equipos implica un gasto significativo y que su uso puede no ser frecuente, ¿considera usted que el alto costo de los bancos de prueba actuales es una de las principales razones por las cuales los talleres y laboratorios con bajo presupuesto no cuentan con este tipo de equipos?

Los resultados de esta pregunta se presentan en el gráfico siguiente, donde se observa la percepción de los mecánicos respecto a la influencia del costo en la adquisición de bancos de prueba, evidenciando que la mayoría considera que el precio elevado es un factor limitante para su acceso en talleres pequeños.

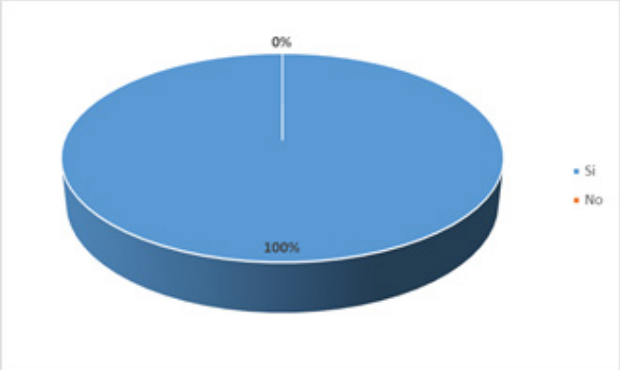

***Gráfico* 1.** Distribución de frecuencia de la pregunta 1.

En cuanto a la pregunta 2, que indaga si la falta de un banco de prueba para inyectores electrónicos en los talleres influye en la calidad del servicio brindado a los clientes, El 50% de los talleres pequeños encuestados considera que no contar con un banco de prueba para inyectores electrónicos afecta negativamente la calidad del servicio que pueden ofrecer a sus clientes. Esta percepción se basa en que dicho equipo es fundamental para diagnosticar y calibrar correctamente los inyectores, lo que garantiza un mejor rendimiento del motor y mayor eficiencia en el consumo de combustible. Sin esta herramienta, los talleres enfrentan dificultades para identificar fallas específicas, lo que puede derivar en reparaciones incompletas y un mantenimiento menos efectivo, impactando directamente en la satisfacción del cliente y la competitividad del taller.

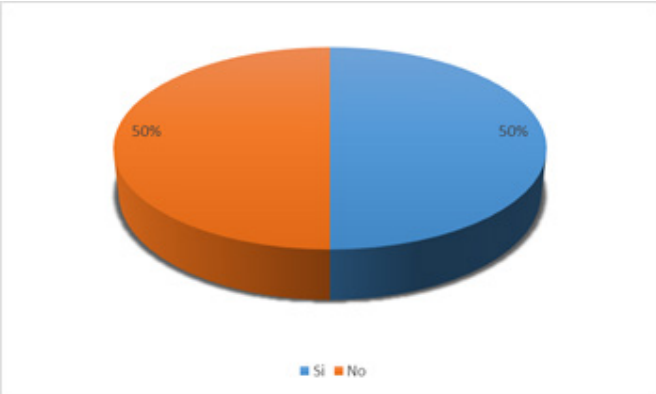

***Gráfico* 2.** Distribución de frecuencia de la pregunta 2. Fuente elaboración propia.

En cuanto a la pregunta 3 sobre si la falta de bancos de prueba para inyectores en los talleres es la causa de que los clientes con sistemas de inyección busquen otros talleres para la reparación de sus sistemas, es decir, que se pierda un cliente potencial. Según los resultados obtenidos, el 100% de los encuestados respondió afirmativamente. Todos coincidieron en que la ausencia de un banco de prueba para inyectores electrónicos en los talleres es un factor determinante para que los clientes con sistemas de inyección busquen otros establecimientos mejor equipados, lo que implica la pérdida de clientes potenciales para los talleres que no cuentan con esta herramienta.

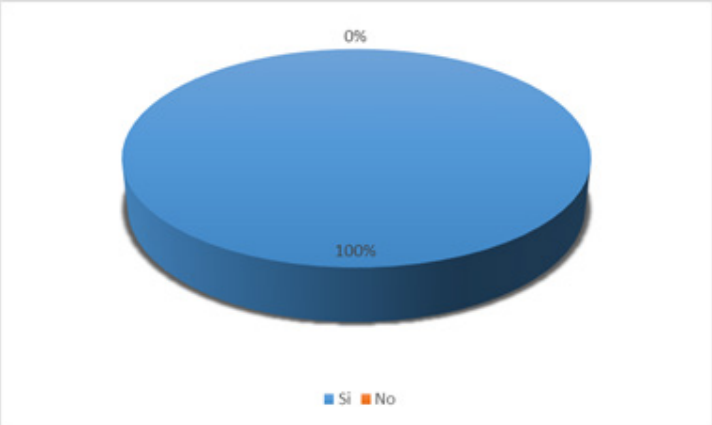

***Gráfico* 3.** Distribución de frecuencia de la pregunta 3.

En relación a la pregunta 4, que indaga si la falta de bancos de prueba para inyectores a gasolina es la causa de que los talleres pierdan varios clientes potenciales, los resultados muestran que el 100% de los talleres de bajo presupuesto considera que esta carencia efectivamente les hace perder oportunidades de negocio.

Este resultado también evidencia que todos los encuestados estarían dispuestos a realizar un esfuerzo para adquirir un banco de prueba que ofrezca las mismas funciones que los equipos comerciales, siempre que su costo sea realmente accesible. La existencia de bancos de prueba en el mercado con diferentes rangos de precios y características, así como opciones de alquiler, sugiere que, si se desarrollan alternativas más económicas y adaptadas a las necesidades de los talleres pequeños, se podría reducir significativamente la pérdida de clientes y mejorar la competitividad del sector.

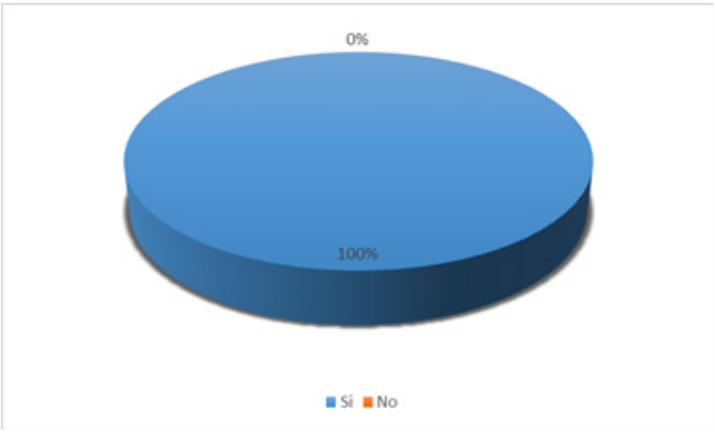

***Gráfico* 4.** Distribución de frecuencia de la pregunta 4.

Finalmente, en lo que respecta a la pregunta 5, sobre cuántas estaciones o canales de prueba prefieren que tenga un banco de prueba para inyectores de gasolina, los resultados muestran una clara tendencia hacia la preferencia por equipos que permitan trabajar con varios inyectores simultáneamente. Según la distribución de frecuencias, el 50% de los encuestados optó por bancos con 4 estaciones de trabajo, el 33.5% por 3 estaciones y el 16.5% por 2 estaciones, mientras que ninguno manifestó preferencia por una sola estación.

***Gráfico* 5.** Tabla distribución de frecuencia de la pregunta 5.

Estos resultados evidencian que los talleres dedicados al mantenimiento de sistemas de inyección valoran la posibilidad de realizar pruebas a varios inyectores al mismo tiempo, lo que les permite optimizar tiempos y aumentar la eficiencia en el servicio. Por ello, al diseñar o seleccionar un banco de prueba para inyectores de gasolina, es fundamental considerar la incorporación de múltiples estaciones de trabajo para satisfacer las necesidades operativas de los talleres y mejorar su competitividad.

DISCUSIÓN

La inyección electrónica en vehículos Toyota, al igual que en otros automóviles modernos, constituye un sistema fundamental para el control preciso de la cantidad de combustible que se suministra al motor (Bragg, 2018). Su correcto funcionamiento es esencial para asegurar el rendimiento óptimo del motor, maximizar la eficiencia en el consumo de combustible y reducir las emisiones contaminantes. Sin embargo, los equipos de prueba para inyectores electrónicos

suelen tener un costo elevado y, por ello, no siempre están al alcance de talleres independientes, especialmente aquellos con recursos limitados.

El desarrollo y construcción de un prototipo de banco de prueba para picos de inyección electrónica en vehículos nafteros Toyota representa una solución de gran valor para los talleres pequeños. Contar con este equipo permite garantizar un diagnóstico preciso y un funcionamiento adecuado de los inyectores de gasolina, lo que repercute directamente en la calidad del servicio ofrecido y en la satisfacción del cliente (Arellano Cabrera & Falconí Toro, 2015). Para la elaboración del banco de prueba, fue necesario integrar conocimientos de mecánica, electrónica y electricidad, logrando así un dispositivo versátil y funcional.

En el siguiente apartado se detalla la estructura del banco de prueba para inyectores, el flujo de información entre los componentes y el proceso de verificación de los inyectores. Además, se incluyen figuras que muestran el esquema de conexiones de la unidad de control y la lista de materiales electrónicos utilizados en la construcción del prototipo.

El circuito integrado 555, conocido también como temporizador 555, chip 555 o generador de pulsos, es un componente ampliamente utilizado en electrónica por su versatilidad como temporizador. Este dispositivo permite activar o desactivar circuitos durante intervalos de tiempo determinados, funcionando como un temporizador ajustable según las necesidades del diseño. La duración de estos intervalos y la posibilidad de que se repitan continuamente dependen de la configuración del circuito y de los componentes asociados al 555.

El integrado 555 cuenta con 8 pines, cada uno de los cuales debe conectarse adecuadamente según el modo de operación deseado, ya sea como temporizador monostable, astable o biestable. La correcta disposición de estos pines y la elección de los componentes externos determinan el comportamiento final del temporizador.

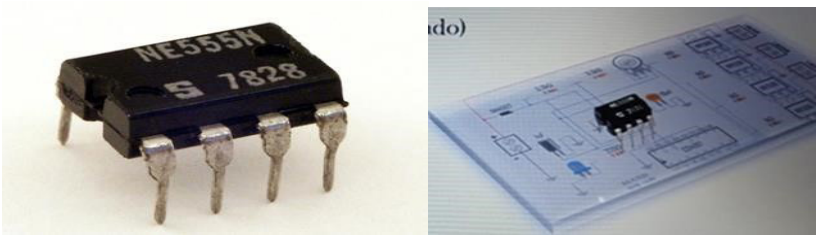

***Figura* 1.** Timmer 55(NF555N) circuito integrado.

Entre los componentes asociados al 555, se encuentran las resistencias, que son elementos electrónicos básicos con dos terminales y un material semiconductor, generalmente compuesto de carbón y otros materiales resistivos. Las resistencias limitan el flujo de corriente y establecen condiciones de operación en los circuitos (Sun et al., 2016).

El potenciómetro de 100 kohm es un tipo de resistencia variable que se utiliza para ajustar manualmente la resistencia en un circuito. Este componente, que cuenta con al menos tres terminales (dos extremos y un cursor central), permite dividir la tensión aplicada entre sus extremos. Al mover el cursor, se obtiene una fracción de la diferencia de potencial total, funcionando como un divisor de voltaje y permitiendo regular con precisión el tiempo de activación del temporizador 555 en el circuito.

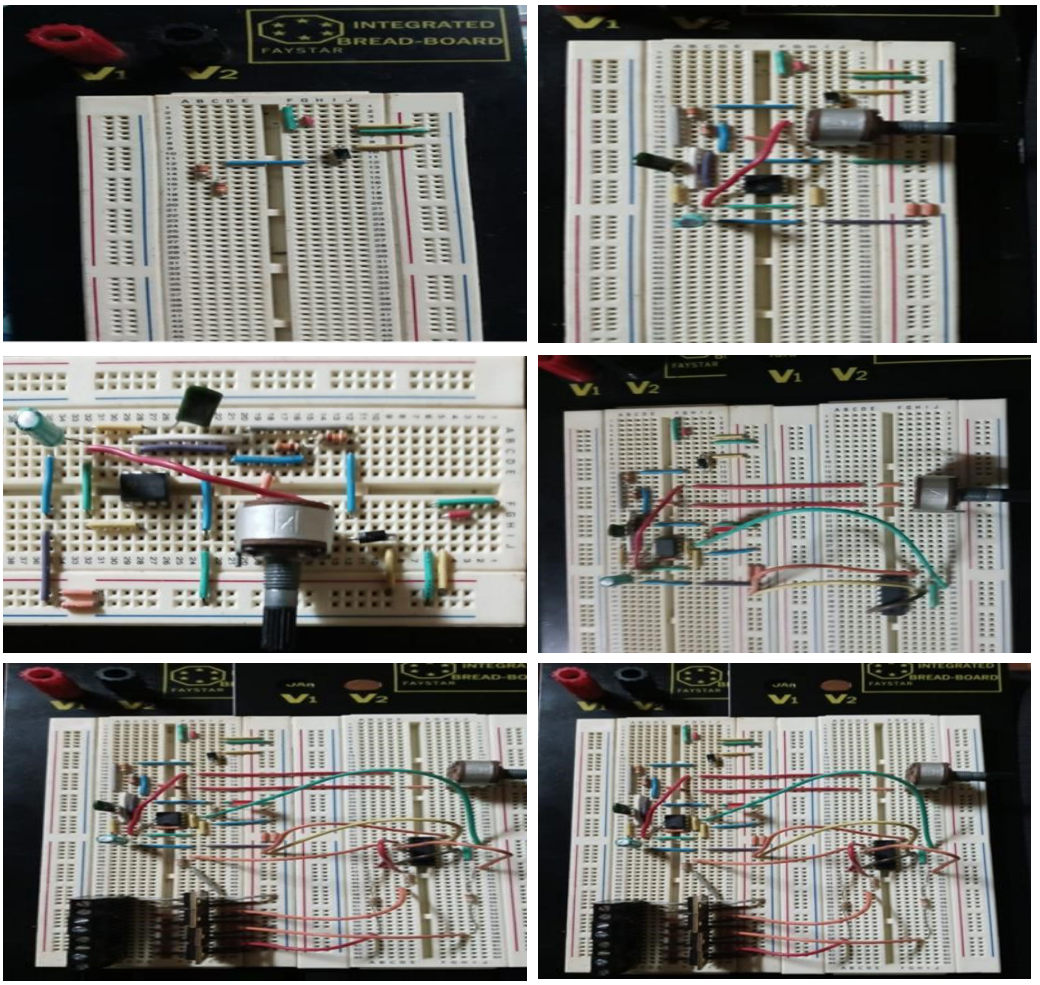

***Figura* 2.** Paso a paso de armado de protoboard.

Ingeniería y sus Alcances. Revista de Investigación, Volumen 9 No. 24, mayo-agosto 2025
ISSN: 2664-8245 / ISSN-L: 2664-8245, www.revistaingenieria.org

Este tipo de funcionamiento se distingue por generar una señal de salida en forma de onda cuadrada o rectangular, la cual mantiene un ciclo repetitivo y continuo con un ancho predeterminado por el diseño del circuito. En el esquema de conexión correspondiente se puede observar cómo la señal alterna entre estados de nivel alto durante un intervalo de tiempo t1 y de nivel bajo durante el tiempo t2. Estas características permiten el uso de la señal, por ejemplo, en la simulación del comportamiento de inyectores electrónicos, ya que posibilita controlar de manera precisa el tiempo de activación y desactivación del componente. De esta manera, el circuito ofrece una base confiable tanto para el diagnóstico como para la prueba de funcionamiento de dispositivos que requieren señales periódicas de control.

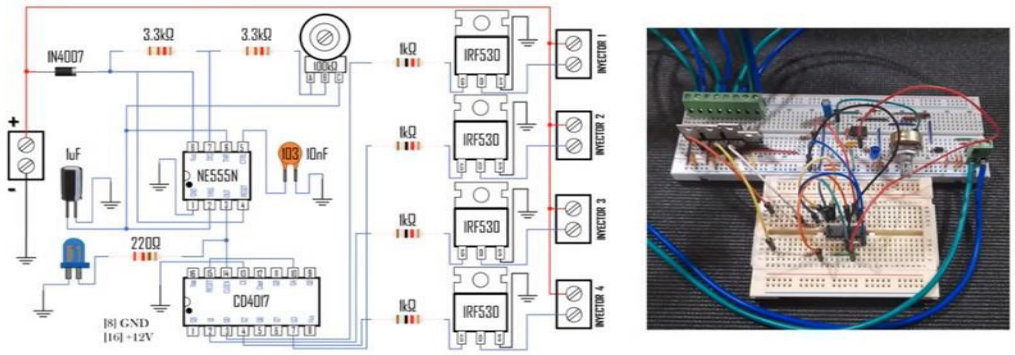

***Figura* 3.** Diagrama armado en protoboard secuencial.

Sistema de control de tiempo.

Para el desarrollo del sistema de control de tiempo del banco de pruebas se optó por el uso de un microcontrolador debido a su capacidad de ser programado fácilmente mediante un ordenador y herramientas de software específicas. La programación y configuración de este tipo de dispositivos resulta accesible, así como la implementación del código necesario para su operación. Actualmente existe una amplia variedad de entornos de desarrollo compatibles con microcontroladores PIC; en este proyecto, se emplearon el compilador Pic-C y el software Ic-prog para la escritura y carga del programa en el dispositivo.

Micro-controlador PIC 16F84A.

El PIC 16F84A pertenece a la familia de microcontroladores de 8 bits de Microchip y se posiciona como uno de los modelos más utilizados en labores de automatización y control, especialmente por quienes recién inician en programación de microcontroladores. Este componente cuenta con una arquitectura sencilla, 18 pines y un conjunto reducido de instrucciones RISC, lo que facilita su aprendizaje y aplicación en

proyectos educativos y prototipos industriales. Entre sus características principales destacan su memoria EEPROM interna, capacidad de reprogramación y temporizadores integrados. Estas cualidades lo convierten en una opción idónea para gestionar la secuencia de activación de los inyectores y definir con precisión los tiempos de pulso requeridos en las pruebas, permitiendo simular condiciones reales de funcionamiento del sistema de inyección electrónica, internamente consta de:

- Memoria Flash de programa (1K x 14 bits).
- Memoria EEPROM de datos (64 x 8 bits).
- Memoria RAM (68 registros x 8 bits).
- Un temporizador/contador (timer de 8 bits).
- Un divisor de frecuencia.
- Varios puertos de entrada-salida (13 pines en dos puertos, 5 pines el puerto A y 8 pines el puerto B). Otras características son:
- Manejo de interrupciones (de 4 fuentes).
- Perro guardián (watchdog).
- Bajo consumo.
- Frecuencia de reloj externa máxima 10MHz. (Hasta 20MHz en nuevas versiones). La frecuencia de reloj interna es un cuarto de la externa, lo que significa que con un reloj de 20Mhz, el reloj interno sería de 5Mhz y así pues se ejecutan 5 Millones de Instrucciones por Segundo (5 MIPS)
- No posee conversores analógicos-digital ni digital-analógicos.
- Pipe-line de 2 etapas, 1 para búsqueda de instrucción y otra para la ejecución de la instrucción (los saltos ocupan un ciclo más).
- Repertorio de instrucciones reducido (RISC), con tan solo 30 instrucciones distintas.
- 4 tipos distintos de instrucciones, orientadas a byte, orientadas a bit, operación entre registros, de salto.

Manufactura del banco de prueba

Para la construcción del banco de pruebas propuesto, se seleccionaron materiales con alta resistencia y durabilidad, como tubos de acero para la base y estructura principal, y planchas de acero para alojar los componentes internos del banco (Piza Segura & Caro Montes, 2019). Se garantizaron conexiones eléctricas seguras mediante el uso de cables adecuadamente soldados y aislados, lo que previene cortes o cortocircuitos y contribuye tanto a la confiabilidad como a la seguridad del sistema. Todo el proceso de manufactura se llevó a cabo aplicando los conocimientos técnicos adquiridos a lo largo de la formación profesional, priorizando prácticas seguras y eficientes. Desde una perspectiva de seguridad industrial, se incorporó un extintor de incendios al banco como medida preventiva, atendiendo las normativas y buenas prácticas para ambientes de trabajo con riesgo eléctrico y combustión

Análisis de costos

- Costos de inversión.
- De acuerdo a las siguientes tablas se pueden observar los costos de todos los materiales que han sido utilizados en el proyecto.
- Las tablas han sido divididas por el tipo de material y por la forma de comercialización.
- Costos de inversión en materiales de construcción.

Tabla 2. Comportamiento de la resistencia a compresión según el porcentaje de reemplazo.

Costos totales	Costo
Costo de inversión materiales de construcción	175.620 Gs
Costos de elementos de sujeción	20.689 Gs
Costos de elementos del sistema hidráulico	1.048.300 Gs
Costos del sistema electrónico	2.101.725 Gs
	3.346.550 Gs

Costo de inversión en mano de obra

Según el asesoramiento recibido en el desarrollo del prototipo, se recomienda que el costo de la mano de obra represente el 50% del costo total de los materiales empleados en la construcción del banco de pruebas. Esta proporción busca reflejar una estimación realista del esfuerzo técnico y el tiempo requerido para el ensamblaje, montaje eléctrico y puesta en funcionamiento del equipo, permitiendo así una mejor planificación financiera del proyecto.

Por lo tanto:

- Costo mano de obra = 1/2 Costo total de inversión en materiales
- Costo mano de obra = 1/2 * 3.346.55Gs
- Costo mano de obra = 1.673.275

Tabla 3. Costo total de inversión

Costo	Costos totales
Costo total de inversión en materiales	3.346.550
Costo de mano de obra	1.673.275
Costo Total de inversión	5. 019.825

Para el proyecto que nos ocupa, disponemos de un prototipo de banco de prueba para picos a inyección Electrónica para vehículos tipo naftero de la marca Toyota., el mismo que tiene un costo de 5.019.825 Gs, el mismo que ha sido adquirido con fondos propios por el autor de este estudio con el propósito de llevar a cabo el proyecto.

Costo de operación

Para que la adquisición del banco de pruebas sea una inversión rentable en un taller automotriz, es fundamental analizar y calcular adecuadamente los costos de operación asociados a su uso. Estos costos incluyen principalmente la mano de obra involucrada en la operación y el consumo de energía eléctrica.

Mano de obra y capacitación

El técnico encargado de operar el equipo debe recibir una capacitación especializada para utilizar adecuadamente el banco de pruebas. Este proceso genera un costo adicional, ya que su operación se considera un servicio específico dentro del taller y suele ser remunerado de manera independiente al salario habitual del trabajador. Esta retribución extra compensa la especialización requerida y el tiempo dedicado a la prestación del servicio.

Consumo de energía eléctrica

El banco de pruebas opera con una fuente de energía eléctrica de 600 W. Para calcular el costo de energía de operación se debe estimar las horas de uso diarias y el costo local por kWh. Para Laica Cunalata (2012) la relación es la siguiente:

- Costo de energía = 0.6 kw *8 hr/dia *30 dias/ mes *389.57 Gs /kwh

Uso de combustible

El equipo usa gasolina como fluido de trabajo por lo que se tiene un costo por compra de este fluido.

- Costo del combustible el 15/6/2022 era de 10.000 Gs *10 litros al mes serian 100.000 Gs

Uso de fluido limpia inyectores

El equipo hace uso de líquido limpia inyectores por lo que se tiene un costo por la adquisición de dicho fluido.

Este fluido tiene un precio en el mercado de 100.000 Gs .

Dicho fluido debe ser cambiado mensualmente

Depreciación

La depreciación del equipo fue estimada al 10% del precio inicial en 5 años.

Costo de mantenimiento

El equipo debe ser sometido a mantenimiento por lo que tiene costos de elementos como el filtro de combustible, mangueras, que deben ser sustituidas anualmente para obtener el costo de mantenimiento mensual.

Ingresos

Los ingresos por uso de este equipo deben ser mayores al costo de operación, por lo que se realizó el siguiente análisis.

Para que no existan pérdidas se deben realizar al mes un mínimo de 10 servicios de diagnóstico y/o limpieza de inyectores, actualmente en el mercado este servicio tiene un valor aproximado de 320.000 Gs.

Para hacer que el precio sea competitivo se sugiere realizar el trabajo por 300.000Gs

Se puede observar que este pulsador continuo de inyectores cuenta con la ventaja que al abrirse todos los inyectores al mismo tiempo la presión en el riel o flauta asciende abruptamente se puede determinar si existe algún tipo de goteo en el inyector el circuito adicional que se puede accionar los inyectores de manera secuencial.

En uno de los circuitos instalamos un contador de décadas CM 4017 que puede realizar operaciones siempre y cuando reciba un tren de pulsos por medio del pin 14cada vez que reciba un flanco positivo, avanzara a una posición en su contador.

Este circuito está conformado por un contador Johnson de 5 etapas que puede dividir o contar por cualquier valor entre 2 y 9, con recursos para continuar o detenerse al final del ciclo

En los siguientes anexos se corrobora su funcionamiento del banco de prueba para picos a inyección electrónica para vehículos tipo naftero de la marca Toyota.

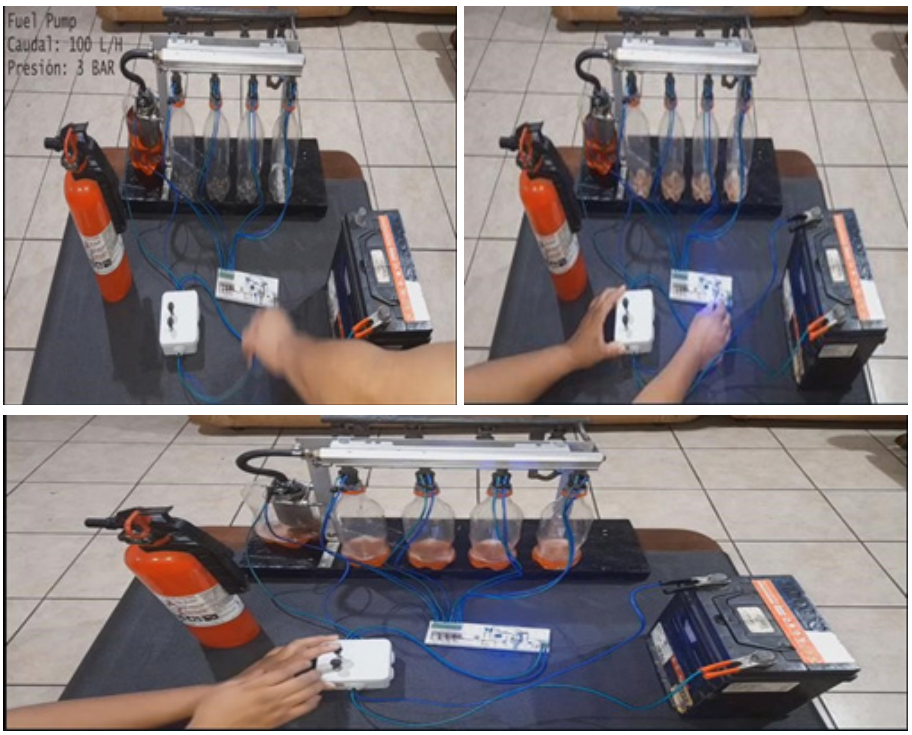

***Figura* 3.** Funcionamiento demostrado prototipo de banco de prueba para picos a inyección electrónica para vehículos tipo naftero de la marca Toyota.

CONCLUSIONES

Conforme a los resultados obtenidos en la investigación sobre el prototipo de banco de pruebas para picos de inyección electrónica en vehículos nafteros de la marca Toyota, pueden formularse las siguientes conclusiones:

Respecto al primer objetivo específico, la caracterización de los inyectores de gasolina y sus parámetros operativos evidenció la importancia de estos componentes como elementos clave en el sistema de alimentación. La investigación confirma que una calibración y limpieza adecuada de los inyectores es imprescindible para evitar consumos excesivos de combustible, emisiones perjudiciales o fallas en el funcionamiento del motor.

En relación al segundo objetivo, la selección y validación de los componentes electromecánicos y sistemas de control permitió el desarrollo de un banco de pruebas funcional, diseñado bajo criterios de accesibilidad económica y ensamblaje sencillo. El prototipo resultante integra sistemas mecánicos, hidráulicos y electrónicos capaces de operar a diferentes presiones de trabajo, lo que garantiza su adaptabilidad a una amplia variedad de tamaños de inyectores y condiciones de operación.

Para el tercer objetivo, se identificó que la realización de pruebas debe hacerse utilizando fluidos de ensayo apropiados, ya que sus propiedades, como la densidad, pueden influir en el comportamiento del inyector. Asimismo, el empleo de electroválvulas adecuadas es clave para asegurar un funcionamiento preciso durante las evaluaciones.

Finalmente, el análisis económico efectuado demuestra que el diseño y la construcción del prototipo es una alternativa viable y de bajo costo frente a los equipos comerciales existentes, resultando accesible para talleres con recursos limitados. En consecuencia, la investigación confirma que es factible diseñar y construir un banco de pruebas eficiente y adaptable para inyectores electrónicos de vehículos nafteros Toyota, satisfaciendo necesidades técnicas y económicas del sector automotriz local.

REFERENCIAS

Arias, M. (2000). Manual de automóviles. DOSSAT.

Coveñas Martinez, M. (2022). Dispositivo electrónico en el sistema de encendido para el funcionamiento del motor Toyota 18r en el Instituto De Educación Superior Tecnológico Público De Las Fuerzas Armadas. http://repositorio.iestpffaa.edu.pe/handle/IESTPFFAA/108

Bragg, J. (2018). La venta de vehículos nuevos en Colombia creció un 2, 2%. Casa editorial “El Tiempo”, Bogotá.

Piza Segura, A. F., & Caro Montes, A. F. (2019) Banco de pruebas con control inalámbrico para inyectores de gasolina. https://repository.udistrital.edu.co/items/0c89bfae-f509-47bc-b7cc-5f2f20c7a3b3

Quinsasamin Pillalaza, S. D., & Sañaicela Cueva, J. A. (2019). Desarrollo de un limpiador de inyectores de gasolina con un banco de pruebas automático para el servicio automotriz Los Nogales (Bachelor's thesis). https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17130

Laica Cunalata, W. M. (2012). Implementación de un banco de pruebas para la unidad de

control electrónico de vehículos con sistemas de inyección electrónica para la Escuela de Ingeniería Automotriz (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). https://core.ac.uk/download/pdf/234592590.pdf

Arellano Cabrera, H. J., & Falconí Toro, D. V. (2015). Diseño y construcción de un banco de pruebas para inyectores mecánicos motores diesel (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4045

Varela Torres, H. C., & Guerrero Ascanio, B. C. (2025). Desarrollo de un sistema de medición de las variables implícitas del ciclo de conducción para motocicletas con inyección electrónica en la ciudad de Bucaramanga, Colombia. https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/29619

Sun, J., Xu, H., Wu, X., & Sheng, K. (2016). Comparison and analysis of short circuit capability of 1200V single-chip SiC MOSFET and Si IGBT. In 2016 13th China International Forum on Solid State Lighting: International Forum on Wide Bandgap Semiconductors China (SSLChina: IFWS) (pp. 42-45). IEEE. https://doi.org/10.1109/IFWS.2016.7803752