

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**DISEÑO INNOVADOR DE EQUIPO
MULTIFUNCIONAL PARA PRUEBAS
ASISTIDAS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS Y
ELECTRÓNICOS DEL AUTOMÓVIL**

Proyecto de interés académico y
sector automotriz

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
TÉC. FRANCISCO ERNESTO CORTEZ REINOSA

DOCENTE CO-INVESTIGADOR:
ING. EDUARDO ANTONIO AMAYA GARCÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
Y ESCUELA DE EDUCACIÓN DUAL

ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2020

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**DISEÑO INNOVADOR DE EQUIPO
MULTIFUNCIONAL PARA PRUEBAS
ASISTIDAS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS Y
ELECTRÓNICOS DEL AUTOMÓVIL**

Proyecto de interés académico y
sector automotriz

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
TÉC. FRANCISCO ERNESTO CORTEZ REINOSA

DOCENTE CO-INVESTIGADOR:
ING. EDUARDO ANTONIO AMAYA GARCÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
Y ESCUELA DE EDUCACIÓN DUAL

ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL

ENERO 2020

Rectora

Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

Vicerrector Académico

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo

Director de Investigación y Proyección Social

Ing. Mario W. Montes Arias

Dirección de Investigación y Proyección Social

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Ingrid Janeth Ulloa de Posada

Sra. Edith Aracely Cardoza de González

Coordinador Académico Escuela de Ingeniería Automotriz

Ing. Juan José Lara Hernández

Director Escuela de Educación Dual

Ing. Ovanio Antonio Ávalos García

629.254 028 7

C828d Cortez Reinoso, Francisco Ernesto, 1988 -

slv

Diseño innovador de equipo multifuncional para pruebas asistidas de sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil [recurso electrónico] : proyecto de interés académico y sector automotriz / Francisco Ernesto Cortez Reinoso, Eduardo Antonio Amaya García, coaut. -- 1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2020.

1 recurso electrónico (62 p. : il. col. ; 28 cm.)

Datos electrónicos (1 archivo : pdf, 4.1 mb). –

<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>

ISBN 978-999-61-39-43-7 (E-Book, pdf)

ISBN 978-99961-39-29-1 (impreso)

1. Automóviles – Equipo eléctrico - Instrumentos. 2. Electrónica – Aparatos e Instrumentos. 3. Motores de combustión interna – Equipo. I. Amaya García, Eduardo Antonio, coaut. II. Título.

Autor

Téc. Francisco Ernesto Cortez Reinoso

Co Autor

Ing. Eduardo Antonio Amaya García

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2020

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial
Compartir Igual
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: www.itca.edu.sv

TEL: (503)2132-7423

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	5
2.2.	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA	5
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	7
3.	OBJETIVOS	8
3.1.	OBJETIVO GENERAL	8
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
4.	HIPÓTESIS	8
5.	MARCO TEÓRICO.....	8
5.1.	CIRCUITO INTEGRADO 555	8
5.2.	EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE.....	14
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	19
7.	RESULTADOS	33
8.	CONCLUSIONES	60
9.	RECOMENDACIONES	60
10.	GLOSARIO	61
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
12.	ANEXOS	62

1. INTRODUCCIÓN

En El Salvador se comercializan equipos básicos de diagnóstico para el sector automotriz, pero no se dispone de equipos para solventar problemas con un grado mayor de complejidad. Existe la necesidad de contar con varios equipos para realizar diferentes pruebas, tanto básicas como complejas. Lo que implica para un mecánico automotriz una fuerte inversión.

El objetivo de este proyecto de la Escuela de Ingeniería Automotriz de ITCA-FEPADE fue diseñar y construir un equipo auxiliar multifuncional para realizar diagnóstico de pruebas de sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil, que permita realizar diferentes pruebas de manera autónoma por parte del técnico automotriz.

Se muestran los procesos de diseño y construcción del equipo auxiliar multifuncional, el cual reúne en un solo equipo, las funciones de varios equipos de diagnóstico básico y complejo. Este equipo permite realizar un diagnóstico eficiente y comprobar el funcionamiento de los diferentes sistemas auxiliares del motor a gasolina, así como componentes de los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo.

Se desarrolló un estudio teórico- práctico de las tecnologías aplicadas en los sistemas auxiliares del motor de combustión interna del vehículo, para poder utilizar el equipo en la mayor cantidad de marcas y modelos del parque vehicular.

El equipo construido es capaz de realizar las siguientes pruebas: pruebas al sistema de carga, pruebas al sistema de arranque, prueba de salto de chispa, prueba activación de inyectores, prueba de cuerpo de aceleración, prueba de polaridad de un circuito o conector eléctrico, prueba de activación directa de elementos eléctricos a 12 voltios e iluminación de áreas con poca visibilidad. El equipo cuenta con dispositivos de seguridad para evitar daños, tanto al circuito electrónico de control y accesorios de prueba portátiles, como a elementos auxiliares y personas circundantes por riesgo de descargas eléctricas.

Se elaboró un Manual de Usuario en el que se detalla la manera de realizar las diferentes pruebas de sistemas del automóvil.

El equipo diseñado tiene potencial de patente como “Modelo de Utilidad”, esta es una de las motivaciones para seguir trabajando con el fin de generar frutos que nos permitan seguir con esta línea de trabajo de investigación y obtener así más patentes para la institución y más docentes investigadores con interés en el área.

Este tipo de equipos de prueba no está disponible en el mercado local, por lo que su carencia en el sector automotriz propicia que este trabajo de investigación sea innovador y de alta aplicación. Busca hacer accesible dicha tecnología a un menor costo, con ambientes flexibles para su aplicación.

Los resultados obtenidos con el proyecto permiten en gran medida mantener actualizados a los estudiantes de la carrera de Técnico en Mecánica Automotriz y cursos de educación continua, en el área de sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo; además ayudará a mejorar la efectividad de los trabajos de diagnóstico realizados en el sector automotriz, con un equipo que puede realizar diferentes pruebas.

Con la elaboración de este y otros proyectos de investigación realizada, se puede comprobar el potencial de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE en la elaboración de equipos para fines didácticos-laborales en las especialidades que requieren competencias técnicas, ya sea en carrera formal como en servicios de desarrollo profesional.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, en la mayoría de los talleres automotrices de El Salvador, es muy frecuente encontrarse en situaciones en las cuales, durante el proceso de pruebas de diagnóstico en el automóvil, se vuelve necesario contar con la ayuda de una persona. Por ejemplo, el mecánico necesita la ayuda de otra persona para girar la llave de encendido del automóvil, el no contar con una persona auxiliar dificulta al técnico automotriz realizar el diagnóstico adecuado según corresponda. Para resolver este problema para los actuales y futuros técnicos de mecánica automotriz se propuso desarrollar un equipo que permita realizar las diversas pruebas de diagnóstico a los diferentes sistemas eléctricos y electrónicos de manera autónoma, sin la necesidad de buscar ayuda para accionar interruptores u otros dispositivos dentro del vehículo.

2.2. ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

En la actualidad los diferentes talleres de servicio automotriz no cuentan con equipos electrónicos que reúna todas las características del equipo desarrollado en este proyecto, para realizar pruebas de diagnósticos a los sistemas eléctrico y electrónico automotriz.

Con relación a los equipos que se encuentran disponibles, existen algunos que cumplen funciones similares, pero abarcan menos sistemas auxiliares del motor de combustión y no realizan diversas funciones en uno solo, sino de forma individual.

No	NOMBRE DEL EQUIPO	ESQUEMA	ORIGEN
1	Probador de inyectores.		México
2	Probador de sistema de carga.		España

3	<p>Probador de bobinas de encendido electrónicas.</p>		USA
4	<p>Lámpara o punta lógica automotriz.</p>		El Salvador
5	<p>Medidor de voltaje y amperaje.</p>		China
6	<p>Lámpara LED multiusos 12 Voltios.</p>		USA

Fig. 1. Equipos para prueba de componentes automotrices.

2.3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de Equipo auxiliar multifuncional para pruebas de sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil, permite desarrollar las competencias en los estudiantes de la carrera Técnico en Ingeniería Automotriz y en los técnicos automotrices que trabajan el área, para que adquieran las habilidades y destrezas de evaluar la efectividad de los sistemas del automóvil, lo cual representa un gran aporte al realizar procesos y pruebas básicas y complejas de diagnóstico. Los diferentes sistemas auxiliares del motor de combustión interna incluidos en el equipo son:

- El sistema de carga (batería y alternador).
- El sistema de arranque (Solenoides del motor de arranque).
- El sistema de encendido electrónico (convencional y electrónico).
- El sistema de inyección electrónica de combustible (inyectores y bomba de gasolina).
- El sistema de enfriamiento (Electro-ventilador).
- El sistema de aire acondicionado (compresor y electro ventilador de condensador).
- Entre otros.

Con este equipo se facilitará el diagnóstico de los sistemas auxiliares del motor y brindar diagnósticos más eficientes, en ambientes dinámicos de aprendizaje y de trabajo, tanto en módulos didácticos de motores a gasolina como en vehículos particulares. Según el estudio teórico-práctico las pruebas eléctricas de diagnóstico a realizar pueden variar dependiendo la accesibilidad de los componentes, la marca, año y modelo del vehículo.

Actualmente este tipo de aplicación no se encuentra en el mercado, por lo que su carencia en el sector automotriz propicia que este trabajo de investigación sea innovador y de alta aplicación. Busca hacer accesible dicha tecnología a un menor costo, con ambientes flexibles para su aplicación. Además durante la prueba, el equipo cuenta con dispositivos de seguridad para evitar daños, tanto al circuito electrónico de control y accesorios de prueba portátiles, como a elementos auxiliares y personas circundantes por riesgo de descargas eléctricas.

Se justifica la necesidad de esta investigación al tomar en cuentas los siguientes factores:

Educativo: los estudiantes de las carreras de Técnico en Ingeniería Automotriz, Técnico en Mecatrónica y afines aplicarán sus conocimientos en pruebas a sistemas auxiliares del motor y reforzando áreas de electrónica y mecánica automotriz. Se podrán desarrollar prácticas de electrónica en los sistemas del vehículo en general. La tendencia del uso y aplicación de la misma vuelve necesaria la comprensión del tema.

Social: debido a la flexibilidad del equipo, podría ser utilizado en aplicaciones diarias en talleres automotrices para generar ingresos más rápidos por diagnósticos efectivos de los equipos y sistemas auxiliares del motor, etc.

Empresarial: El diseño de equipos para pruebas de equipos auxiliares de automóviles es un rubro explotado en el mundo, las empresas nacionales automotrices pueden desarrollar esta tecnología y exportarla al mundo, generando empleos y exportación a nivel local, regional y mundial.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un equipo auxiliar multifuncional para realizar diagnóstico de pruebas de sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil, que permita realizar diferentes pruebas de manera autónoma por parte del técnico automotriz.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar y construir la estructura física del equipo auxiliar multifuncional, que cumpla con las exigencias de portabilidad y ergonomía del trabajo a realizar en el automóvil.
2. Realizar un estudio teórico-práctico de las pruebas de diagnóstico más comunes en el motor de combustión, realizadas con la ayuda de un colaborador, que permita cambiar dicha situación, considerando los diferentes factores del entorno automotriz.
3. Configurar un sistema de aplicación de señales digitales (PWM) de uso automotriz para activación de los actuadores eléctricos y electrónicos a partir de una simulación de señales eléctricas, tomando como referencia la tecnología más común empleada en el motor de combustión interna.

4. HIPÓTESIS

¿El diseño y construcción de un equipo para el diagnóstico de sistemas auxiliares en vehículos automotrices permitirá realizar diferentes pruebas en el motor de combustión interna del automóvil de manera autónoma, sin un colaborador y con la misma eficiencia?

5. MARCO TEÓRICO

5.1. CIRCUITO INTEGRADO 555

La mayor parte de equipos que realizan pruebas a diversos componentes automotrices, utilizan la generación de frecuencia (Hz) y ancho de pulso PWM (Pulse Wide Modulation). Como elemento principal utilizan el circuito **integrado 555** (triple cinco como es conocido) para el funcionamiento del circuito de control respectivamente, la construcción del circuito principal del equipo es de la siguiente manera:

El temporizador IC 555 es un circuito integrado (chip) que se utiliza en la generación de temporizadores, pulsos y oscilaciones. El 555 puede ser utilizado para proporcionar retardos de tiempo, como un oscilador, y como un circuito integrado flip flop. Sus derivados proporcionan hasta cuatro circuitos de sincronización en un solo paquete. [1]

Fue introducido en 1971 por Signetics, el 555 sigue siendo de uso generalizado debido a su facilidad de uso, precio bajo y la estabilidad. Muchas empresas los fabrican en versión de transistores bipolares y también en CMOS (semiconductor complementario de óxido metálico) de baja potencia. A partir de 2003, se estimaba que mil millones de unidades se fabricaban cada año. Este circuito suele ser utilizado para trabajos sencillos como trabajos escolares, debido a su bajo costo y facilidad de trabajar con él.

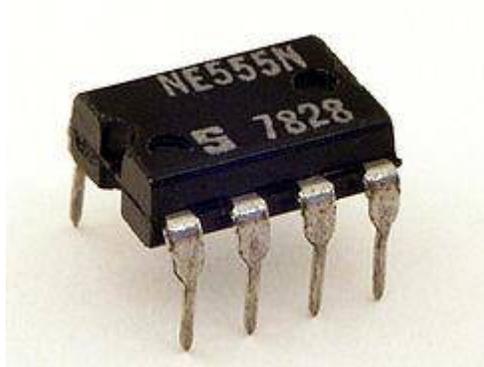


Fig. 2 Circuito Integrado NE555 en un encapsulado del tipo dual in line package.

Descripción de las conexiones.

- GND (normalmente la 1): es el polo negativo de la alimentación, generalmente tierra (masa).
- Disparo (normalmente la 2): Es donde se establece el inicio del tiempo de retardo si el 555 es configurado como monoestable. Este proceso de disparo ocurre cuando esta patilla tiene menos de $1/3$ del voltaje de alimentación. Este pulso debe ser de corta duración, pues si se mantiene bajo por mucho tiempo la salida se quedará en alto hasta que la entrada de disparo pase a alto otra vez.
- Salida (normalmente la 3): Aquí veremos el resultado de la operación del temporizador, ya sea que esté conectado como monoestable, estable u otro. Cuando la salida es alta, el voltaje será el voltaje de alimentación (V_{cc}) menos 1.7 V. Esta salida se puede obligar a estar en casi 0 voltios con la ayuda de la patilla de reinicio (normalmente la 4).
- Reinicio (normalmente la 4): Si se pone a un nivel por debajo de 0.7 Voltios, pone la patilla de salida a nivel bajo. Si por algún motivo esta patilla no se utiliza hay que conectarla a alimentación para evitar que el temporizador se reinicie.
- Control de voltaje (normalmente la 5): Cuando el temporizador se utiliza en el modo de controlador de voltaje, el voltaje en esta patilla puede variar casi desde V_{cc} (en la práctica como $V_{cc} - 1.7 V$) hasta casi 0 V (aprox. 2 V menos). Así es posible modificar los tiempos. Puede también configurarse para, por ejemplo, generar pulsos en rampa.
- Umbral (normalmente la 6): Es una entrada a un comparador interno que se utiliza para poner la salida a nivel bajo.
- Descarga (normalmente la 7): Utilizado para descargar con efectividad el condensador externo utilizado por el temporizador para su funcionamiento.
- Voltaje de alimentación (VCC) (normalmente la 8): es el terminal donde se conecta el voltaje de alimentación que va de 4.5 V hasta 16 V.

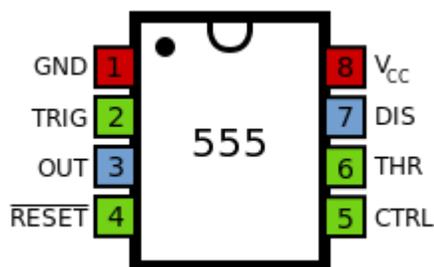


Fig. 3 Pines del integrado 555.

Modos de operación.

Multivibrador astable.

Este tipo de funcionamiento se caracteriza por una salida continua de forma de onda cuadrada (o rectangular), con una frecuencia específica. El resistor R1 está conectado a la tensión designada como VCC y al pin de descarga (pin 7); el resistor R2 se encuentra conectado entre el pin de descarga (pin 7), el pin de disparo (pin 2); el pin 6 y el pin 2 comparten el mismo nodo. Asimismo, el condensador se carga a través de R1 y R2, y se descarga solo a través de R2. La señal de salida tiene un nivel alto por un tiempo t_1 y un nivel bajo por un tiempo t_2 , esto debido a que el pin 7 presenta una baja impedancia a GND durante los pulsos bajos del ciclo de trabajo. Un multivibrador astable no tiene estado estable y varía, por tanto, una y otra vez entre dos estados inestables, sin utilizar un circuito de disparo externo.

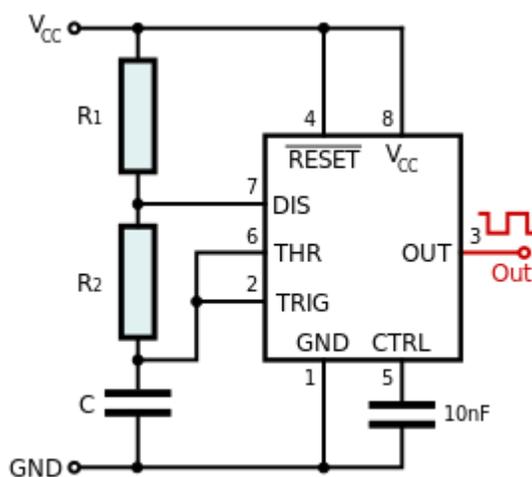


Fig. 4 Esquema de la aplicación de multivibrador astable del 555.

El ciclo de trabajo presenta los estados alto y bajo, la duración de los tiempos en cada uno de los estados depende de los valores de R1, R2 (expresados en ohmios) y C (en faradios), con base en las fórmulas siguientes:

$$\begin{cases} t_{ALTO} = \ln(2) * (R1 + R2) * C \\ t_{BAJO} = \ln(2) * R2 * C \end{cases}$$

La frecuencia de oscilación (f) está dada por la fórmula:

$$f \approx \frac{1}{\ln(2) \cdot C \cdot (R1 + 2 \cdot R2)}$$

el período está dado por:

$$T = \frac{1}{f}$$

Hay que recordar que el período es el tiempo que dura la señal hasta que ésta se vuelve a repetir, es la suma del tiempo alto y el tiempo bajo ($T_a + T_b$).

El ciclo de trabajo es :

$$D = \frac{T_a}{T}$$

Para realizar un ciclo de trabajo igual al 50% se necesita colocar el resistor R1 entre la fuente de alimentación y la patilla 7; desde la patilla 7 hacia el condensador se coloca un diodo con el cátodo apuntando hacia el condensador, después de esto se coloca un diodo con el ánodo del lado del condensador seguido del resistor R2 y este en paralelo con el primer diodo, además de esto los valores de los resistores R1 y R2 tienen que ser de la misma magnitud.

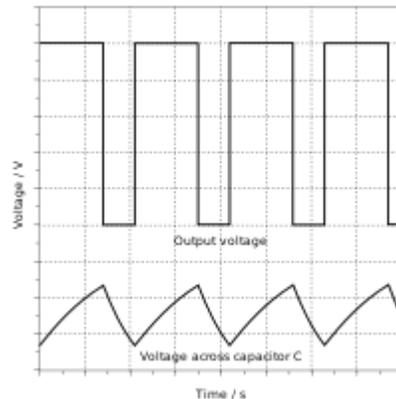


Fig. 5 Señal de salida en modo astable, vista en osciloscopio.

Multivibrador monoestable

En este caso el circuito entrega un solo pulso de un ancho establecido por el diseñador. La fórmula para calcular el tiempo de duración (tiempo en el que la salida está en nivel alto) es:

$$T = \ln(3) * R * C$$

En este caso, es necesario que la señal de disparo sea de nivel bajo y de muy corta duración para iniciar la señal de salida.

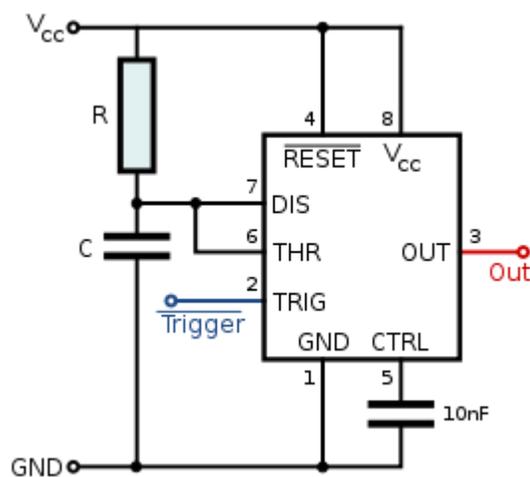


Fig. 6 Esquema de la aplicación de multivibrador monoestable del 555.

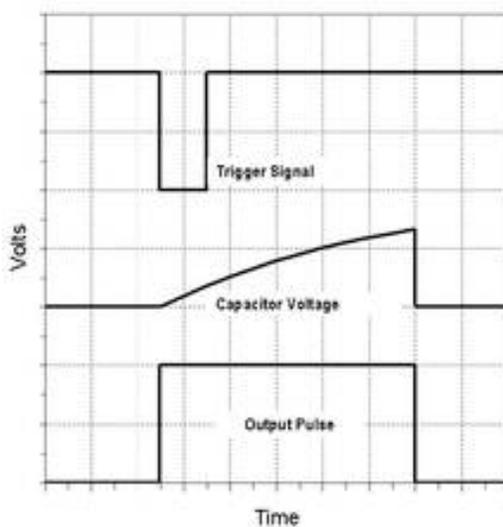


Fig. 7 Señal de salida en modo monoestable, vista en osciloscopio.

Especificaciones.

Estas especificaciones aplican solo al NE555, en otras versiones pueden variar dependiendo del fabricante o ámbito en que se utilice.

Voltaje de entrada (V_{CC})	4.5 a 15 V
Corriente de entrada ($V_{CC} = +5$ V)	3 a 6 mA
Corriente de entrada ($V_{CC} = +15$ V)	10 a 15 mA
Corriente de salida (maximum)	500 mA
Máxima disipación de potencia	600 mW
Consumo de potencia (minimum operating)	30 mW@5V, 225 mW@15V
Temperatura de operación	0°C hasta 70 °C

Tabla 1. Especificaciones del integrado 555.

5.2. EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE

Los sistemas de inyección electrónica de combustible tienen una Unidad de Control Electrónico (ECU), la cual es una computadora. Los sistemas EFI (Electronic Fuel Injection) combinan el tremendo poder de una computadora con las ventajas mecánicas de un sistema de inyección. Este sistema ha venido evolucionando a lo largo de los últimos años, siendo el control electrónico la forma más eficiente para la disminución de las emisiones de gases como resultado de la combustión. En nuestro país el parque vehicular de la categoría liviano, aún incluye muchos vehículos con carburador. Sin embargo, la tendencia es a la disminución y casi desaparición dentro de algunos años, ya que el desarrollo de nuevas tecnologías permite en los sistemas auxiliares del motor de combustión mejorar su rendimiento y capacidad de trabajo en diferentes condiciones de exigencias. [2]

Para el caso, la inyección de combustible directa o indirecta en la cámara de combustión del motor de cuatro tiempos se vuelve un trabajo fundamental y uno de los principales actuadores del sistema es **el inyector de gasolina**.

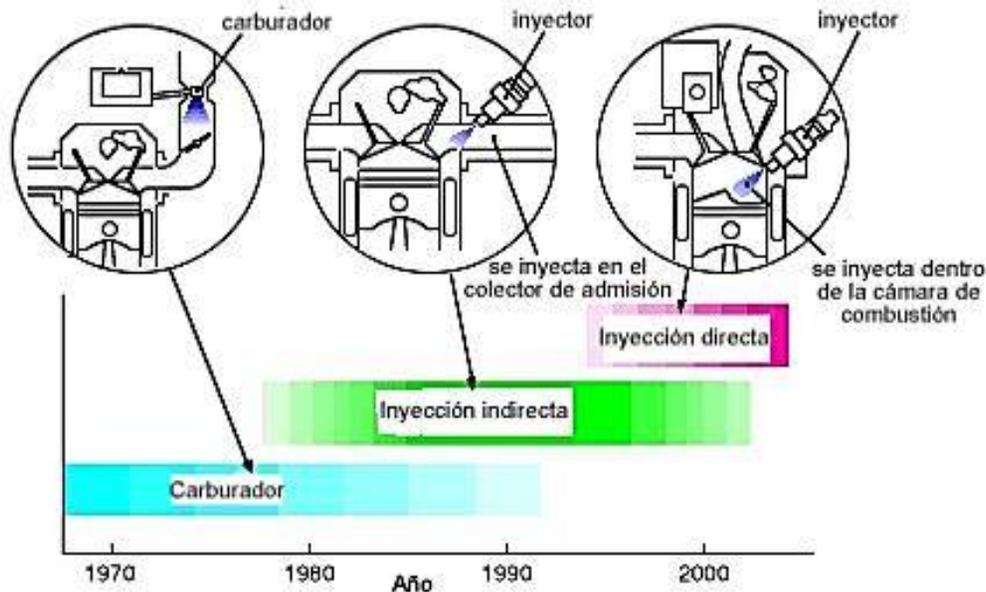


Fig. 9 Evolución del sistema de alimentación de combustible.

Función.

El sistema de alimentación de combustible suministra bajo presión el caudal de combustible necesario para el motor, en cada condición de funcionamiento, ya sea en marcha mínima como en aceleración.

A lo largo de los años, ha evolucionado en avances tecnológicos, que convirtieron el sistema convencional de alimentación de combustible (carburador) hasta los sistemas electrónicos más complejos que hoy en día conocemos, como lo es el sistema de inyección directa de gasolina GDI (Gasoline Direct Injection). Esto permitió una reducción drástica en el consumo de combustible de igual manera de las emisiones de gases, como resultado un aprovechamiento del rendimiento del motor.

Clasificación.

Los sistemas de alimentación de combustible en los sistemas de inyección electrónica se pueden clasificar en Multipunto y Mono punto de acuerdo a la presión de trabajo del sistema:

- A) Sistema de baja y media presión 30-40 psi. (TBI, Throttle body Injection).
- B) Sistema de media presión 40-50 psi. (MPFI, Multi Port Fuel Injection).
- C) Sistemas de Alta presión 150 psi. (GDI, Gasoline Direct Injection).

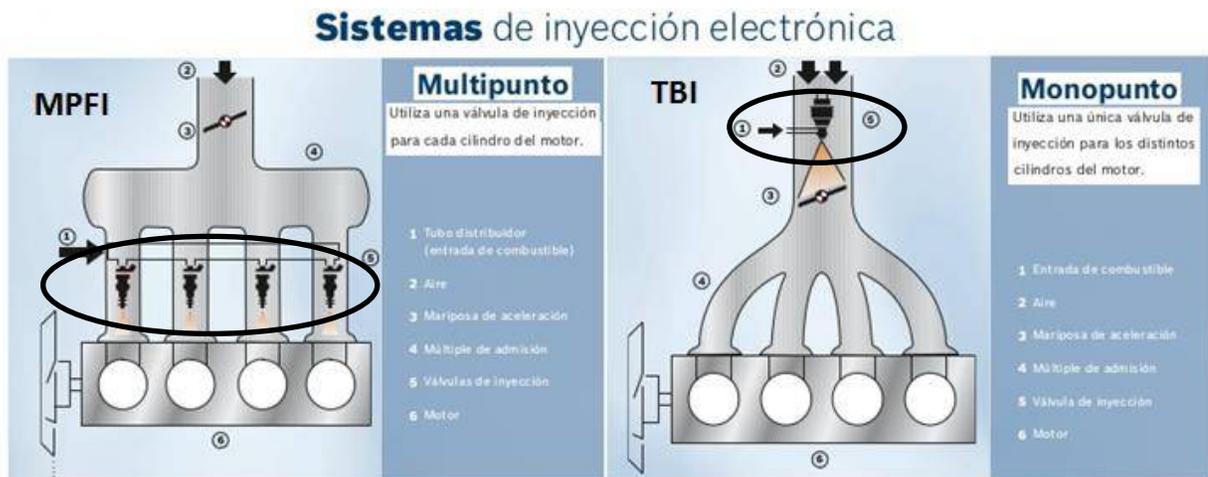


Fig. 10 Sistema multipunto y Mono punto.

El inyector de combustible gasolina, como actuador principal.

El inyector es un electro válvula muy precisa, su bobina de accionamiento tiene un extremo conectado a la tensión de batería y su otro extremo está conectado a un pin del Módulo de Control Electrónico (ECU). A través de dicho pin, la ECU pone a masa el extremo de la bobina conectado al mismo produciendo así circulación de corriente por la bobina y generando un campo magnético que atrae al núcleo. Cuando el núcleo es atraído, la aguja se retira de su asiento permitiendo el paso de combustible. El tiempo de activación medido en ms (mili-segundos) durante el cual la ECU mantiene a masa el extremo de la bobina del inyector (tiempo de accionamiento del electro válvula) es denominado: Ancho del pulso. PWM.



Fig. 11 Estructura física y esquema interno del inyector de gasolina.

La modulación de ancho de pulso PWM (pulse width module) es la señal de voltaje digital medida en porcentaje % original de los transistores NPN de salida de la PCM, para encender ON y apagar OFF un actuador o solenoide. Los tiempos de encendido o de apagado pueden ser variables, lo que hace al tiempo total de un ciclo también variable. Es usado por la ECU en los inyectores.

Este control por ancho de pulso, determina la cantidad de volumen de combustible (cm³) a entregar en las diferentes condiciones de funcionamiento del motor por parte del inyector, siempre y cuando la presión de gasolina generada por la bomba eléctrica de combustible, sea constante (40-45 PSI) el resultado será el óptimo para los requerimientos y exigencias del motor.

Un ejemplo es un inyector TBI pulsando gasolina a 2.5% en el múltiple de admisión con las válvulas de admisión cerradas en:

% PWM ON = 4 ms

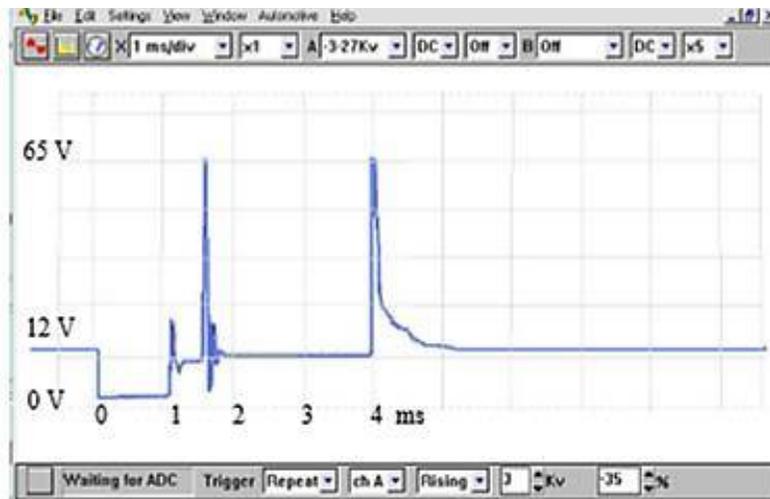


Fig. 12 patrones de onda de inyector tipo **TBI**.

% PWM ON = 2 ms

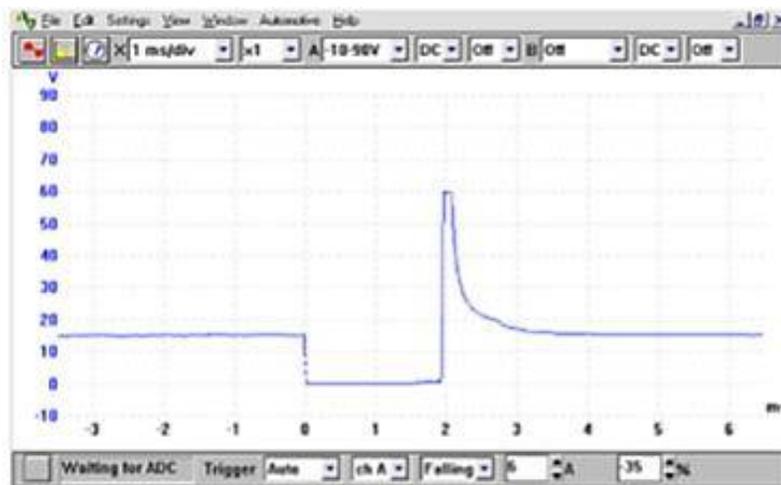


Fig. 13 patrones de onda de inyector **MPFI**.

El sistema de encendido.

Es el sistema que emplea los principios de campo magnético y de transformador. Este sistema es el encargado de quemar la mezcla de aire: gasolina en la cámara de combustión del motor.

El pistón se mueve por la combustión de la mezcla quemada en el cilindro, los gases aumentan el volumen y la presión que fuerzan el pistón en sentido de giro en el cigüeñal, el movimiento esta sincronizado, así que la mezcla que se enciende con una chispa eléctrica entre dos electrodos de una bujía, debe avanzar con el aumento de las RPM del motor.

El ciclo de trabajo de un motor de combustión interna de 4 tiempos (ciclo de Otto.), es conocido de esta manera por las 4 carreras realizadas en 2 giros completos del cigüeñal (760°) estas carreras son:

1. Admisión.
2. Compresión.
3. Fuerza (Expansión).
4. Escape.

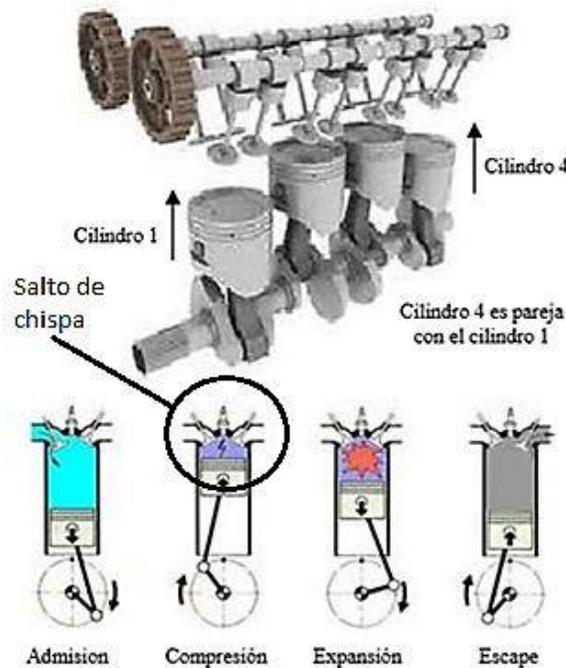


Fig. 14 Ciclo de combustión de un motor de cuatro tiempos.

Cuando las RPM del pistón son más rápidas y permanece menos tiempo en PMS (punto muerto superior), el pistón puede retardarse con respecto a ese punto, para avanzar el salto de chispa, debe haber mecanismos que sincronice y avance el encendido con el aumento de las RPM del motor antes de que el pistón llegue al PMS.

El sistema de encendido con el mecanismo antiguo usa las siguientes partes:

- En el circuito primario, la batería, el switch, la bobina, el distribuidor con el ruptor o el platino (módulo de encendido electrónico), el condensador y la resistencia de balastro.

- En el circuito secundario, la bobina, el distribuidor con el rotor y la tapa, los cables de alta, las bujías, el avance centrífugo y el avance de vacío.

La bobina de encendido es un dispositivo transformador de energía que, con un voltaje de batería, induce alto KV en las bujías, con una bobina primaria de 300 espiras arrolladas en un núcleo de hierro, al alrededor otra bobina secundaria en circuito paralelo de 15.000 espiras o más. Con el motor en marcha, el circuito primario en la bobina tiene 13.8-14.5 voltios y 10 amperios, un campo magnético sobre el núcleo de hierro conmutado induce 24 KV y 1 amperios en la bobina secundaria.



Fig. 15. Tipos de bobinas de encendido, convencional y electrónica.

Cuando se interrumpe el voltaje de alimentación en el circuito primario por acción de un módulo electrónico, se colapsa el campo magnético en la bobina primaria y se induce Kilo voltaje en la bobina secundaria, es producto del aumento de relación de número de espiras de la bobina primaria respecto a la bobina secundaria. Con el diseño del platino nació el término de tiempo o ángulo de reposo Dwell o tiempo de saturación del circuito primario. [3]

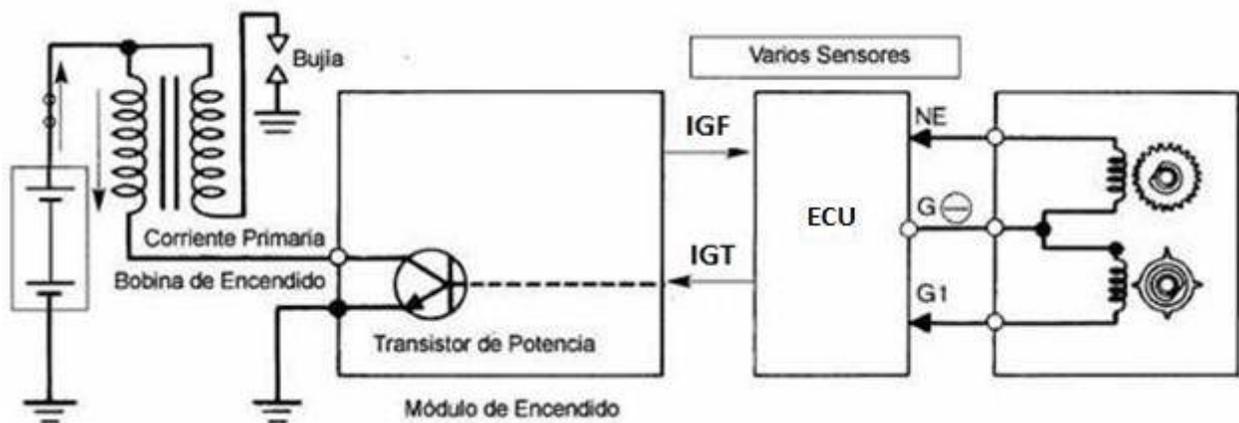


Fig. 16. Control de la ECU para la activación de la bobina de encendido.

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El siguiente apartado, contiene evidencias de los trabajos y actividades desarrolladas durante el año 2019, a partir de marzo se describen las actividades realizadas, haciendo énfasis en puntos críticos, logros obtenidos y atrasos encontrados durante el proceso de desarrollo y ejecución de la fase de diseño y elaboración del **Equipo auxiliar multifuncional para pruebas de sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil**.

Para guiar todo el proceso de ejecución del proyecto, se diseñó una matriz metodológica para la obtención de resultados, en base a la hipótesis y objetivos planteados. Además del registro de actividades mensuales de acuerdo a un cronograma de actividades de los participantes del proyecto.

Las actividades realizadas, muestran avances significativos dentro de la ejecución del proyecto y retrocesos que pausaban el desarrollo óptimo de la investigación.

Dentro de la investigación y procesos realizados a los sistemas auxiliares del motor, se encontraron una serie de inconvenientes con respecto a algunos componentes críticos a prueba, por ejemplo:

- ✓ El difícil acceso al conector del motor de arranque, encargado de dar los giros iniciales del motor de combustión, dependiendo la marca, modelo y año del automóvil.
- ✓ Los diferentes conectores eléctricos de las bobinas de encendido, controladas electrónicamente, elementos responsables de generar la chispa para la combustión.
- ✓ La ubicación estratégica de la bomba eléctrica de gasolina dentro del tanque de combustible. Esto con el fin de evitar riesgos por la exposición al calor, entre más cercana este al compartimiento del motor.
- ✓ El número de inyectores de gasolina (actuador encargado de dosificar la entrega de combustible para cada cilindro) designados para cada motor, ya que por disposición de cilindros el motor puede ser lineal de 4 cilindros o motor en V de 6 y 8 cilindros.

A fin de superar los inconvenientes, se analizaron y aplicaron las estrategias necesarias dentro del proceso de ejecución y registrar satisfactoriamente el suceso.

En las pruebas realizadas, se fueron tomando en cuenta las consideraciones necesarias, para la realización de cada una de ellas, en un ambiente favorable con el mínimo de riesgos y con la intención de realizar los ajustes y mejoras necesarias al equipo para la obtención óptima de los resultados.

Esto con el fin de obtener un producto final que cumpla con las exigencias de los escenarios propuestos, como también de las pruebas y diagnósticos realizados tanto en diferentes entrenadores didácticos, motores a gasolina en banco y vehículos de entrenamiento con los que cuenta la Escuela de Ingeniería Automotriz.

A continuación, el proceso de ejecución y actividades realizadas.

Tabla 2. Matriz operacional de la metodología

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MATERIALES
<p>Diseñar y construir la estructura física del equipo auxiliar multifuncional, que cumpla con las exigencias de portabilidad manejo y aplicación del trabajo a realizar en el automóvil.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Diseño de prototipo en material flexible. -Adecuar medidas y dimensiones según el modelo más favorable para los componentes. -Colocación de componentes ya sean fijos o móviles en el prototipo. 	<p>-Un prototipo de equipo diseñado en base a medidas previas aproximadas con materiales livianos y debidamente aislados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Pliego de cartón 1 x 2 mts. -Regla tipo escuadra. -Lamina de aluminio 1.5 x 2.5 mts -Remaches. 1x 1/8" -Angulo de aluminio de 1/2" x 1/2"
<p>Realizar un estudio teórico-práctico de las pruebas de diagnóstico más comunes en el motor de combustión, realizadas con la ayuda de un colaborador, que permita cambiar dicha situación, considerando los diferentes factores del entorno automotriz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Realizar diversas pruebas de diagnóstico en modelos utilitarios de vehículos, generando una bitácora de pruebas realizadas según modelo, marca y año. -Realizar pruebas en módulos o motores didácticos a gasolina para la recolección de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Un listado de marcas, modelos y años de vehículos livianos donde puede ser utilizado el equipo. -Además de módulos o entrenadores didácticos de motores gasolina del taller escuela. 	<ul style="list-style-type: none"> -Información técnica del fabricante. -Software Mitchell Ondemand. -Manuales técnicos de servicio automotriz
<p>Configurar un sistema de aplicación de señales digitales (PWM) de uso automotriz para activación de los actuadores eléctricos y electrónicos a partir de una simulación de señales eléctricas, tomando como referencia la tecnología más común empleada en el motor de combustión interna.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Diseño de circuito de control electrónico en programas específicos. -Conexión del circuito en bread-board para pruebas preliminares de funcionamiento. -Monitoreo de comportamiento de circuito visto en osciloscopio. 	<ul style="list-style-type: none"> -Una placa con un circuito electrónico de control elaborado según los requerimientos necesarios de construcción con el integrado triple 5. -Un Arduino Uno programado para realizar funciones de frecuencia y de % Duty. 	<ul style="list-style-type: none"> -Bread-board. Integrados NE555 -Diodos led -Potenciómetros 1-4Kohm -Transistores 2N3055 -Diodos rectificadores, etc.

Actividades realizadas en marzo de 2019, según cronograma y matriz metodológica:

- ✓ Diseño de circuito de control en Software on-line (Easy EDA-Designer).
- ✓ Diseño a escala de prototipo de equipo en cartón.
- ✓ Elaboración de cronograma de actividades para evaluar resultados.
- ✓ Búsqueda de información técnica, específica de los sistemas auxiliares del motor a intervenir.
- ✓ Búsqueda de información sobre programación de Arduino.

Resultados alcanzados a la fecha:

- Prototipo de equipo a escala, para evaluar dimensiones a utilizar (en cartón).
- Circuito de control, elaborado en software PCBWIZARD (on-line).
- Elaboración de prototipo en lámina de aluminio según posibles dimensiones del equipo.
- Cotizaciones de algunos elementos a utilizar en circuito de control.



Diseño a escala del prototipo de equipo.



Proceso de trazo en lámina de aluminio (reciclado)



Proceso de corte y doblado de lámina.



Prototipo según dimensiones consideradas para proyecto.

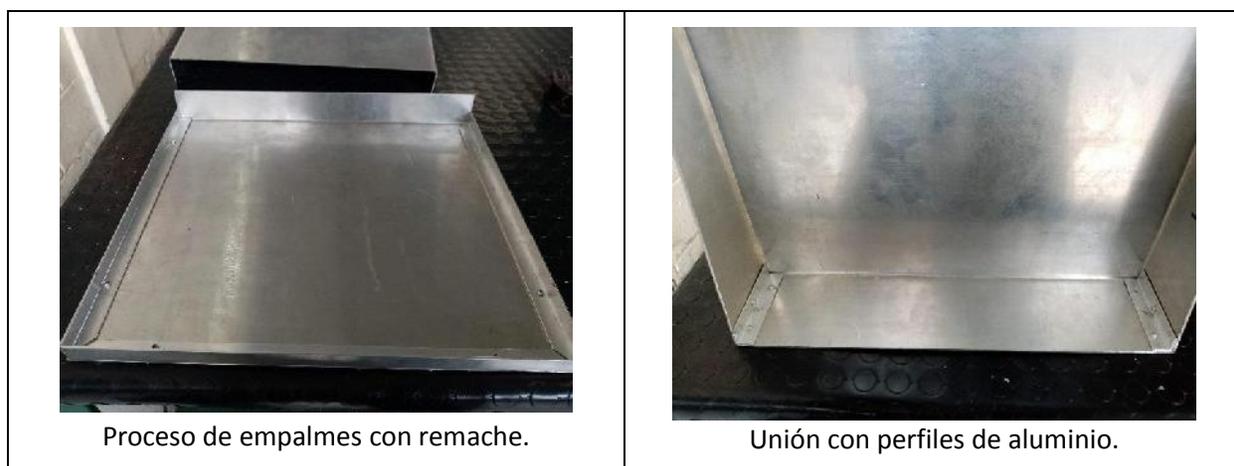


Fig. 17. Fotografías de evidencias de trabajo realizado.

Actividades realizadas en mayo de 2019, según cronograma y matriz metodológica:

- ✓ Búsqueda de información técnica, específica de los sistemas auxiliares del motor a intervenir.
- ✓ Búsqueda de información sobre programación de Arduino.
- ✓ Proceso de cotizaciones de compras con proveedores de partes eléctricas y electrónicas.
- ✓ Visita técnica a Itca sede Santa Ana, para evaluación de equipo de circuitos impresos.
- ✓ Evaluación de software de diseño de circuitos para impresión.

Resultados alcanzados a la fecha:

- Circuito de control (prototipo), elaborado en software PCBWIZARD (on-line).
- Prototipo en lámina de aluminio según posibles dimensiones del equipo.
- Cotizaciones de elementos a utilizar en proyecto en departamento encargado.
- Programación de ayuda con ingenieros de Santa Ana para impresión de circuito de control, para segunda semana de julio 2019. (Fechas tentativas).



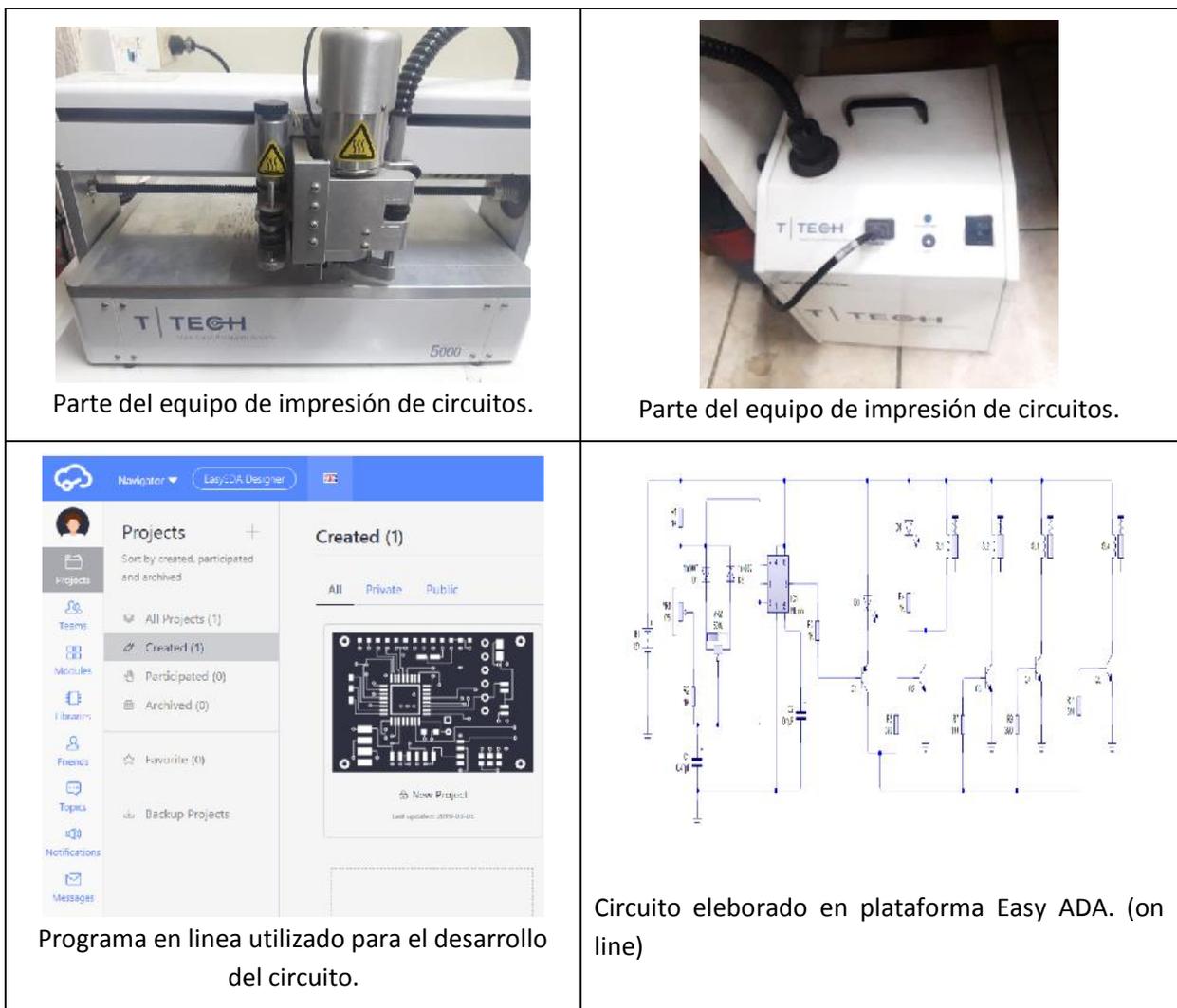


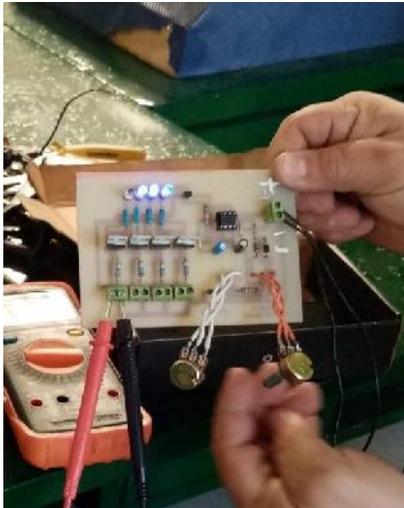
Fig. 18. Fotografías de evidencias de trabajo realizado.

Actividades realizadas en junio de 2019, según cronograma y matriz metodológica:

- ✓ Selección específica de los sistemas auxiliares del motor a intervenir.
- ✓ Búsqueda de información sobre programación de Arduino.
- ✓ Proceso de compras con proveedores de partes eléctricas y electrónicas.
- ✓ Elaboración de prototipo de circuito de control.
- ✓ Evaluación de software de diseño de circuitos para impresión.

Resultados alcanzados la fecha:

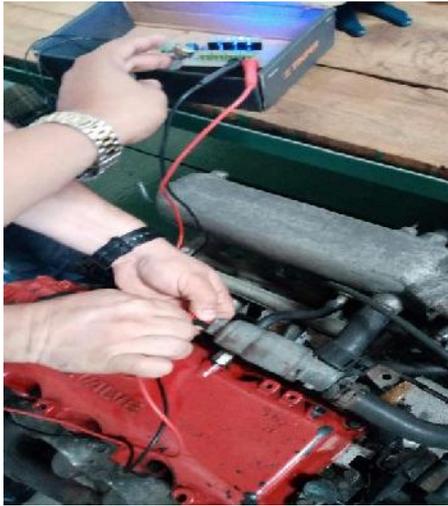
- Circuito de control (prototipo), elaborado en software PCBWIZARD (on-line).
- Prototipo en lámina de aluminio según posibles dimensiones del equipo.
- Adquisición de elementos a utilizar en proyecto en departamento encargado.
- Pruebas de algunos componentes de sistemas auxiliares del MCI.



Ciruito de pruebas preliminares



Prueba de inyectores gasolina



Prueba de valvulas de control de marcha minima (IAC)



Prueba de bobinas de encendido convencional



Medicion de frecuencia Hz



Medicion de % Duty.

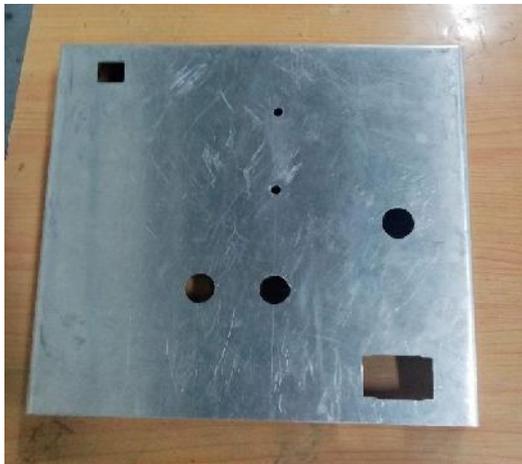
Fig. 19. Fotografías de evidencias de trabajo realizado.

Actividades realizadas en julio de 2019, según cronograma y matriz metodológica:

- ✓ Preparación de equipo para pruebas preliminares.
- ✓ Pruebas de programación de Arduino.
- ✓ Selección de partes eléctricas y electrónicas idóneas para pruebas preliminares.
- ✓ Perforación de espacios para instalación de componentes en equipo.
- ✓ Obtención de datos preliminares del circuito de control.

Resultados alcanzados a la fecha:

- Circuito de control (prototipo), elaborado en software PCB-WIZARD (on-line).
- Armado de la carcasa del equipo según dimensiones establecidas.
- Instalación de componentes eléctricos y electrónicos en equipo.
- Pruebas preliminares básicas y complejas de componentes de sistemas auxiliares del MCI.



Perforación de lamina para ubicar componentes



Ubicación preliminar de componentes



Instalación de accesorios y elementos eléctricos.



Perforación de agujeros para borneras.



Fig. 20. Fotografías de evidencias de trabajo realizado.

Actividades realizadas en agosto de 2019, según cronograma y matriz metodológica:

- ✓ Pruebas preliminares de sistemas auxiliares del motor de combustión.
- ✓ Programación de Arduino.
- ✓ Selección de partes eléctricas y electrónicas idóneas para pruebas preliminares.
- ✓ Armado de circuito de control electrónico y principal.
- ✓ Obtención de datos preliminares del circuito de control.

Resultados alcanzados a la fecha:

- Circuito de control electrónico. (a prueba).
- Armado del equipo según dimensiones establecidas.
- Instalación de componentes y accesorios eléctricos y electrónicos en equipo.
- Armado de circuito eléctrico principal.
- Pruebas preliminares básicas y complejas de componentes de sistemas auxiliares del MCI.
- Análisis de resultados de pruebas preliminares para mejoras en características de operación.

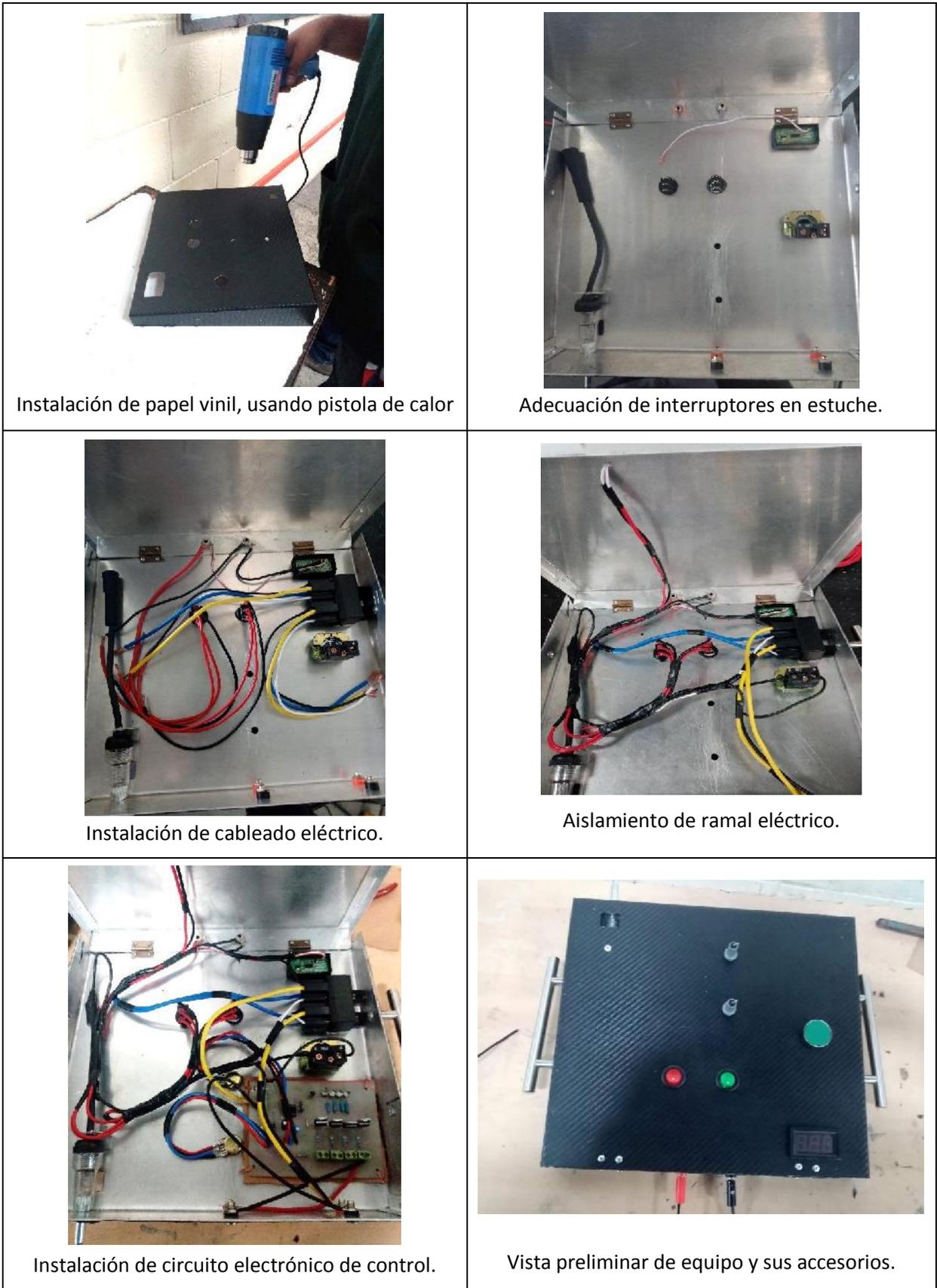


Fig. 21. Fotografías de evidencias de trabajo realizado

Actividades realizadas en septiembre de 2019, según cronograma y matriz metodológica:

- ✓ Pruebas preliminares de sistemas auxiliares del motor de combustión.
- ✓ Programación de Arduino.
- ✓ Selección de partes eléctricas y electrónicas idóneas para pruebas preliminares.
- ✓ Armado de circuito de control electrónico y principal.
- ✓ Obtención de datos preliminares del circuito de control.

Resultados alcanzados a la fecha:

- Circuito de control electrónico. (a prueba).
- Armado del equipo según dimensiones establecidas.
- Instalación de componentes y accesorios eléctricos y electrónicos en equipo.
- Armado de circuito eléctrico principal.
- Pruebas preliminares básicas y complejas de componentes de sistemas auxiliares del MCI.
- Análisis de resultados de pruebas preliminares para mejoras en características de operación.



Prueba de salto de chispa.



Prueba de sistema de carga.



Pruebas de funcionamiento en vehículo Kia Rio 2001.



Prueba preliminar del sistema de luces bajas y altas.

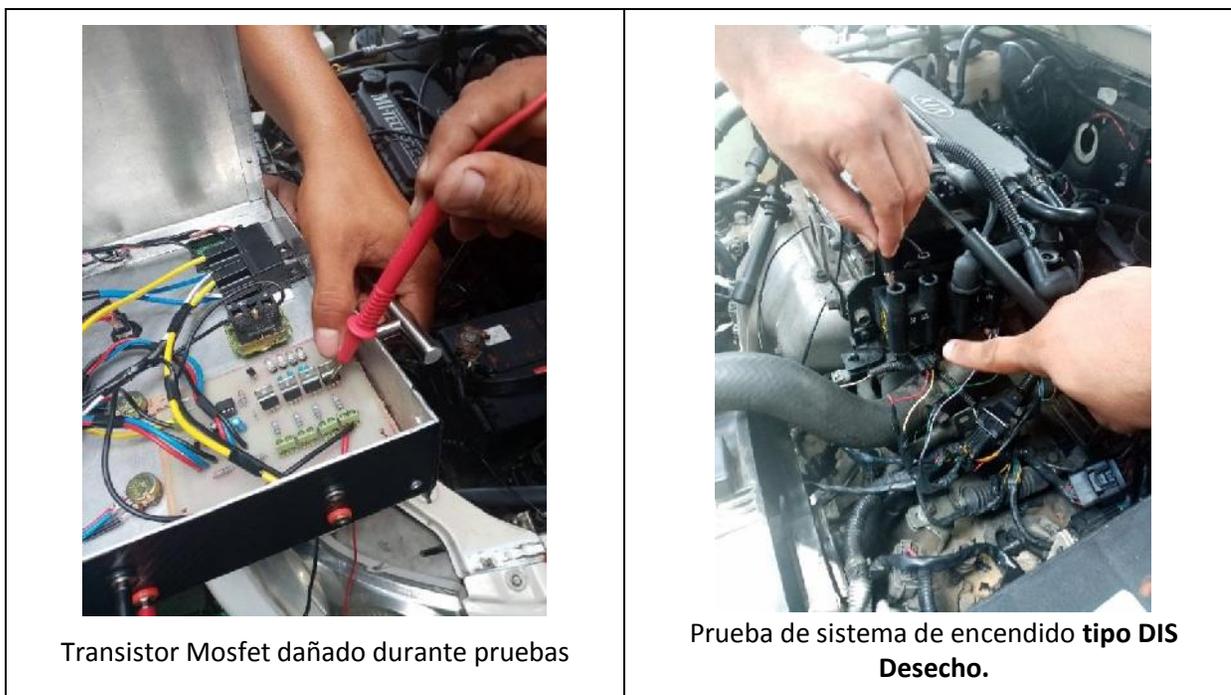


Fig. 22. Fotografías de evidencias de trabajo realizado.

Actividades realizadas octubre de 2019, según cronograma y matriz metodológica:

- ✓ Pruebas preliminares de sistemas auxiliares del motor de combustión.
- ✓ Instalación de Display electrónico de amperaje.
- ✓ Modificación de estructura metálica para instalación de componentes.
- ✓ Instalación de lámpara lógica (led Bicolor).
- ✓ Obtención de datos preliminares del circuito de control.

Resultados alcanzados a la fecha:

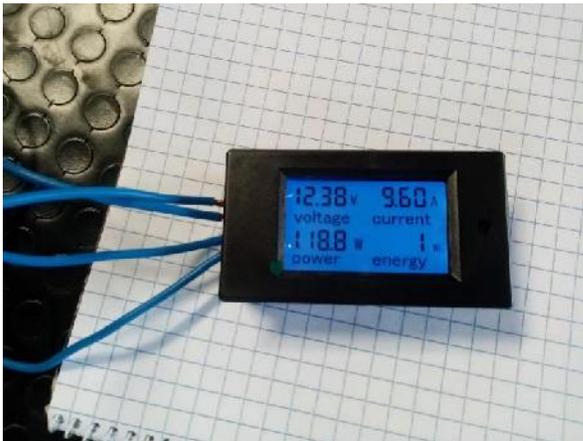
- Circuito de control electrónico mejorado. (Transistor de potencia).
- Display electrónico de consumo de amperaje instalado.
- Instalación de interruptor para voltímetro.
- Pruebas preliminares básicas y complejas de componentes de sistemas auxiliares del MCI.
- Análisis de resultados de pruebas preliminares para mejoras en características de operación.



Modificación de estructura metálica (corte de aluminio)



Instalación de fusible de alto amperaje 100 A



Pruebas de funcionamiento de display electrónico.



Prueba de consumo de amperaje de ventilador 12V

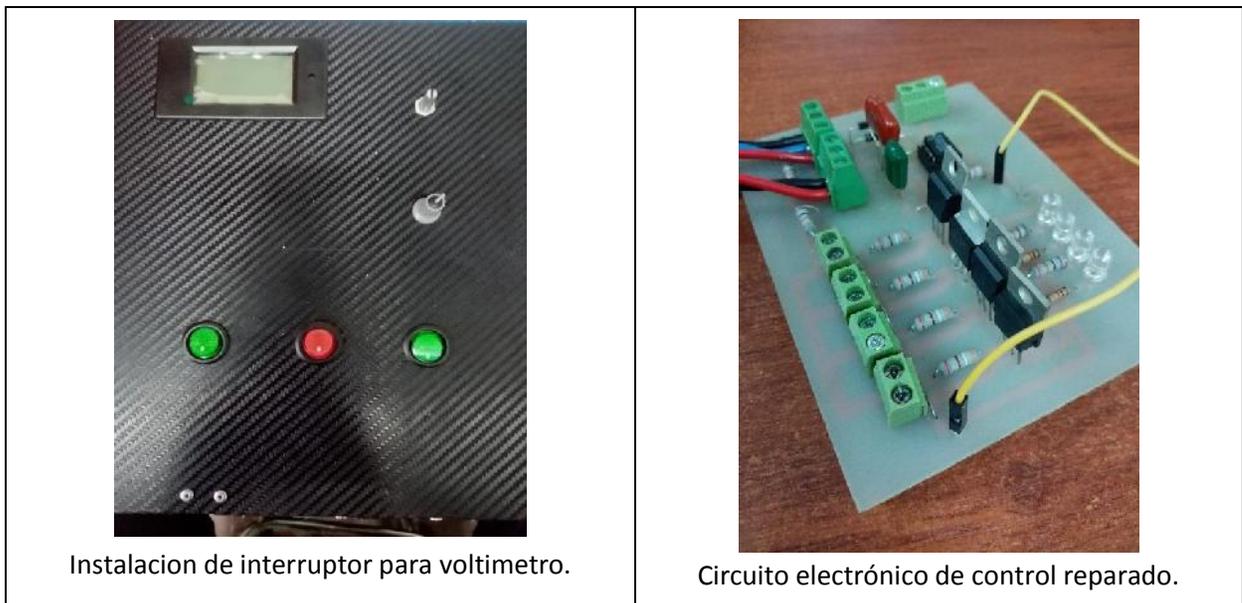


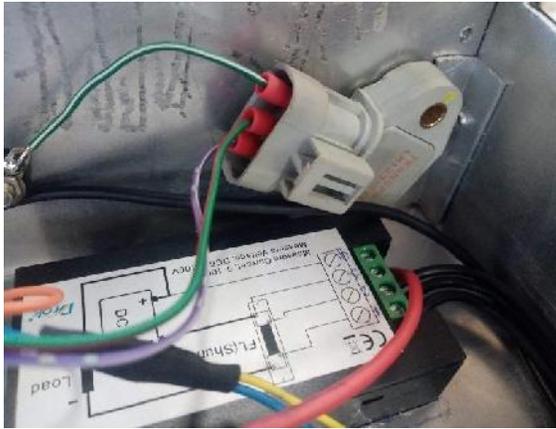
Fig. 23. Fotografías de evidencias de trabajo realizado

Actividades realizadas noviembre de 2019, según cronograma y matriz metodológica:

- ✓ Pruebas básicas de sistemas auxiliares del motor de combustión.
- ✓ Instalación de transistor de potencia.
- ✓ Modificación de base aislante para circuito de control electrónico.
- ✓ Instalación de lámpara led 12 voltios.
- ✓ Obtención de datos del circuito de control.

Resultados alcanzados a la fecha:

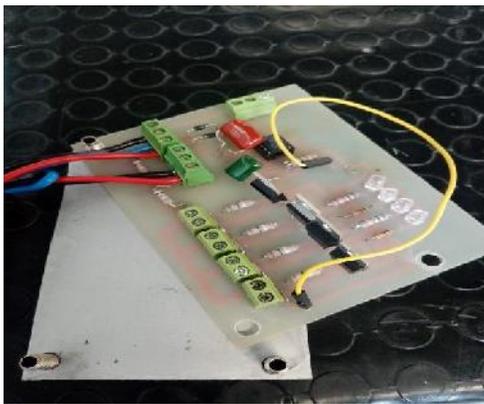
- Circuito de control electrónico en óptimas condiciones.
- Base aislante de circuito de control electrónico.
- Instalación de lámpara led 12 voltios.
- Pruebas básicas y complejas de componentes de sistemas auxiliares del MCI.
- Análisis de resultados de pruebas preliminares para mejoras en características de operación.



Instalacion de transistor de potencia de alto amperaje.



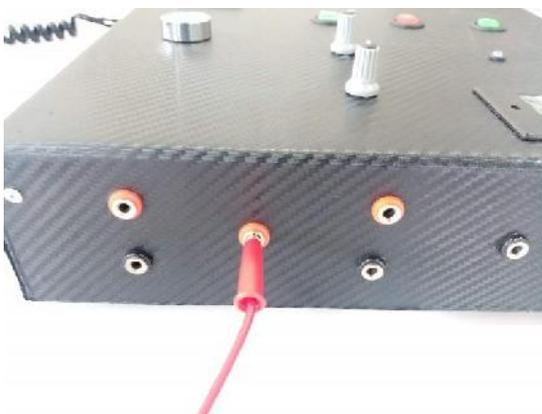
Conexión electrica de fusible de alto amperaje.



Elaboracion de placa o base aislante de circuito de control.



Instalacion de lámpara led 12V



Verificacion de funcionamiento de puntos de prueba.



Prueba de accesorios del equipo.

Fig. 24. Fotografías de evidencias de trabajo realizado

7. RESULTADOS

El diseño de un equipo electrónico constituye una excelente herramienta de apoyo para los técnicos automotrices al realizar pruebas de diagnóstico sin contar con un auxiliar.

El equipo multifuncional para el diagnóstico automotriz, cuenta con características técnicas como las siguientes:

- Conexión eléctrica a 12 voltios DC.
- Generador de frecuencia en el rango de 0 a 60 HZ, para activación eléctrica de inyectores a gasolina.
- Generador de pulsos PWM para activación de bobinas de encendido convencionales y electrónicas.
- Display para medición de voltaje de sistema de carga.
- Amperímetro digital DC 0-50 Amp.
- Iluminación LED del área de trabajo para su aplicación en lugares de poca visibilidad.
- Interruptores y pulsadores para diferentes funciones del equipo.
- No altera el funcionamiento normal de los componentes en prueba.
- La manipulación es amigable con el usuario.
- Elementos de protección tales como fusibles y relevadores.
- Diodos LED indicadores de funcionamiento de acuerdo a la prueba eléctrica de diagnóstico a realizar.
- Bujía de prueba para comprobar de manera segura la existencia de chispa de encendido.
- Accesorios eléctricos para diversas pruebas de diagnóstico.
- Componentes del equipo debidamente rotulados.
- Guía de uso del equipo.
- Materiales de construcción livianos.

Además, por su diseño y construcción presenta las cualidades de portabilidad, manejo, versatilidad y confiabilidad.



Fig. 25 Equipo multifuncional.

Estrategia de aplicación

Como se indicó anteriormente, los equipos de diagnóstico eléctrico existentes en el mercado automotriz, realizan pruebas muy efectivas para el área a la cual fue destinado, pero no pueden realizar otro tipo de pruebas. Es necesario poseer diversos equipos de prueba y diagnóstico para suplir la demanda de componentes en el vehículo. La Escuela de Ingeniería Automotriz busca solventar esta problemática incorporando en un solo equipo la posibilidad de realizar diversidad pruebas de diagnóstico eléctrico y electrónico, a su vez buscar la mejora continua en el proceso de enseñanza aprendizaje que se implementa en nuestras clases prácticas en el taller-escuela.

Se desarrolló un estudio teórico- práctico de las tecnologías aplicadas en los sistemas auxiliares del motor de combustión interna del vehículo, para poder utilizar el equipo en la mayor cantidad de marcas y modelos del parque vehicular.

- **Sistema de arranque.**

Con la ayuda del equipo, se interviene directamente el circuito del motor de arranque, esto con el fin de activar en el momento y tiempo que sea necesario para realizar la prueba, el circuito de arranque comprende todo lo necesario para poder poner en marcha el vehículo, con la generación de electricidad necesaria. [2]

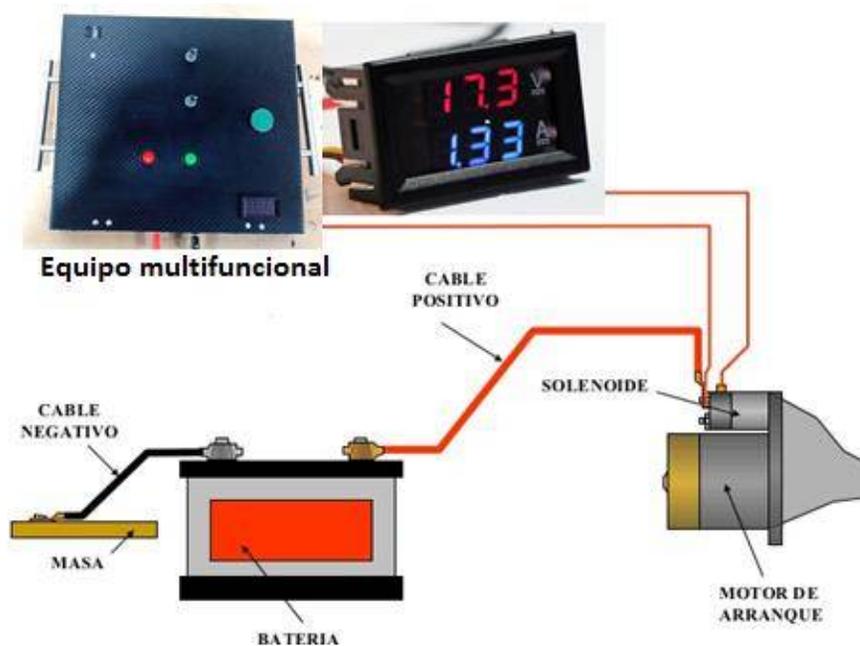


Fig. 26 Circuito funcional de sistema de arranque.

- **Sistema de carga.**

Esta prueba determina el funcionamiento óptimo del sistema, aplicando diferentes cargas eléctricas (luces exteriores, aire acondicionado, etc.) en diferente régimen de funcionamiento de motor, ya sea acelerado o en marcha mínima.

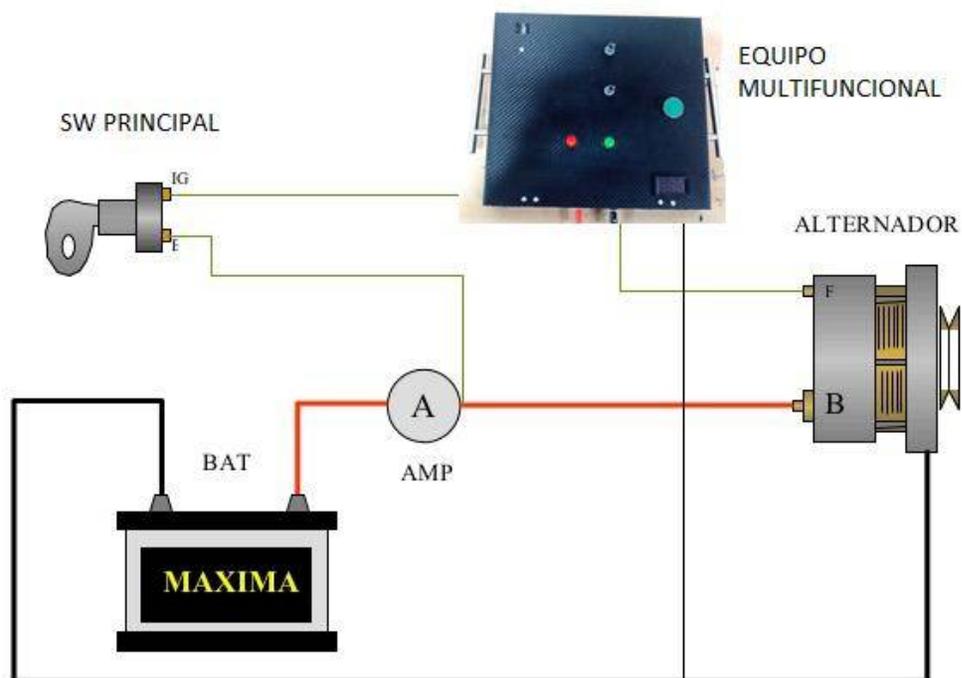


Fig. 27 Circuito funcional del sistema de carga convencional.

- **Sistema de encendido.**

En esta condición, con la ayuda del equipo multifuncional se evalúa el funcionamiento apropiado de la bobina de encendido del tipo convencional y electrónicas, además de poder confirmar de manera segura, la existencia de la chispa de encendido generada por las bobinas hacia las bujías.

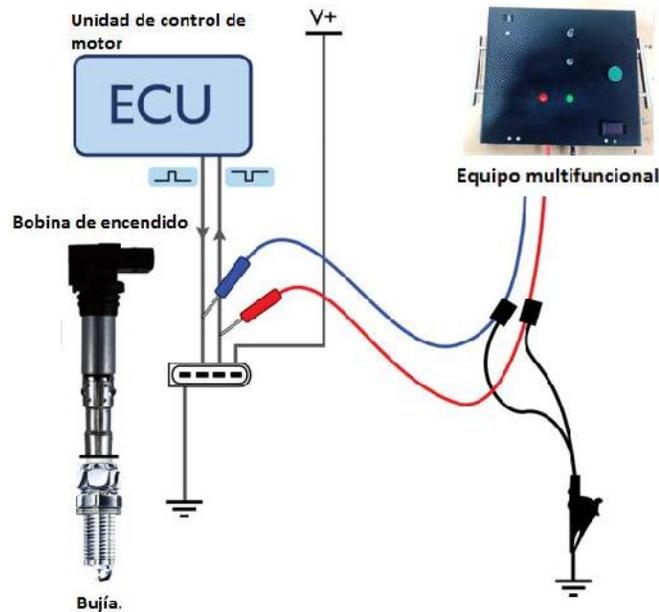


Fig. 28 Circuito de conexión de bobina de encendido electrónica.

- **Sistema de inyección de combustible.**

Es muy frecuente comprobar el funcionamiento de los inyectores a gasolina, activándolos con 12 Voltios de corriente directa, el equipo multifuncional lo hace de forma similar al control que ejerce la ECU.

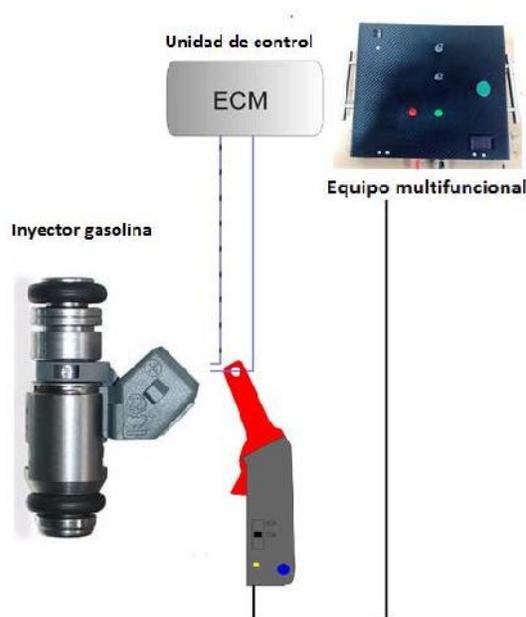


Fig. 29. Esquema de conexión eléctrica del inyector a gasolina.

- **Otras funciones del equipo.**

Una de las ventajas que muestra el equipo, es la diversa aplicación que tiene para activar actuadores o componentes eléctricos a 12 voltios DC. En este caso se pueden hacer pruebas de activación a componentes tales como:

- Compresor de aire acondicionado.
- Ventilador de enfriamiento de motor.
- Bomba eléctrica de combustible a gasolina.
- Blower de aire acondicionado.
- Faros de luces exteriores.
- Relevadores 12 V.
- Motores sube vidrios.
- Entre otros.

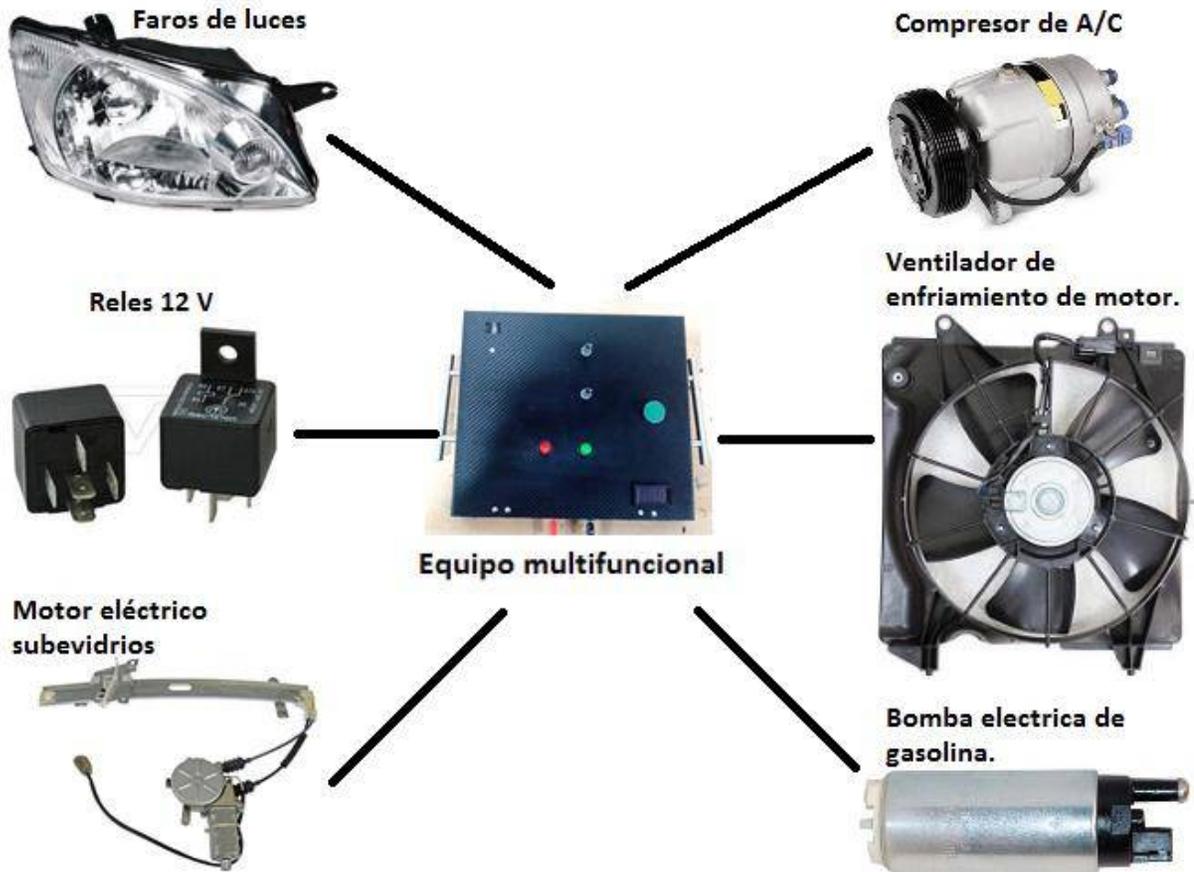


Fig. 30 Diversos componentes para activación eléctrica.

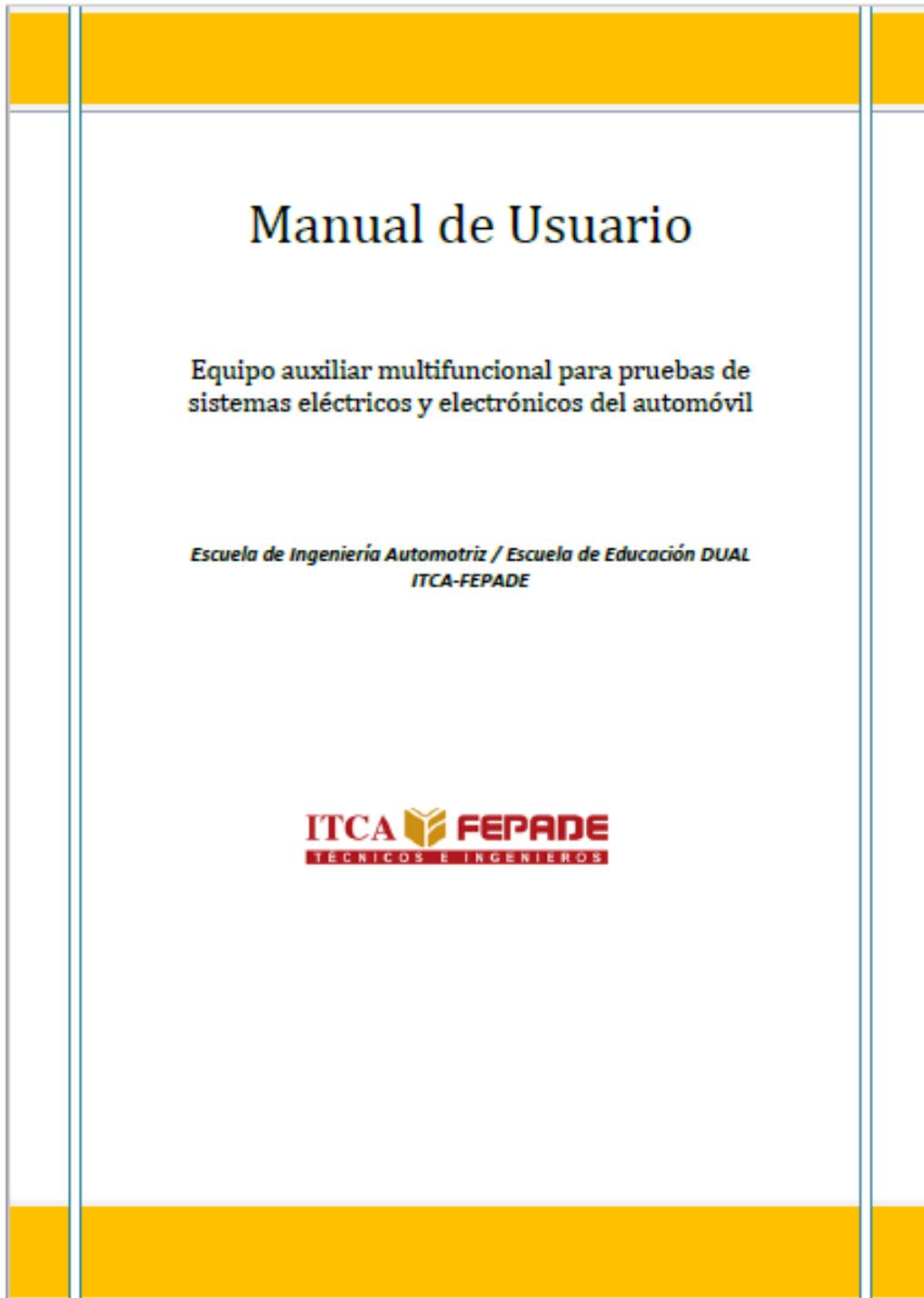


Fig. 22 Portada de manual de usuario.

En la actualidad los diferentes talleres de servicios no cuentan con equipos electrónicos para el diagnóstico del sistema eléctrico y electrónico automotriz, ni mucho menos en las ventas automotrices, no existe un equipo que reúna todas las características para realizar pruebas de diagnósticos a los vehículos.

Por esa razón al no contar con un equipo que permita realizar una serie de comparaciones de funcionamiento y operación y al no existir patentes en la cual basamos o proveedores de equipos eléctricos para el diagnóstico automotriz, lo hacen aún más atractivo la puesta en marcha y desarrollo del mismo.

Con relación a los equipos que se encuentran disponibles, existen equipos que cumplen funciones similares, pero abarcan menos sistemas auxiliares del motor de combustión. Y no realizan diversas funciones en una sola, sino de forma individual.

A continuación, se muestra el equipo multifuncional para prueba de sistemas eléctricos y electrónicos del automóvil.



Este instructivo describe los procesos y pasos que el usuario puede realizar con el equipo multifuncional. Para lograr esto, es necesario que se interpreten todas y cada una de las características que posee el equipo, como así también, la forma adecuada de conexión eléctrica e interpretación de datos visuales en los Display digitales del equipo desarrollado.

La portabilidad y manejo del equipo hace que el técnico Automotriz o el usuario puedan familiarizarse con el uso adecuado del mismo y así lograr un diagnóstico certero de las diferentes fallas que tienen que ver con diferentes dispositivos, que son parte del sistema eléctrico y electrónico del automóvil.

Fig. 23 Presentación del equipo dentro del manual de usuario.

Características de funcionamiento y componentes del equipo.

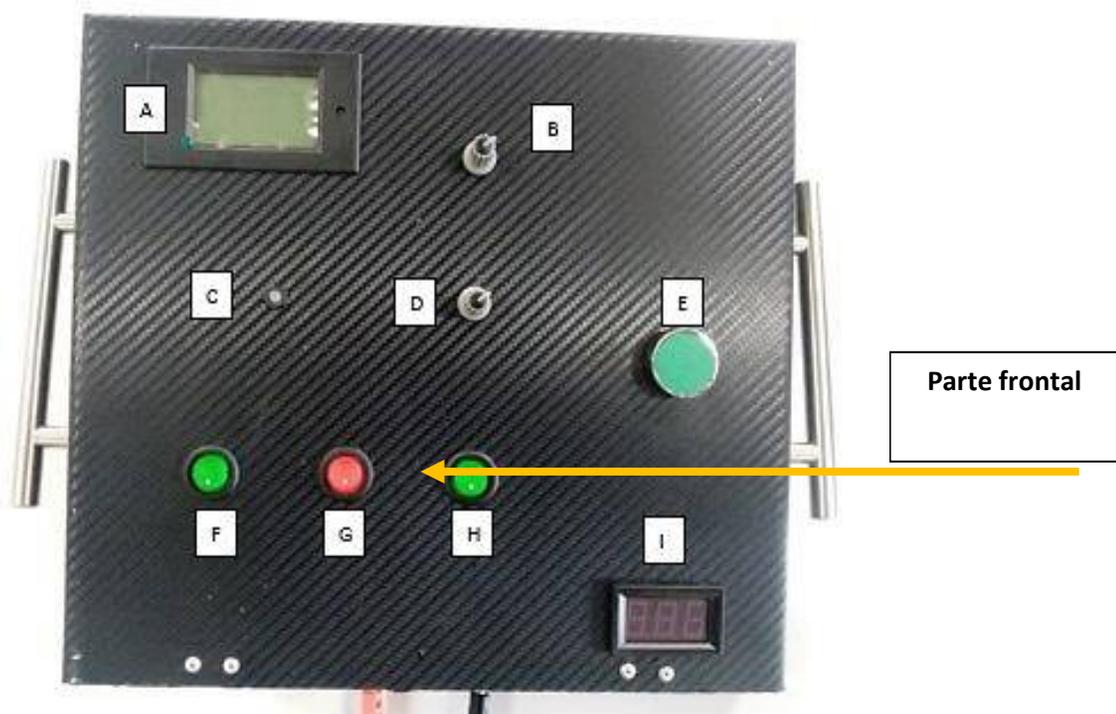


Fig. 1

Componentes parte frontal. (Fig. 1)	Descripción
Display de amperaje. (A)	Indica el amperaje de consumo para los componentes a probar.
Potenciómetro de frecuencia. (B)	Varia la frecuencia (Hz) a la que serán sometidos los componentes.
Lámpara lógica. (C)	Indica el tipo de polaridad de un circuito o conector.
Potenciómetro de % DUTY. (D)	Varia el ancho de pulso (PWM) a la que serán sometidos los componentes.
Interruptor principal. (E)	Utilizado en prueba de componentes eléctricos que trabajan con 12 voltios.
Interruptor de lámpara LED. (F)	Encargado de activar la iluminación, cuando la visibilidad es poca.
Interruptor de circuito principal. (G)	Utilizada para activar circuito de control principal para pruebas de componentes eléctricos.
Interruptor de voltímetro. (H)	Utilizada para activar pruebas del sistema de carga.
Voltímetro digital. (I)	Muestra valores de voltaje durante la prueba del sistema de carga.

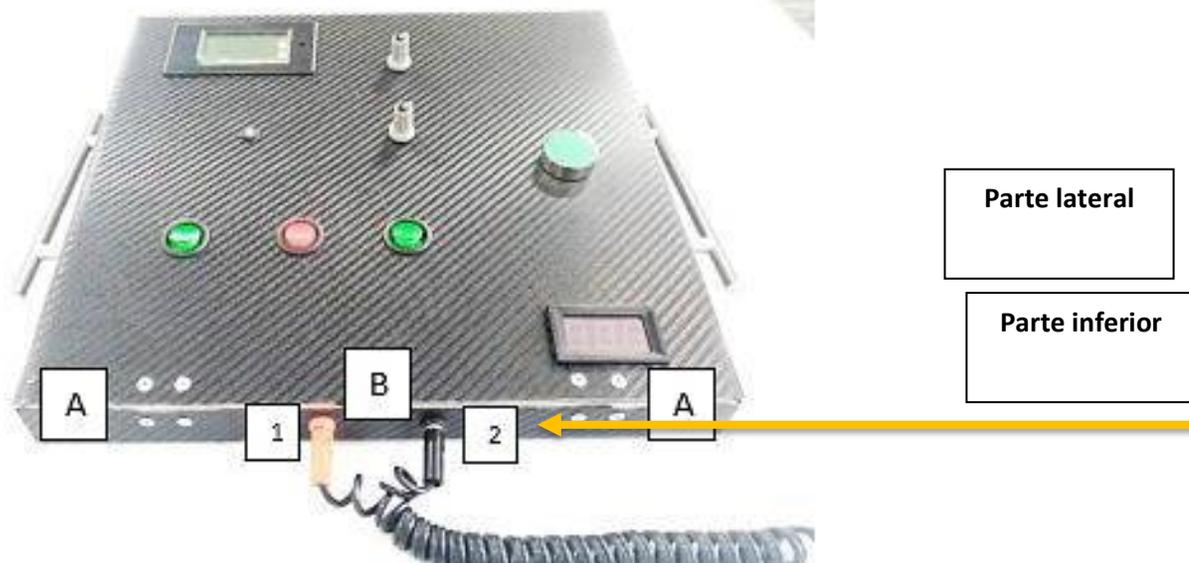


Fig. 2

Componentes parte inferior. (Fig. 2)	Descripción
Bisagras de apertura. (A)	Elemento encargado de la apertura del equipo para mantenimiento o reparación.
Bornera de conexión. (B)	Principal fuente de alimentación del equipo 12V.
Bornera positiva. (B1)	Conexión positiva del equipo +B
Bornera negativa. (B2)	Conexión negativa del equipo -B



Fig. 3

Componentes parte inferior. (Fig. 3)	Descripción
Bornera de conexión roja. (A)	Salida de voltaje directo 12 voltios (activado con interruptor principal).
Bornera de conexión negra. (B)	Negativo de circuito.
Bornera de conexión roja. (C)	Conexión para lámpara lógica.
Bornera de conexión roja. (D)	Salida de ancho de pulso positivo. (PWM)
Bornera de conexión negra. (E)	Negativo de circuito.
Bornera de conexión negra. (F)	Salida de transistor de potencia. (Hz)

Accesorios del equipo.

El equipo cuenta con una serie de accesorios para usos diversos y otros para usos específicos que se detallan a continuación.



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8

Accesorios	Descripción
Cable de alimentación 12 voltios. (Fig. 4)	Alimentación principal del equipo 12VCD.
Cables de conexión de lámpara lógica. (Fig. 5)	Cables rojo y negro para determinar polaridad de circuitos.
Cable de conexión para salida 12 voltios. (Fig.6)	Alimenta elementos o dispositivos que trabajen a 12 VCD.
Bujía de prueba. (Fig. 7)	Verifica existencia de chispa en cilindros.
Juego de cables diversos. (Fig. 8)	Para conexión de alto amperaje.

Prueba de sistema de carga, con motor encendido.

A continuación, se detallan los pasos e ilustraciones para describir el proceso de prueba de sistema de carga, en condición de marcha mínima y aceleración. Sin/con cargas eléctricas.

Proceso	Ilustración.
<ol style="list-style-type: none"> Identificar cable de alimentación 12 Voltios. y borneras roja y negra del equipo. (Fig.1) Conectar cable de alimentación a 12 voltios VCD. en borneras asignadas. (B+/B-) (Fig.2) 	  <p style="text-align: center;">Fig. 1 Fig. 2</p>
<ol style="list-style-type: none"> Identificar terminal positivo y negativo de batería y el cable a utilizar. (3) Conectar cable de alimentación 12 voltios principal en batería. (Fig. 4) 	  <p style="text-align: center;">Fig. 3 Fig. 4</p>
<ol style="list-style-type: none"> Presionar el interruptor 1 de encendido / apagado del voltímetro. El Display de voltaje se iluminará. (Fig. 5) Con el motor en marcha mínima verificar que el voltaje no esté por debajo de 13.5 Voltios. 	 <p style="text-align: center;">Fig. 5</p>

8. Acelerar el motor a 2,500 RPM y verificar que El voltaje aumente no más de 15 voltios. (Fig.6)



Fig. 6

9. Volver a la condición de marcha mínima del motor (no más de 1,000 RPM) y activar diversas cargas eléctricas. (luces, audio, A/C, etc.) (fig. 7)



Fig. 7

10. Verificar que el voltaje no disminuya por debajo de 14 voltios. (fig. 8)



Fig. 8

11. Con las cargas eléctricas activadas (audio, A/C, luces) Acelerar el motor a 2,500 RPM.

12. Verificar que el voltaje no disminuya y tienda a aumentar sin sobrepasar los 15 Voltios.



Fig.7

13. Presionar el interruptor principal de ON/OFF del voltímetro, el Display se apagará. (fig. 8)



Fig.8

14. Desconectar el equipo. (fig.9)



Fig. 9

Análisis de resultados obtenidos. Tabla de resultados 1.

Resultados, sistema de carga.		Especificación	Diagnóstico
Sistema con regulador electromecánico sin cargas.	800 RPM	13.5 V	ok
	2500 RPM	13.9 V	
Sistema con regulador electromecánico con cargas.	800 RPM	13.8 V	ok
	2500 RPM	14.5 V	
Sistema con regulador electrónico sin cargas.	800 RPM	14.5 V	ok
	3000 RPM	14.7 V	
Sistema con regulador electrónico con cargas.	800 RPM	14.9 V	ok
	3000 RPM	15.0 V	

Nota. Si los valores están por debajo de la especificación revisar: Batería, regulador de voltaje electromecánico, alternador, circuito eléctrico de sistema de carga.

A continuación, se detallan los pasos e ilustraciones para describir el proceso de prueba del motor de arranque.

Proceso	Ilustración.
<ol style="list-style-type: none"> Identificar y conectar el cable de alimentación 12 Voltios del equipo. (Fig.1) Conectar cable de alimentación a 12 voltios VCD en los terminales de batería. (B+/B-) (Fig.2) 	  <p style="text-align: center;"> Fig. 1 Fig. 2 </p>
<ol style="list-style-type: none"> Insertar la llave y colocarla en la posición de ON. (Ignición) (Fig.3) Colocar la palanca de velocidades en la posición de Parking si es A/T o en la posición de Neutro si es M/T (Fig.4) 	  <p style="text-align: center;"> Fig. 3 Fig. 4 </p>

-
5. Asegurarse que los indicadores en el tablero estén iluminados. (Fig. 5)



Fig. 5

-
6. Identificar la ubicación del motor de arranque dentro del compartimiento del motor. (Fig. 6)
7. Identificar los terminales de conexión del motor de arranque, principalmente el terminal 50 y proceder a desconectarlo. (Fig.6)



Fig. 6

-
8. Presionar el interruptor de ON/OFF del equipo, el indicador del botón se iluminará. (Fig.7)
9. A continuación, el Display de amperaje se activará. (Fig.7)



Fig. 7

-
10. Identificar los terminales del equipo y el cable accesorio a utilizar. (Fig.8)
11. Conectar el cable accesorio a la salida de voltaje del equipo. (Fig.9)

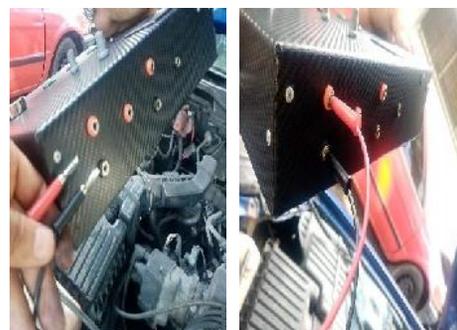


Fig. 8

Fig. 9

-
12. El otro extremo del cable accesorio, conectarlo al terminal 50, como indica la figura. (Fig10)

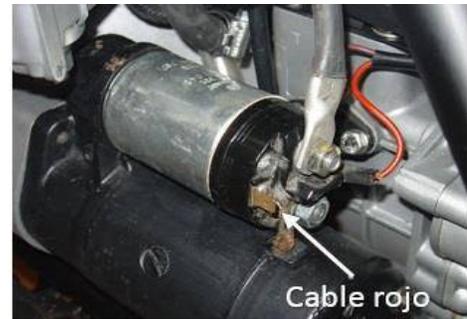


Fig.10

-
13. Asegurarse que el interruptor de ON/OFF del equipo, esté accionado y el indicador del botón esté iluminado. (Fig. 11)



Fig. 11

-
14. A continuación, presionar el interruptor de mando ON/OFF del equipo 3 segundos. (Fig. 12)
15. El Display, mostrará el amperaje de consumo del componente. (Fig. 12)
16. El motor de arranque se activará, mientras se Mantenga presionado el interruptor.



Fig. 12

-
15. Presionar el interruptor principal de ON/OFF del voltímetro, la luz indicadora se apagará. (Fig. 13)



Fig. 13

16. Desconectar el equipo y cables accesorios usados durante la realización de pruebas. (Fig.14)



Fig. 14

Análisis de resultados obtenidos. Tabla de resultados 2

Resultado, prueba de motor de arranque.		Especificación	Diagnóstico
Motor de arranque activa	SI	Consumo de amperaje. 10-20 Amp.	ok
	NO	0.0 Amp.	Malas condiciones, desmontar y reparar.
Posibles causas: Circuito eléctrico, cableado, relé de start, terminales del motor de arranque, componentes internos del motor de arranque.			

A continuación, se detallan los pasos e ilustraciones para describir el proceso de prueba de salto de chispa en los cilindros.

Proceso	Ilustración.
<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="224 359 820 443">1. Identificar y conectar el cable de alimentación 12 Voltios del equipo. (Fig.1)<li data-bbox="224 459 846 546">2. Conectar cable de alimentación a 12 voltios VCD en los terminales de batería. (B+/B-) (Fig.2)	  <p data-bbox="1084 743 1149 772"><i>Fig. 1</i></p> <p data-bbox="1284 743 1349 772"><i>Fig. 2</i></p>
<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="224 848 756 934">3. Insertar la llave y colocarla en la posición de ON. (Ignición) (Fig.3)<li data-bbox="224 951 735 1087">4. Colocar la palanca de velocidades en la posición de Parking si es A/T o en la posición de Neutro si es M/T (Fig.4)	  <p data-bbox="1084 1211 1149 1241"><i>Fig. 3</i></p> <p data-bbox="1276 1211 1341 1241"><i>Fig. 4</i></p>
<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="224 1318 870 1404">5. Asegurarse que los indicadores en el tablero estén iluminados. (Fig. 5)	 <p data-bbox="1182 1667 1247 1696"><i>Fig. 5</i></p>

-
6. Identificar la ubicación del motor de arranque dentro del compartimiento del motor. (Fig. 6)
 7. Identificar los terminales de conexión del motor de arranque, principalmente el terminal 50 y proceder a desconectarlo. (Fig.6)



Fig. 6

-
8. Desmontar el fusible o el relé de control de la bomba de gasolina. (Fig. 7)



Fig. 7

-
9. Identificar los cables de encendido y el cilindro número 1. (Fig.8)



Fig. 8

-
10. Instalar el accesorio, bujía de prueba como se muestra en la siguiente figura. (Fig.9)



Fig. 9

-
11. A continuación, presionar el interruptor de ON/OFF del equipo, el indicador del botón se iluminará. (Fig.10)
12. Seguidamente, el Display de amperaje se activará. (Fig.10)

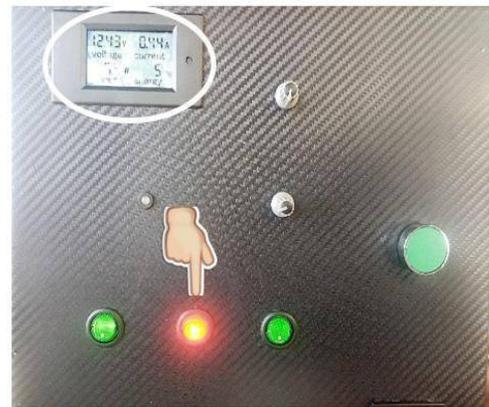


Fig. 10

-
13. Identificar los terminales del equipo y el cable accesorio a utilizar. (Fig.11)
14. Conectar el cable accesorio a la salida de voltaje del equipo. (Fig.12)



Fig. 11



Fig. 12

-
15. El otro extremo del cable accesorio, conectarlo al terminal 50, como indica la figura. (Fig.13)

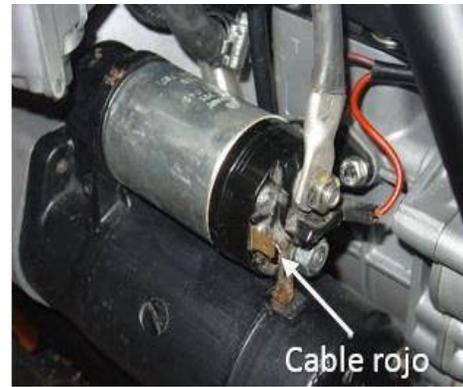


Fig.13

-
16. Asegurarse que el interruptor de ON/OFF del equipo, esté accionado y el indicador del botón esté iluminado. (Fig. 14)



Fig. 14

-
17. A continuación, presionar el interruptor de mando ON/OFF del equipo 3 segundos. (Fig. 15)
18. El Display, mostrará el amperaje de consumo del componente. (Fig. 15)
19. El motor de arranque se activará, mientras se mantenga presionado el interruptor.



Fig. 15

20. Si hay generación de chispa, la bujía de prueba generará destellos. (Fig.16)

21. A continuación, instalar el accesorio en los cilindros siguientes.



Fig. 16

22. Repetir pasos: 17,18,19,20.

23. Verificar la existencia de chispa en cada cilindro. (Fig. 17)

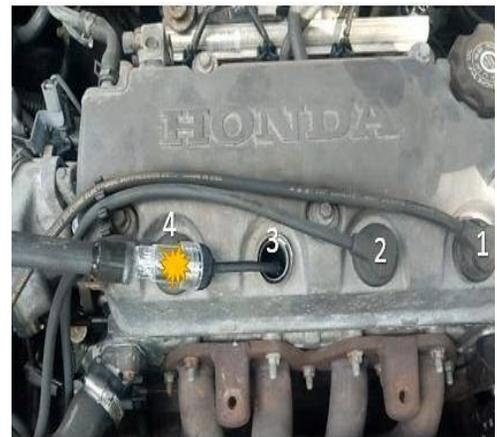


Fig. 17

24. Asegurarse de conectar los cables de encendido correctamente en el motor. (Fig. 18)



Fig. 18

25. Presionar el interruptor principal de ON/OFF del voltímetro, la luz indicadora se apagará. (Fig. 19)



Fig. 19

26. Desconectar el equipo y cables accesorios usados durante la realización de prueba. (Fig.20)



Fig. 20

Análisis de resultados obtenidos. Tabla de resultados 3

Resultado, prueba de salto de chispa.		Especificación	Diagnóstico
Hay chispa en los 4* cilindros	SI	10-30 KV Generación de destello.	ok
	NO	0.0 KV No hay destello.	Malas condiciones, desmontar y reparar.
Posibles causas: Circuito eléctrico, cables de encendido, bobina de encendido, distribuidor.			

A continuación, se detallan los pasos e ilustraciones para describir el proceso de prueba de inyectores gasolina.

Proceso	Ilustración.
<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="219 367 820 451">1. Identificar y conectar el cable de alimentación 12 Voltios del equipo. (Fig.1)<li data-bbox="219 462 852 556">2. Conectar cable de alimentación a 12 voltios VCD en los terminales de batería. (B+/B-) (Fig.2)	 
<p>Fig. 1</p> <p>Fig. 2</p>	
<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="219 861 755 945">3. Insertar la llave y colocarla en la posición de OFF. (apagado) (Fig.3)<li data-bbox="219 955 738 1102">4. Colocar la palanca de velocidades en la posición de Parking si es A/T o en la posición de Neutro si es M/T (Fig.4)	 
<p>Fig. 3</p> <p>Fig. 4</p>	
<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="219 1428 885 1522">5. Identificar los inyectores gasolina, según el número de cilindros. (Fig. 5)	
<p>Fig. 5</p>	

6. Desconectar arnés eléctrico del inyector 1. (Fig. 6)



Fig. 6

7. Identificar los terminales del equipo y el cable accesorio a utilizar. (Fig.7)

8. Conectar el cable accesorio a la salida de voltaje del equipo. (Fig.8)

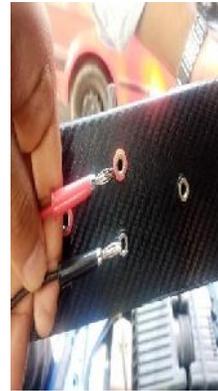


Fig. 7



Fig. 8

9. Conectar cable accesorio al inyector número 1 en este caso no hay polaridad. (Fig.9)



Fig. 9

10. A continuación, presionar el interruptor de ON/OFF del equipo, el indicador del botón se iluminará. (Fig.10)
11. Seguidamente, el Display de amperaje se activará. (Fig.10)



Fig. 10

12. Girar en sentido horario las perillas de frecuencia Hz y PWM. (Fig.11)
13. Verificar comportamiento del inyector.



Fig. 11

14. Intercambiar el cable accesorio al inyector 2,3,4. (Fig.12)
15. Repetir pasos 12 y 13.
16. Asegurarse que los inyectores queden conectados correctamente, retirar cable de accesorios.



Fig.12

17. Presionar el interruptor principal de ON/OFF.
del voltímetro, la luz indicadora se apagará. (Fig. 19)



Fig. 19

18. Desconectar el equipo y cables accesorios usados
durante la realización de prueba. (Fig.20)



Fig. 20

Análisis de resultados obtenidos. Tabla de resultados 4

Prueba de activación de inyectores.		Especificación	Diagnóstico. Hay pulso	
			SI	NO
Inyector cilindro 1	Hz	Activación constante al variar.	ok	Malo-sustituir
	PWM			
Inyector cilindro 2	Hz	Activación constante al variar.	ok	Malo-sustituir
	PWM			
Inyector cilindro 3	Hz	Activación constante al variar.	ok	Malo-sustituir
	PWM			
Inyector cilindro 4	Hz	Activación constante al variar.	ok	Malo-sustituir
	PWM			
Inyector no activa, posibles causas: inyector tapado, bobina cortada, terminales dañados.				

Funciones y pruebas a realizar con el uso del equipo:

- Pruebas al sistema de carga.
 - ✓ Realizada en la condición de marcha mínima del motor (800 RPM) y aceleración (2,500 RPM) muestra datos de voltaje en el Display digital.

- Pruebas al sistema de arranque.
 - ✓ Con la llave del vehículo puesta en la posición de ignición, se conecta al terminal 50 del motor de arranque, para generar una activación de manera directa según la prueba de diagnóstico requerida.

- Prueba de salto de chispa.
 - ✓ Con uno de los accesorios del equipo, se procede a desconectar los cables de encendido y verificar cilindro a cilindro, la existencia de la chispa generada por parte de la bobina de encendido.

- Prueba activación de inyectores.
 - ✓ Según la falla o síntomas presentados en el motor, se procede a verificar el funcionamiento de cada uno de los actuadores de inyección de combustible (inyectores gasolina).

- Prueba de cuerpo de aceleración.
 - ✓ Se procede a conectar el equipo directamente al actuador del sistema de aceleración, para verificar el cierre y apertura del mismo de manera controlada, aplicando Hz y PWM.

- Prueba de polaridad de un circuito o conector eléctrico.
 - ✓ Con la ayuda de una lámpara lógica se verifica la existencia de polaridad positiva o negativa según lo indique el diodo bicolor. (rojo positivo, banco negativo).

- Prueba de activación directa de elementos eléctricos a 12 voltios.
 - ✓ con la ayuda de un interruptor principal y de un amperímetro digital, se monitorea el consumo de amperaje de las cargas eléctricas.

- Iluminación de áreas con poca visibilidad.
 - ✓ De forma manual se podrá realizar la activación de un interruptor, cuya función es alimentar una lámpara Led, instalada en la parte inferior del equipo, que se encargara de iluminar las áreas de poca visibilidad mientras se realizan las pruebas con el equipo.

8. CONCLUSIONES

Después de desarrollar esta investigación podemos concluir en los siguiente:

- El equipo diseñado cumple con las funciones de realizar pruebas en sistemas eléctricos y electrónicos de la mayoría de los vehículos, independiente de la marca modelo y año, con algunas condiciones que pueden ser diferentes según las variables del vehículo.
- El proyecto ha permitido lograr una mayor integración entre la Escuela de Ingeniería Automotriz y la Escuela de Educación Dual involucradas en la investigación, cada una ejecutando su rol de manera efectiva. Dicha integración ha permitido elevar el nivel de tecnificación de los docentes y personal involucrado en la investigación, no solamente en la adquisición de nuevos conocimientos, sino también, en la aplicación de la innovación tecnológica en el diseño de cada uno de los elementos que conforman el equipo multifuncional.
- La cantidad de tiempo y eficiencia con la que se realizaron las pruebas, son una razón de peso para promover el uso de este tipo de equipo automotriz; tanto en el ámbito académico como en el laboral.
- Con la elaboración de este y otros proyectos de investigación realizada, se puede comprobar el potencial de ITCA-FEPADE en la elaboración de equipos para fines didácticos-laborales en las especialidades que requieren competencias técnicas.
- El equipo diseñado tiene potencial de patente como “Modelo de Utilidad”, esta es una de las motivaciones para seguir trabajando con el fin de generar frutos que nos permitan seguir con esta línea de trabajo de investigación y obtener así más patentes para la institución y más docentes investigadores con interés en al área.

9. RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan algunas recomendaciones obtenidas a partir de la elaboración de este proyecto.

- De acuerdo a los trabajos realizados durante el desarrollo del equipo, se vuelve necesario considerar, la incorporación de otros elementos para aumentar el número de características y funciones del equipo. Por ejemplo, un asistente de carga en caso de que la batería del vehículo esté descargada.
- Recomendar al usuario un plan de mantenimiento periódico para el equipo, con el fin de alargar la vida útil de los componentes eléctricos.
- El equipo tiene limitantes para sistemas auxiliares del motor diésel, por el tipo de tecnología que poseen, ya que incorpora variables distintas al motor a gasolina. No así, con el resto de sistemas eléctricos, donde si es posible utilizar el equipo.
- Considerar posibles mejoras al sistema de control principal (circuito de control electrónico), ya que, por características propias de funcionamiento de algunos componentes electrónicos, cuya activación es en base a PWM, cambian según el año de fabricación, marca y modelo del vehículo, dato a considerar para estas posibles mejoras, con el fin de mantener actualizadas las funciones del equipo.

10. GLOSARIO

1. Sensor. Dispositivo que detecta un fenómeno físico y lo transforma en una señal eléctrica equivalente que se transmite a un dispositivo de control para determinar o modificar el movimiento.
2. ECU. Electronic Control Module-módulo de control electrónico de motor.
3. Actuador. Dispositivo eléctrico o electrónico destinado a realizar una función específica.
4. +B. Alimentación de batería.
5. GND. Ground-tierra
6. Integrado. Que reúne en una sola pieza otros aparatos que podrían existir independientemente
7. MCI. Motor de combustión interna.
8. Válvula de inyección de combustible. Componente eléctrico o actuador mejor conocido como inyector de gasolina.
9. BAT. Batería.
10. PWM. Pulse Wide Module, modulación de ancho de pulso.
11. DIS. Direct Ignition System, sistema de encendido directo.
12. CMP. Camshaft position sensor (sensor de posición de árbol de levas)
13. Frecuencia. Número de veces que se repite un evento en el lapso de 1 segundo, unidad de medida Hertz (HZ).
14. % Duty. Cantidad de tiempo medido porcentaje de activación de un actuador.
15. ON. Encendido/activado
16. OFF. Apagado/desactivado
17. MPFI. Inyección de combustible multipunto (un inyector para cada cilindro)
18. TBI. Inyección de combustible en el cuerpo del obturador de aceleración (un inyector para 4 cilindros)
19. RPM. Revoluciones por Minuto.
20. Bobina de encendido. Dispositivo encargado de generar la chispa de encendido.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. C. Braga., «Instituto Newton C. Braga.,» miércoles febrero. 2016. [En línea]. Available: <https://www.incb.com.mx>. [Último acceso: 2 Febrero 2020].
- [2] R. Pintado., Dirección, *Generador de pulsos variable en Hz y Duty con 555 (ITAA)*. [Película]. Uruguay: Instituto de Tecnología Automotriz Avanzada., 2018. (En línea) Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=DPUjXr0EK_4

- [3] J. M. M. Mengíbar, Electricidad, electromagnetismo y electrónica aplicados al automóvil: mantenimiento de los sistemas eléctricos y electrónicos de vehículos (UF1039), Madrid: IC Editorial, 2013.
- [4] LinkedIn corporation, «slideshare,» 26 marzo 2014. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/Lucho1/sistema-de-inyeccion-electrnica-1>. [Último acceso: 2 febrero 2020].
- [5] A. y. técnica., «Auto y tecnica.,» 30 octubre 2018. [En línea]. Available: <https://autoytecnica.com/encendido-electronico-dis-integral/>. [Último acceso: 2 febrero 2020].

12. ANEXOS

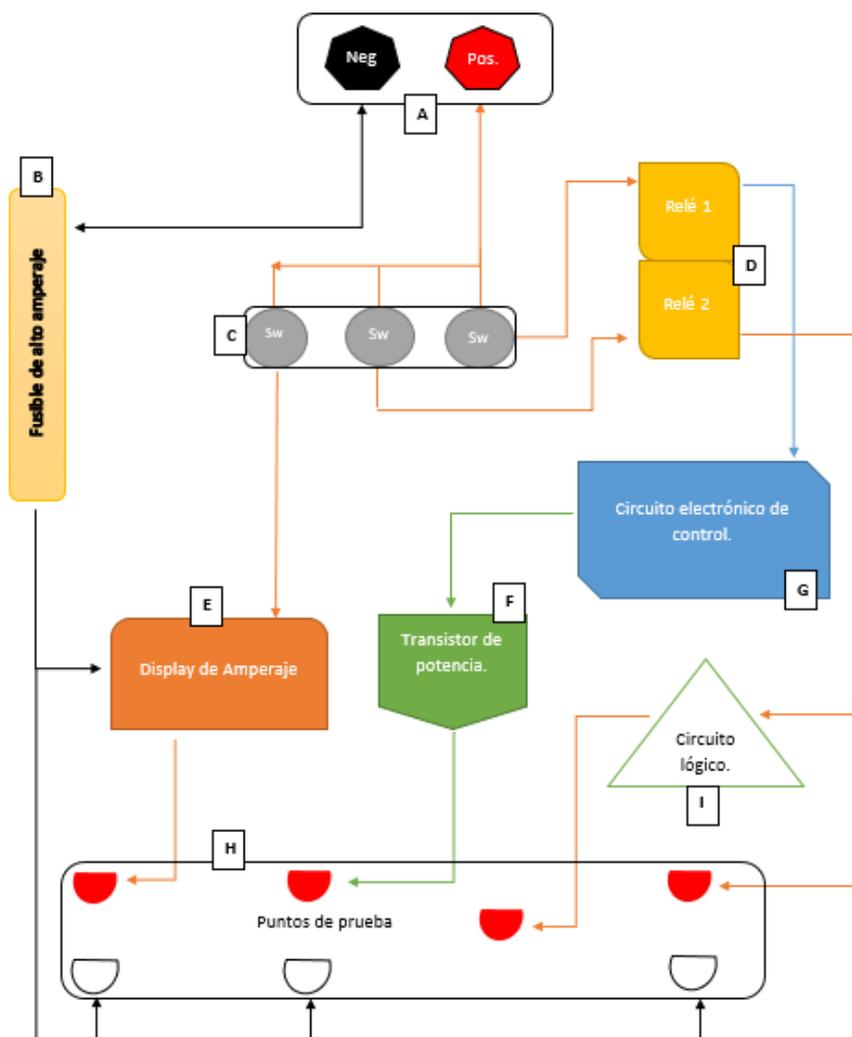


Fig. 24 Representación gráfica, de esquema de conexión eléctrica del equipo.

SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1 SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400

2 CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.
Tel.: (503) 2440-4348

3 CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión.
Tel.: (503) 2668-4700

4 CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y
(503) 2334-0768

5 CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298