



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**TESIS**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO PARA LA  
AUTOCALIBRACIÓN DE PARÁMETROS DE  
FUNCIONAMIENTO EN UN SISTEMA GLP STAG 200 GO  
FAST**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autor:**

**Bach. Falen Morales Percy Janier**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5023-8821>**

**Asesor:**

**Mtro. Vives Garnique Juan Carlos**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0988-9881>**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2022**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO PARA LA  
AUTOCALIBRACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO EN  
UN SISTEMA GLP STAG 200 GO FAST**

**APROBACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

---

**Dra. Silvia Yvone Gastiaburú Morales**  
**Presidente del jurado de Tesis**

---

**MSc. Angel Marcelo Rojas Coronel**  
**Secretario del jurado de tesis**

---

**Mtro. Juan Carlos Vives Garnique**  
**Vocal del jurado de tesis**

## **Dedicatoria**

*Dedico esta tesis de investigación a Dios en primer lugar por ser quién me dio la bendición de estudiar una carrera profesional y por estar a mi lado en todas las decisiones tomadas.*

*A mi madre, a mi padre y a mi hermano Yuri; quienes siempre velaron por mi educación desde niño incentivando las ganas de salir adelante y que ahora desde el cielo me cuidan; a ellos tres les digo “promesa cumplida”.*

*También dedico esta tesis a mi esposa Gissela Chacón Yuu, a mi hijo Janier Fabricio y a mi hija Geraldine Fabiana; los tres soportes de mi vida, por su apoyo y comprensión durante toda mi carrera, por comprender mi ausencia en momentos importantes, por acompañarme siempre y entender que este logro no sólo es mío sino de los cuatro.*

**PERCY JANIER FALEN MORALES**

## **Agradecimiento**

*Agradezco a Dios por darme la oportunidad de estudiar sin afectar mi trabajo y mi familia. A mis hermanos por apoyarme moralmente ante tantas dificultades.*

*A todos los docentes que me instruyeron durante la carrera, en especial a Alexis Alvarado, Jorge Olortegui, Jony Villalobos, Manuel Amaya y Marcelo Rojas; por su aporte a la formación académica que tuve en las aulas.*

*A mi sobrino y amigo Alexis Ballón, por cubrir mi puesto de trabajo sin darme preocupaciones mientras yo estudiaba.*

*Finalmente agradezco a mis compañeros y amigos por las bromas, risas, amanecidas de estudio y por los amenos momentos que compartimos: Alejandro Urupeque, Adrián Mendoza, Darwin Vilela, Alex Fernández (Robotín), Roberto Torres, Kenyi Huamán, Alexander Delgado, Marco Herrera, Julián (chiquito), José Quiroz y Eber Llempén; gracias, mis amigos.*

**PERCY JANIER FALEN MORALES**

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal Diseñar y construir un módulo de aprendizaje para lectura de parámetros de un sistema GLP STAG 200 Go Fast, para ello se formuló: ¿Cuál será la configuración técnica y la selección de componentes electrónicos para el diseño y construcción de un módulo que permita configurar y autocalibrar los parámetros de funcionamiento de un sistema GLP Stag 200 Go Fast?

Aplicando el diseño experimental se tomó como muestra a la centralita electrónica Go Fast junto con su kit electrónico (conmutador, sensor de presión, riel de inyectores) y se diseñó y simuló un circuito generador de pulsos de inyección de gasolina con el programa Proteus 8 Professional para luego ser construido en una placa de baquelita con los componentes adecuados, esta placa electrónica se conectó a la centralita de gas y por medio de un cable interfaz se visualizó los parámetros de funcionamiento en una laptop con el software Stag 200 obteniendo valores modificables de los sensores y actuadores que comprende la electrónica en general, así como los tiempos de inyección, ancho de pulso y RPM.

En conclusión, se utilizó la matriz morfológica para determinar la mejor configuración de diseño, seleccionando la solución 3 de 4 propuestas, se montan todos los componentes electrónicos en una base de melamina ubicándolos estratégicamente para su mejor visualización y manipulación, finalmente después de realizar la configuración adecuada de los parámetros se aplica la función de Autocalibración y se obtiene una línea de multiplicador por encima de 1.5.

**Palabras clave:** Sistema GLP Stag, Autocalibración, Generador de pulsos, parámetros de configuración, Proteus 8 Professional.

## ABSTRACT

The main objective of this research work is to design and build a learning module for reading parameters of a GLP STAG 200 Go Fast system, for which the following was formulated: What will be the technical configuration and the selection of electronic components for the design and construction of a module that allows configuring and self-calibrating the operating parameters of a Stag 200 Go Fast LPG system?

Applying the experimental design, the Go Fast electronic control unit was taken as a sample along with its electronic kit (switch, pressure sensor, injector rail) and a gasoline injection pulse generator circuit was combined and simulated with the Proteus program. 8 Professional to then be built on a bakelite plate with the appropriate components, this electronic plate was connected to the gas control unit and through a cable interface the operating parameters were displayed on a laptop with the Stag 200 Easy software obtaining modifiable values of sensors and actuators that comprise electronics in general, as well as injection times, pulse width and RPM.

In conclusion, the morphological matrix was developed to determine the best design configuration, selecting solution 3 of 4 proposals, all the electronic components are mounted on a melamine base, strategically locating them for better visualization and manipulation, finally after making the configuration of the parameters, the Autocalibration function is applied and a multiplier line above 1.5 is obtained.

**Keywords:** GLP Stag System, Autocalibration, Pulse Generator, configuration parameters, Proteus 8 Professional.

# INDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>- 15 -</b>
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	- 15 -
1.1.1. A Nivel Internacional.....	- 17 -
1.1.2. A Nivel Nacional.....	- 23 -
1.1.3. A Nivel Regional.....	- 24 -
1.2. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	- 26 -
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS.....	- 29 -
1.3.1. Motor de Combustión Interna.....	- 29 -
1.3.2. Combustibles Alternativos.....	- 31 -
1.3.3. Sistema de inyección electrónica en Gasolina.....	- 31 -
1.3.4. La Unidad de Control Electrónico (ECU).....	- 37 -
1.3.5. Sistema GLP de Quinta Generación.....	- 41 -
1.3.6. Conexión y Programación de STAG Go Fast.....	- 47 -
1.3.7. Elementos electrónicos para generador de pulsos.....	- 54 -
1.3.8. Fórmulas para el cálculo de parámetros.....	- 56 -
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	- 62 -
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.....	- 62 -
1.5.1. Justificación Tecnológica.....	- 62 -
1.5.2. Justificación Económica.....	- 63 -
1.5.3. Justificación Ambiental.....	- 63 -
1.5.4. Justificación académica.....	- 63 -
1.6. HIPÓTESIS.....	- 63 -
1.7. OBJETIVOS.....	- 63 -
1.7.1. Objetivo General.....	- 63 -
1.7.2. Objetivos Específicos.....	- 64 -
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>- 66 -</b>
2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	- 66 -
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	- 66 -
2.2.1. Población.....	- 66 -
2.2.2. Muestra.....	- 66 -
2.3. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	- 67 -
2.3.1. Variable Independiente.....	- 67 -
2.3.2. Variable Dependiente.....	- 67 -
2.3.3. Caja Negra.....	- 67 -
2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	- 69 -
2.4.1. Observación.....	- 70 -

2.4.2.	Instrumentos mecánicos y electrónicos .....	- 70 -
2.4.3.	Guía de observación .....	- 70 -
2.4.4.	Procedimiento para la recolección de datos .....	- 70 -
2.5.	ASPECTOS ÉTICOS .....	- 73 -
2.5.1.	Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú. ....	- 73 -
2.5.2.	Código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS). ....	- 73 -
2.6.	CRITERIOS DE RIGOR CIENTÍFICO .....	- 73 -
2.6.1.	Credibilidad.....	- 73 -
2.6.2.	Relevancia. ....	- 73 -
2.6.3.	Fiabilidad. ....	- 74 -
2.6.4.	Replicabilidad. ....	- 74 -
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>76</b>
3.1.	DETERMINACIÓN DE LA MEJOR CONFIGURACIÓN DE DISEÑO APLICANDO MATRIZ MORFOLÓGICA ..	76
3.1.1.	Selección de diseños.....	80
3.1.2.	Descripción de componentes propuestos.....	80
3.1.3.	Descripción de soluciones de diseño .....	81
3.1.4.	Criterios de Selección de diseño conceptual .....	84
3.2.	DISEÑO Y SIMULACIÓN DE CIRCUITO ELECTRÓNICO EN PROTEUS 8 PROFESSIONAL .....	86
3.3.	CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITO ELECTRÓNICO PARA GENERAR PULSOS DE INYECCIÓN DE GASOLINA	90
3.4.	CONEXIÓN DE LA CENTRALITA DE GAS CON EL CIRCUITO GENERADOR DE PULSOS PARA LECTURA DE TIEMPOS DE INYECCIÓN.....	95
3.4.1.	Sensor de temperatura .....	95
3.4.2.	Sensor MAP .....	97
3.4.3.	Inyectores de gas .....	99
3.4.4.	Sensor de Nivel AEB 1050 .....	100
3.4.5.	Costo de construcción de módulo .....	105
3.5.	CONFIGURACIÓN LOS PARÁMETROS DE GLP Y AUTOCALIBRACIÓN .....	106
3.5.1.	Configuración de parámetros y proceso de Autocalibración.....	106
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>112</b>
4.1.	CONCLUSIONES.....	112
4.2.	RECOMENDACIONES .....	113
<b>V.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>114</b>
<b>VI.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>118</b>
6.1.	CÓDIGO DE ÉTICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ.....	118
6.2.	CÓDIGO DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN.....	119
6.3.	CÁLCULO PARA DETERMINAR EL CONSUMO ESPECÍFICO DE GLP EN COMPARACIÓN CON LA GASOLINA, ASÍ COMO LA EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES. ....	120



6.4.	MANUAL DE TRANSISTOR TIP 41 .....	129
6.5.	MANUAL STAG Go FAST.....	130
6.6.	DISEÑO DE CIRCUITO EN PROTEUS 8 PROFESSIONAL.....	131
6.7.	CONSTRUCCIÓN DE CIRCUITO IMPRESO.....	134
6.8.	MÓDULO CONECTADO Y CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS .....	138
6.9.	MANUAL DE USO DE MÓDULO .....	140

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	- 16 -
Flujo másico de gas y gasolina de muestra en un auto kia picanto.....	- 16 -
Tabla 2.....	- 16 -
Resumen de emisiones de gases contaminantes por especie .....	- 16 -
Tabla 3.....	- 42 -
Datos técnicos de Reductor Stag R-02 .....	- 42 -
Tabla 4.....	- 43 -
Especificaciones técnicas de inyectores Valtek 30.....	- 43 -
Tabla 5.....	- 45 -
Especificaciones técnicas Sensor PS-04.....	- 45 -
Tabla 6.....	- 54 -
Características Técnicas del transistor TIP41 .....	- 54 -
Tabla 7.....	- 56 -
Características de transistor NE555.....	- 56 -
Tabla 8.....	- 58 -
Constante z del sensor de nivel de AEB (50 k $\Omega$ ) .....	- 58 -
Tabla 9.....	- 68 -
Operacionalización de variables .....	- 68 -
Tabla 10. Matriz morfológica.....	77
Tabla 11. Combinación de elementos.....	78
Tabla 12.....	84
Criterios de selección .....	84
Tabla 13.....	85
Validación .....	85
Tabla 14.....	85
Cálculo comparativo de soluciones .....	85
Tabla 15. Selección de solución 3 .....	86
Tabla 16. Valores promedio de voltaje respecto al vacío del colector de admisión .....	97
Tabla 17.....	105

Detalle de costo para construcción de módulo .....	105
Tabla 18.....	120
Especificaciones técnicas del motor Kia Picanto .....	120
Tabla 19.....	125
Masa molar de especies contaminantes .....	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inyector Modelo Hanna 2000.....	- 18 -
Figura 2. Módulo de control para datos.....	- 19 -
Figura 3. Kit de conversión secuencia GLP .....	- 20 -
Figura 4. Circuito controlador de los inyectores .....	- 22 -
Figura 5. Circuito de habilitación de actuadores .....	- 23 -
Figura 6. Variación de parámetros respecto en función de las RPM.....	- 25 -
Figura 7. Principales componentes de un motor de combustión interna .....	- 30 -
Figura 8. Clasificación de los motores de combustión interna .....	- 31 -
Figura 9. Posición de inyectores de gasolina.....	- 32 -
Figura 10. Tipos de inyección electrónica.....	- 33 -
Figura 11. Esquema de componentes del sistema de inyección electrónica L-Jetronic.....	- 34 -
Figura 12. Estructura de un inyector .....	- 35 -
Figura 13. Componentes adicionales que participan en el sistema de inyección electrónica. ....	- 36 -
Figura 14. Tiempos de inyección de gasolina .....	- 37 -
Figura 15. Unidad de Control Electrónico.....	- 38 -
Figura 16. Ubicación de la ECU.....	- 39 -
Figura 17. Esquema de módulo de control .....	- 40 -
Figura 18. Reductor AC Stag modelo R02.....	- 42 -
Figura 19. Riel de inyectores Valtek 30 .....	- 43 -
Figura 20. Conmutador Go Fast .....	- 44 -
Figura 21. Sensor de Nivel WPG-4.....	- 45 -
Figura 22. Sensor PS-04.....	- 46 -
Figura 23. Centralita Go Fast .....	- 47 -
Figura 24. Ventana de búsqueda automática .....	- 47 -
Figura 25. Panel de Señales.....	- 48 -
Figura 26. Inhabilitación de inyectores de gas en monitor de señales. ....	- 49 -
Figura 27. Panel de configuraciones.....	- 50 -
Figura 28. Osciloscopio.....	- 50 -
Figura 29. Mapa de multiplicador .....	- 51 -

Figura 30. Ventana de configuración de parámetros. ....	- 53 -
Figura 31. Control de prueba de actuadores .....	- 53 -
Figura 32. Panel de Autocalibración. ....	- 54 -
Figura 33. TIP41.....	- 55 -
Figura 34. Timer NE555.....	- 56 -
Figura 35. Caja Negra .....	- 67 -
Figura 36. Bosquejo de módulo (solución 1).....	82
Figura 37. Bosquejo de módulo (solución 2).....	82
Figura 38. Bosquejo de (módulo solución 3).....	83
Fuente. Elaboración propia.....	83
Figura 39. Bosquejo de módulo (solución 4).....	84
Figura 40. Esquema de conexión de integrado NE555.....	87
Figura 41. Integrado NE555 en Proteus 8 .....	88
Figura 42. Circuito pulsador de inyectores diseñado en Proteus 8 Professional .....	89
Figura 43. Simulación del pulsador de inyectores .....	90
Figura 44. Diseño PCB en Proteus 8 Professional .....	91
Figura 45. Diseño 3D del circuito pulsador de inyectores.....	92
Figura 46. Circuito para impresión.....	93
Figura 47. Circuito pulsador de inyectores.....	94
Figura 48. Batería 12 VDC.....	95
Figura 49. Curva de resistencia de termistor NTC respecto a su temperatura. ....	96
Figura 50. Curva de Voltaje vs Vacío del sensor MAP.....	98
Figura 51. Diagrama de conexión de potenciómetro y sensor de presión .....	99
Figura 52. Tablero diseñado en SolidWorks. ....	101
Figura 53. Esquema de conexión de la Centralita GAS con el circuito pulsador .....	102
Figura 54. Esquema de instalación de relay de 12 V.....	103
Fuente. Elaboración propia.....	103
Figura 55. Emulación de inyectores de gasolina .....	104
Figura 56. Ramal eléctrico instalado en el interior del módulo. ....	104
Figura 57. Módulo de aprendizaje del sistema GLP STAG 200 Go Fast.....	105

Figura 58. Selección del tipo de inyector de gas .....	107
Figura 59. Selección de la cantidad de cilindros .....	107
Figura 60. Parámetros para cambio de gasolina a gas. ....	108
Figura 61. Inicio de Autocalibración. ....	108
Figura 62. Trabajo de los tiempos de inyección de gas durante la Autocalibración. ....	109
Figura 63. Autocalibración finalizada .....	110
Figura 64. Índice de emisiones de gases de Gasolina y GLP .....	128
Figura 65. Emisión específica para Gasolina y GLP .....	128

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

La contaminación a nivel ambiental y la falta de energía son problemas que incrementan y se convierten en preocupaciones mundiales de gran escala; afirman (Erkus, Karamangil, & Surmen, 2015), uno de estos problemas es la mala emisión de gases contaminantes de los vehículos de uso cotidiano. Para evitar estos problemas se requiere de combustibles alternativos que cuenten con características no sólo de ahorro sino de encontrar una adecuada forma de proteger al medio ambiente, el Gas Licuado de Petróleo (GLP) y el Gas Natural Vehicular (GNV) son combustibles de bajo precio y muy amigables con el medio ambiente por sus características y propiedades.

Según (Otero, 2020), el GLP es el combustible alternativo más utilizado en el mundo, más de 15 millones de automóviles lo usan. Es por ello que denodados esfuerzos se vienen realizando por encontrar una eficiencia cada vez más rentable para el usuario final sin descuidar los efectos provocados en el medio ambiente. También lo afirman (Norrizal, y otros, 2020) “El GLP es un combustible alternativo de uso común en los motores de encendido por chispa”.

La tecnología acompañada de la calidad de sistemas de Quinta Generación de GLP constituye un buen equipo de funcionamiento para vehículos tradicionales de uso a gasolina, siendo adaptados para ahorrar dinero en el recorrido diario del automóvil ya que trabaja con una electrónica que controla muy detalladamente cada parámetro involucrado en el buen funcionamiento del motor de combustión interna, interpretando los parámetros de funcionamiento en gasolina. Un kit de GLP de Quinta Generación se constituye (en términos generales) de: un Reductor, Tanque de abastecimiento, Filtros, Tuberías de Cobre para abastecimiento y alimentación, mangueras de conducción de gas, Riel de inyectores, Sensor MAP, Sensor de temperatura y la Unidad de Control Electrónico (ECU), la cual se conecta por medio de una interfaz hacia una laptop (una vez montado todo el kit en un automóvil) y finalmente el técnico encargado de la calibración puede visualizar los parámetros que proporciona la ECU para encontrar la eficiencia adecuada.



Un problema que es constante en los sistemas de quinta generación de gas es que conforme pase el tiempo de uso, los componentes se van dañando, es por ello que se registran errores. La mala calibración del sistema de trabajo también provoca que haya inestabilidad en el funcionamiento del motor así como el consumo excesivo de gas.

Existe una disminución de contaminantes de HC y CO a un 65% y 50% respectivamente cuando se usa el Sistema GLP, sin embargo, disminuye la eficiencia en comparación con gasolina. Los métodos aplicados a la investigación del proceso de inyección entre gasolina y GLP son distintos, una de estas investigaciones consiste en explorar las pulsaciones de GLP en el riel de inyectores. (Szpica & Czaban, 2014)

Cabe mencionar que se realizaron cálculos en los cuales se conoce el consumo específico de gas y de gasolina en un motor de Kia Picanto 998 cc; para una masa de 2,0825 kg de gasolina le corresponde un consumo específico de 0,056 kg/kWh y para una masa de 2,2859 kg de GLP, le corresponde un consumo específico de 0,0653 kg/kWh como se muestra en la tabla 1. El ahorro al precio actual de gas en comparación con la gasolina es del 36,14%.

**Tabla 1.**

Flujo másico de gas y gasolina de muestra en un auto Kia Picanto.

<b>Combustible</b>	<b>Flujo másico en kg/h</b>	<b>Flujo másico en l/h</b>	<b>Flujo másico en gal/h</b>
Gasolina	2,0875	2,0875	0.5515
GLP	2,2859	2,2859	0.6039

**Fuente.** Elaboración propia

Otro dato importante es que se calculó la cantidad de emisiones de gases contaminantes que se produce al trabajar con GLP y con gasolina, en la tabla 2 se muestra el resumen de los resultados obtenidos; todos estos datos y el análisis de cálculo para llegar a ellos se encuentran en el Anexo 6.3.

**Tabla 2.**

Resumen de emisiones de gases contaminantes por especie

<b>Combustible</b>	<b>Especie</b>	<b>Índice de emisiones</b>	<b>Emisión específica (kg/kWh)</b>
--------------------	----------------	----------------------------	------------------------------------

<b>Gasolina</b>	NO <sub>2</sub>	0,14480	0,000820
	CO	0,01346	0,000763
	SO <sub>2</sub>	0,0231	0,001309
	CO <sub>2</sub>	0,02307	0,001307
<b>GLP</b>	NO <sub>2</sub>	0,01312	0,000817
	CO	0,01224	0,00076
	SO <sub>2</sub>	0,02102	0,001309
	CO <sub>2</sub>	0,02099	0,001307

Fuente. Elaboración propia

### 1.1.1. A Nivel Internacional.

En Polonia, los autores (Szpica, D; Dziewitkowski, M, 2020) afirman que todos los automóviles nuevos deben cumplir con los requisitos de las reglamentaciones de pruebas legislativas. Esto tiene que ver con la composición de gases de escape y la cantidad de consumo del combustible, sea este original (gasolina) o alternativo (GLP). Para probar y medir estas variables, dichos autores plantearon utilizar la metodología basada en: Nuevo Ciclo de Conducción Europeo (NEDC) y Prueba de Vehículos Ligeros armonizados a nivel mundial (WLTC). Las emisiones de los vehículos se miden en g/km, es por tanto necesario utilizar analizadores de gases de escape para una mayor precisión. Realizando estas pruebas los autores afirman que las principales diferencias entre los ciclos NEDC y WLTC las encontraron en: aceleración, potencia específica, la demanda total de energía. Siendo el GLP el combustible alternativo más común, mientras que los sistemas secuenciales multipunto son los más populares. Los algoritmos de GLP se modifican constantemente como resultado de lo cual es posible suministrar en fase líquida o fase gaseosa según sea el caso. Se menciona que uno de los principales problemas es la cantidad de volumen de gas que se debe dosificar ya que este es mayor que en gasolina. El ciclo WLTC ofrece una realidad más precisa para en comparación con el ciclo NEDC.

En China, (Gong, y otros, 2019) investigaron acerca del arranque en frío de motores de encendido por chispa mediante el uso del Metano y GLP encontrando diferencias muy significativas entre uno y otro. Afirman que el Metanol es uno de los combustibles más prometedores para el uso en motores de automóviles en China, debido a que el gas se origina desde el carbón que se encuentra en abundancia en este país; sin embargo, por su alto calor latente y su baja presión de vapor resultan deficientes para el encendido de motores a

temperatura ambiente. El GLP es el combustible alternativo más adecuado para arranque en frío, el primer ciclo de arranque de un motor es en frío. El estudio permitió conocer que la cantidad de combustible inyectada es así como la sincronización de la inyección determina la preparación de la mezcla y también emisiones de HC, metanol no quemado y formaldehído. El objetivo principal de este trabajo fue demostrar y explicar los efectos de los parámetros de inyección de combustible incluida la cantidad inyectada por cada ciclo y los tiempos de inyección de Metanol/GLP.

En Varsovia (Polonia), los investigadores (Wieclawski, Maczak, & Szczurowski, 2018) presentan una propuesta para mejorar el modelamiento del inyector de gas partiendo de pruebas de cambios en la corriente de funcionamiento del émbolo que trabaja en el interior del inyector. En la Figura 1, se presenta el modelo de inyector de gas Hanna 2000, el cual fue sometido a las pruebas necesarias de flujo de corriente.

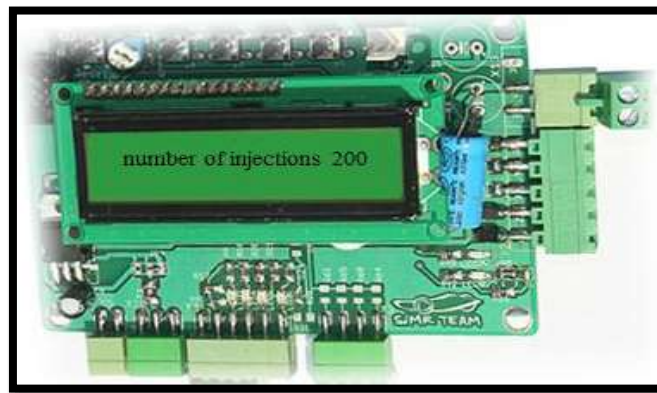


**Figura 1.** Inyector Modelo Hanna 2000

**Fuente.** (Wieclawski, Maczak, & Szczurowski, 2018)

Por medio de este estudio experimental en laboratorio las observaciones se extienden alrededor del flujo magnético de que se presenta en la bobina del inyector. Los cambios ocurientes en la bobina el inyector se relaciona con las ecuaciones diferenciales de la ley de Kirchhoff, es decir si se logra controlar la posición del émbolo se tiene como resultado la posición exacta del mismo. Se construyó un Stand de Laboratorio para que se apliquen las mediciones de dosis de gas muy parecidas a las dosis de gas en un automóvil, Mediante un módulo de adquisición de datos se registraron los parámetros preestablecidos, así como los parámetros del ciclo WLTC, para registrar dichos parámetros se tiene un voltaje de entrada y otro voltaje de salida, el muestreo de los datos dio como resultado valores de

corriente medidos que ascendieron hasta 51.2 kHz. En la Figura 2, se muestra el módulo de control con el que se trabajó.



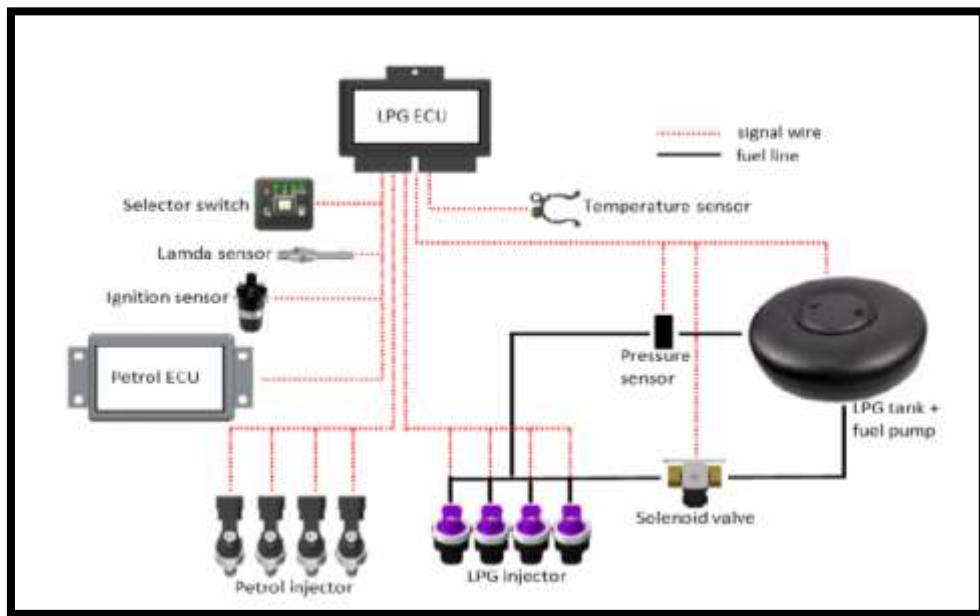
**Figura 2.** Módulo de control para datos.

**Fuente.** (Wieclawski, Maczak, & Szczurowski, 2018)

En Portugal y Bulgaria, los investigadores (Ivanov, Stoyanov, Mihaylov, & Santos, 2021) afirman que el proceso de abastecimiento o dosificación de GLP y GNC se relacionan en características con la entrega de combustible en fase gaseosa. Esta inyección es mediante inyectores electromagnéticos, la presión que sale de los inyectores hacia el motor es variable de acuerdo con la presión del colector de admisión, es decir el flujo másico el combustible varía eventualmente con cambio en la presión del colector. Las características de los parámetros de los inyectores de gas se determinan de forma experimental mostrando que dependen de la señal del control eléctrico de combustible inyectado a presión variable. Finalmente, los investigadores concluyen que al aumentar la carga (aumento de vacío en el colector) el coeficiente del software utilizado en la ECU gas debe corregirse en sentido negativo.

En Malasia, (Mustaffa, Mustaqim, Fawsi, & Azmir, 2016) presentan un artículo de revista científica en donde explican el proceso de conversión de un auto de gasolina a GLP, explicando los componentes necesarios para dicha conversión. La Política Nacional Automotriz de Malasia (NAP - 2014) tiene como objetivo convertir a Malasia en un Centro automotriz regional en vehículos energéticamente eficientes. (EEV) con miras a reducir el 40% de CO<sub>2</sub>. En la parte experimental se convirtió un vehículo original a gasolina de modelo Proton Gen-2 de 1600 cc. La conversión que se realizó fue de un kit GLP secuencial como de muestra en la Figura 3. Este kit fue montado bajo la supervisión adecuada y aplicando conocimientos técnicos de mecánica, posteriormente se requiere la activación del sistema

mediante un software dedicado instalado en la computadora de trabajo y que mediante una interfaz se conecta a la ECU GLP. EL proceso de calibración se realizó con el mismo software, mapeando la ECU gas con la ECU gasolina y las señales de los sensores relacionados para comenzar la mezcla. Finalmente, una vez calibrado el sistema por completo se verificó que no haya fugas ni desperfectos en su funcionamiento.



**Figura 3.** Kit de conversión secuencia GLP

**Fuente.** (Mustaffa, Mustaqim, Fawsi, & Azmir, 2016)

En el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica de Bialysok, Polonia, el investigador (Szpica D. , 2018) afirma que existen muchos factores que influyen en la variación del funcionamiento del cilindro individual. Dentro de estos factores, los más resaltantes son:

- La composición de mezcla de aire y combustible, representada por el coeficiente de exceso de aire.
- La cantidad de mezcla de aire y combustible representada por el coeficiente de llenado.

Estos dos puntos dependen a grandes rasgos de la mezcla del colector. Realizando estudios de dosificación de inyectores de gasolina y gas, demostrando que para gasolina el desnivel de dosificación es de 0.25% para inyectores nuevos y hasta 5% en inyectores usados; sin embargo, en inyectores de GLP nuevos tienen un desnivel de dosificación de 1%

aproximadamente y en inyectores usados llega hasta el 10%. El autor menciona que esto se debe muchas veces a la mala calibración por parte del algoritmo en el software de control de la ECU gas. La dosificación de combustible en inyectores de gasolina se reguló favorablemente, pero en los inyectores de gas se evaluó el pase de gas por medio de las boquillas o toberas que no se calibran correctamente; esto motivó el objetivo de evaluar la influencia del diámetro de las boquillas. Mediante pruebas de error se observó que el error promedio no excedió el 1.5% y el error máximo no superó el 4.2% del rango estudiado, siendo el coeficiente de determinación de alrededor del 99%. La necesidad de monitorear la dosificación de los inyectores de GLP se confirmó mediante el mantenimiento.

En Ecuador (Ortega, 2013) diseñó una maqueta didáctica del sistema general de inyección de gasolina en un motor V6, para analizar las relaciones de funcionamiento de la ECU. Los parámetros estudiados fueron: velocidad media del pistón, consumo de combustible, compresión, potencia y torque. Principalmente se estudia el sistema de inyección en los siguientes parámetros:

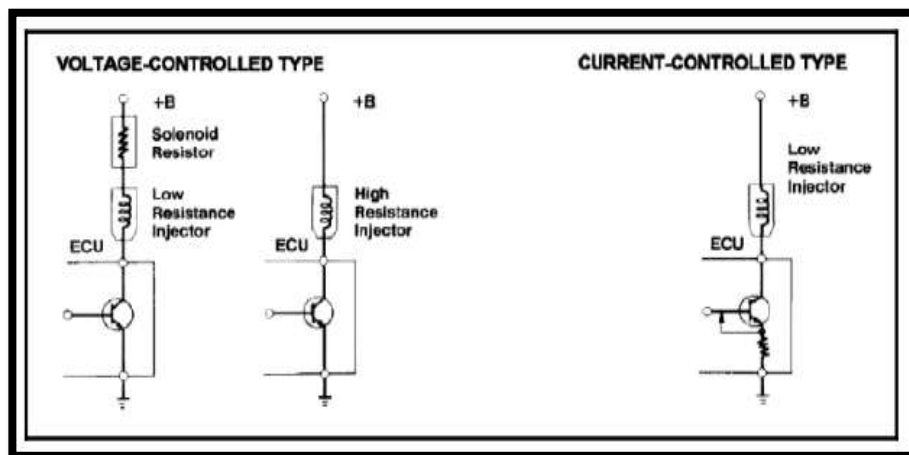
- Control de adelanto de tiempo
- Control de cantidad de inyección
- Retroalimentación del sistema

Adicional a los estudios realizados se determina el funcionamiento de sensores como TPS y O<sub>2</sub> para conocer los parámetros generales de trabajo. Para poner en marcha las pruebas del motor se tuvo que cambiar elementos como camisas del monoblock, rines y empaquetaduras para evitar fugas de aceite. Mediante un previo mantenimiento al sistema eléctrico y electrónico se conectaron las líneas de ECU y del sistema de ignición. La finalidad de la maqueta es que funcione el sistema de inyección e ignición para lo cual se utiliza una tabla de que permite visualizar y controlar los parámetros.

Así también en Ecuador, (Godoy & Villamarín, 2016) construyen una maqueta automotriz con elementos del motor de Chevrolet Corsa Wind, con la finalidad de mostrar el trabajo de sensores y actuadores con sus respectivos parámetros. Para la conexión de estos elementos se colocó un arnés original de Chevrolet Corsa debido a que los conectores de sensores y actuadores son únicos, los mismos que son fijados en la parte posterior de la maqueta para evitar la manipulación de los estudiantes. Para generar el movimiento circular que simule al que otorga un motor, se conectó un taladro acoplado a una polea dentada con

el sensor CKP logrando tener lectura de entre 0 y 2700 RPM, del mismo modo se obtuvo una velocidad de 140 km/h simulando la velocidad permitida por norma. En la mariposa de aceleración se accionó un cable entre 0% y 99% siendo los resultados de voltaje 0.4 V y 4.8 V respectivamente lo cual corresponde al funcionamiento común del vehículo. En cuanto a los inyectores, se mostró su adecuado trabajo en presión pulverización y finalmente para demostrar el trabajo del trompo de temperatura y del Sensor de temperatura del refrigerante (ECT), fueron sumergidos en un a probeta de 1000 ml con una niquelina controlada desde el tablero, para dar lectura de los parámetros se utilizó un Escáner automotriz.

En Córdoba, Argentina (Alejandro & Alejandro, 2016) tuvieron por objetivo principal el diseñar y construir un prototipo capaz de probar y limpiar inyectores por ultrasonido. Para lograr este diseño se estudió la modulación de ancho de pulso para lograr el funcionamiento de los inyectores; en la ECU gasolina se ubica un microcontrolador que genera la señal adecuada mediante la Modulación de ancho de pulso (PWM) que calcula la variación del tiempo entre el estado superior e inferior de una señal digital. En la Figura 4, se muestra el circuito que controla a los inyectores.



**Figura 4.** Circuito controlador de los inyectores

**Fuente.** (Alejandro & Alejandro, 2016)

Para una mejor explicación del trabajo de la señal que reciben los inyectores de gasolina, se muestra la Figura 5, la cual detalla cada una de las conexiones incluyendo la del transistor de potencia MOSFET y la señal emitida activa un transistor BJT finalizando con el accionamiento de un relay.





La investigación tiene como finalidad mejorar la interpretación de fallas presentes en motores para los estudiantes de la escuela de Ingeniería Mecánica, teniendo en cuenta que existe un gran número de técnicos que aún no tienen un scanner en sus talleres, lo cual genera que se prolongue el tiempo para realizar un diagnóstico. Finalmente se recomienda que se evalúe la propuesta de tener un laboratorio en la universidad dedicado al diagnóstico de autos pesados y livianos, en ese sentido ofrecer un servicio para el público en general y así generar ingresos económicos y experiencia para los alumnos. (Aguilar, 2016)

### 1.1.3. A Nivel Regional.

En Lambayeque, (Arbulú & García, 2018) elaboraron un trabajo para el Modelamiento y Simulación de un motor por medio de una interfaz gráfica de usuario (GUI). Este trabajo permite que los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica puedan conocer de forma didáctica los parámetros de funcionamiento de un motor de ciclo Otto. Esta interfaz fue desarrollada en MATLAB. La GUI muestra las curvas características de potencia, consumo, eficiencia y otros; relacionando las RPM, los autores de este proyecto cuentan con una base de datos como se muestra en la Figura 6, que representa la variación de parámetros respecto a las revoluciones por minuto.

<b>MOTOR SUZUKI M16A</b>				
<b>Datos de Banco de Pruebas</b>				
<b>Revoluciones por minuto (n)</b>	<b>Potencia (Ne)</b>	<b>Torque (Me)</b>	<b>Consumo específico (Ge)</b>	<b>Rendimiento (<math>\eta_e</math>)</b>
<b>(rpm)</b>	<b>(Kw)</b>	<b>(N.m)</b>	<b>(g/kW-h)</b>	<b>(%)</b>
800	7.47	101.47	372.01	20.09
1000	10.18	109.03	341.16	21.85
1200	11.94	106.20	348.89	21.38
1400	14.62	110.92	332.46	22.41
1600	17.18	113.74	323.47	23.01
1800	19.99	117.51	312.67	23.79
2000	22.39	118.45	310.15	23.97
2200	26.61	127.85	287.10	25.85
2400	30.46	130.66	273.60	27.09
2600	32.97	130.66	273.87	27.06
2800	37.01	136.28	262.75	28.18
3000	38.23	131.60	272.48	27.20
3200	42.78	138.15	259.77	28.49
3400	45.71	139.09	258.32	28.65
3600	47.69	137.22	262.17	28.24
3800	51.65	140.96	255.50	29.96
4000	55.08	140.49	252.19	32.33
4200	61.03	148.43	238.98	31.91
4400	64.26	149.37	237.77	32.56
4600	66.27	147.50	241.06	32.65
4800	69.83	146.57	238.72	32.94
5000	72.65	146.57	238.99	30.91
5200	72.60	140.96	248.74	29.72
5400	74.81	140.03	250.66	29.50

**Figura 6.** Variación de parámetros respecto en función de las RPM

**Fuente.** (Arbulú & García, 2018)

El entorno de la GUI es de fácil uso y comprensión para quien manipule los datos a ingresar. Los resultados que se obtienen a partir del uso del software son casi idénticos a los reales, de tal modo que se pueden utilizar en motores de características similares.

Después de haber recopilado la información necesaria, se procede a explicar los parámetros que muestra el software proporcionado por el proveedor de equipos GLP de Quinta Generación (Stag 200 Easy 0.29.01) : Temperatura de Reductor, Temperatura de Gas, Presión de Reductor, Vacío MAP, Tiempos de inyección de Gasolina, Tiempos de inyección de Gas, RPM y gráficamente un multiplicador que mostrará las curvas de trabajo de Gas y Gasolina; estas curvas de trabajo toman forma de acuerdo al recorrido del vehículo si estas curvas logran intersectarse demuestra que realizó una adecuada calibración y por ende una buena eficiencia. Los parámetros mencionados que desde ahora serán llamados Parámetros de Gas son modificables, es decir se pueden variar indicando que el motor cambie de gasolina a gas en una temperatura adecuada, que cambie a cierta cantidad de revoluciones, etc. Así también el sistema de Quinta Generación está preparado para re-conmutarse a gasolina si es que en el trabajo a gas hay algún desperfecto.

Según (Norrizal, y otros, 2020) existen 22.8 millones de vehículos que utilizan GLP como combustible en todo el mundo y esta cantidad irá en aumento, por tal razón es necesario conocer cómo trabaja este sistema siendo un problema para muchos técnicos que no calibran adecuadamente el sistema generando pérdidas de potencia y una mala eficiencia en el consumo de combustible en un automóvil, más aún cuando existe emisión de gases no adecuados para el medio ambiente.

Una de las formas de conocer los parámetros de gas es montar un sistema en un vehículo, sin embargo, para fines técnicos y académicos se propone en esta Tesis el **Diseño y Construcción de un Módulo para la Autocalibración de parámetros de funcionamiento en un sistema GLP STAG 200 Go Fast**. Lo cual permitirá conocer el trabajo de los componentes electrónicos de GLP y además permite que cualquier técnico especialista en la materia pueda realizar pruebas y testeos a sensores y actuadores sin necesidad de hacerlo en el vehículo ya que es más cómodo trabajar en un módulo o banco de prueba que tener los componentes montados en un auto.

## 1.2. Antecedentes de Estudio

Según (Godoy & Villamarín, 2016) en su artículo presentan la construcción de una maqueta que permite conocer el funcionamiento de sensores y actuadores de tipo automotrices, siendo los estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz los cuales utilizarán este material didáctico. La maqueta se construyó con accesorios electrónicos del auto Chevrolet Wind 2001, los componentes electrónicos fueron montados en un mueble ergonómico para su fácil manipulación y evitar una mala postura de los estudiantes. Finalmente se comprobó el buen funcionamiento de todos los sensores y actuadores que sirvieron para este trabajo como herramienta de diagnóstico para los estudiantes de la escuela mencionadas líneas arriba.

Uno de los trabajos de investigación respecto al diseño de un Modelo de Unidad de Control GLP lo presentan los investigadores (Erkus, Karamangil, & Surmen, 2015) que utilizaron un motor originalmente carburado a gasolina convertido a un sistema secuencial con un kit de conversión GLP excepto la ECU, la cual es diseñada y fabricada por los investigadores teniendo en cuenta los efectos de interferencia electromecánica para el control automático de la inyección. La comparación de resultados demuestra que la ECU es óptima para ser utilizada y puede ayudar a emitir bajas emisiones de escape y muy buen rendimiento del motor.

Por otro lado, (Norrizal, y otros, 2020), en su artículo denominado “Effects of liquid LPG injection on combustion stability in spark ignition engines” describen que realizaron pruebas de inyección de GLP líquido en lugar de hacerlo como tradicionalmente se usa con GLP gaseoso. El estudio se realizó en un motor atmosférico de 1600 cc a 2000 rpm y 3000 rpm aplicando distintas posiciones de la apertura del acelerador (25%, 50%, 75% y 1000%). Finalmente, los resultados encontrados se compararon con la combustible gasolina.

Uno de los problemas en la inyección de combustible es la cantidad de dosificación que se aplica en el trabajo de los inyectores, por lo mencionado, los investigadores (Szpica & Czaban, 2014) estudiaron el problema de la irregularidad de inyección en los sistemas clásicos y alternativos (Gasolina y GLP); se afirmó que estudiar los inyectores usados es difícil, sin embargo, es mejor conocer la situación existente del trabajo de los mismos. Los resultados obtenidos en esta investigación demostraron que en los inyectores de gasolina

existe un 0.5% de irregularidad de dosificación en inyectores nuevos y 6% en inyectores usados, mientras que en GLP alcanza el 5% en inyectores nuevos y hasta un 50% en inyectores usados.

Los ciclos de conducción estandarizados New European Driving Cycle (NEDC) y Worldwide Harmonized Light (WLTC) son estudiados en la investigación de (Szpica, D; Dziewitkowski, M, 2020). Estos estudios se llevan a cabo en laboratorios donde se evalúan las emisiones de vehículos. El vehículo de prueba estuvo equipado con un equipo GLP de sistema multipunto. Los parámetros funcionales fueron registrados y almacenados, se comparan los parámetros en cada ciclo, siendo el ciclo WLTC el más efectivo en emisiones usando GLP.

Según, (Alejandro & Alejandro, 2016) en su proyecto de investigación estudian del trabajo de los inyectores de gasolina, así como su mantenimiento, resalta la importancia de estos para el buen o mal funcionamiento del motor; por este motivo el autor propone diseñar un banco de pruebas para inyectores. Los conocimientos adquiridos en el Instituto Universitario Aeronáutico fueron los suficientes para elaborar este diseño mediante un adecuado mantenimiento de inyectores con ultrasonido. La recomendación de los especialistas según los autores es que los inyectores deben tener un primer mantenimiento a los 50 000 km de recorrido. Una vez hechas las pruebas se concluye que existe un mejor consumo de combustible alargando también la vida útil del vehículo.

(Wieclawski, Maczak, & Szczurowski, 2018) En su artículo “Electrical Current Characteristics of the Injector” presentan el estudio para modelar el trabajo de los inyectores de gas cambiando el nivel de corriente durante el funcionamiento del émbolo. Este trabajo tiene como finalidad indicar que los parámetros de dosificación de gas se pueden mapear, además la observación de la corriente suministrada permite conocer la posición del émbolo; el tiempo de inyección de gas se mide en milisegundos, así también la inductancia del núcleo del inyector varía según la posición del pistón interno. La corriente que pasa por la bobina y las otras cantidades mencionadas de determinan con la ecuación diferencial de Kirchhoff.

Un aporte también importante es el de (Gong, y otros, 2019) que investigan sobre el arranque en frío de los motores de metanol de encendido por chispa, aduciendo que sería

mejor inyectar un porcentaje de GLP al encendido en frío logrando así una mejor eficiencia en el arranque a baja temperatura. Los tiempos de inyección de metanol y GLP se comparan experimentalmente en emisiones de gases, los resultados muestran que sólo es necesario una mínima cantidad de inyección de GLP para un óptimo arranque siendo un factor clave de confianza. Los parámetros de inyección de combustible emiten Hidrocarburos (HC) que son 74% menos en condiciones críticas. En conclusión, al alterar los parámetros de inyección el metano que no se quema muestra bajas emisiones de formaldehído e HC.

Según (Ivanov, Stoyanov, Mihaylov, & Santos, 2021) El proceso de repostaje en motores de combustión interna alimentado por combustibles gaseosos es un factor importante para su funcionamiento. El sistema más común es aquel que dosifica combustible por medio de inyectores de gas, siendo distinto a la dosificación de la inyección de gasolina porque estos últimos utilizan fase líquida. De acuerdo a investigaciones se descubrió que las fugas de gas son críticas en condiciones normales mientras funciona el motor, dependen de la presión de gas que se proporcione y no del funcionamiento del colector de admisión.

En ese mismo sentido relacionado con el párrafo anterior, (Mustaffa, Mustaqim, Fawsi, & Azmir, 2016) en su artículo muestra la metodología que aplicó para convertir un motor de encendido por chispa montando un sistema GLP de 5<sup>ta</sup> generación, siendo controlado este equipo por la ECU dedicada compartiendo parámetros de la ECU original del automóvil, el autor explica detalladamente el proceso de conversión y afirma que el sistema original permanece sin cambios y el modo de selección de combustible es por medio de un botón.

Para el óptimo funcionamiento de la dosificación de inyectores de GLP es necesario aperturar adecuadamente las toberas o boquillas, por ello (Szpica D. , 2018), presenta una metodología referente al flujo original de inyectores GLP/GNV. Afirma que cuando se adapta un sistema secuencial de gas, las boquillas de los inyectores se tienen que montar con el fin de variar los parámetros, en tanto que el autor evaluó el efecto que tiene el diámetro de las boquillas en el pase de gas. Los rendimientos promedio fueron de 0.0235

mm – 3.3683 mm y la diferencia en el desnivel fue de 0.0694 (mínimo) – 0.7703 (máximo). Se presentó las características de flujo para ambos diámetros de toberas.

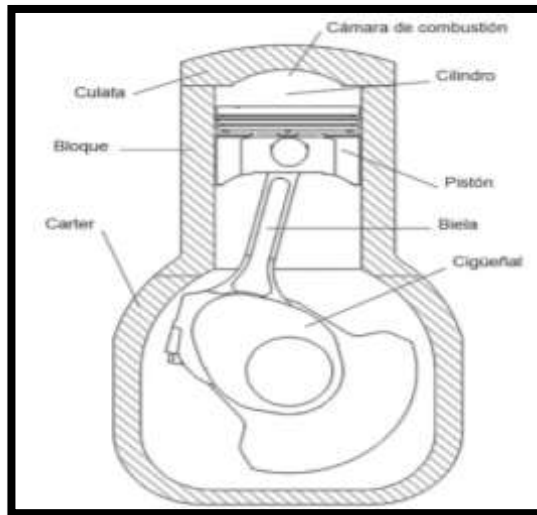
(Ortega, 2013) en su trabajo de investigación elaboró una maqueta que muestra el sistema de inyección de gasolina, así como del sistema de encendido de un motor de combustión interna V6 (Pontiac 3800 cc), de tal modo que se conozca el trabajo de la ECU con los parámetros funcionales adecuados. Los parámetros de estudio fueron: velocidad media del pistón, relación de carrera diámetro, relación de compresión, consumo específico, potencia y torque. Antes de realizar las pruebas necesarias de procedió a la revisión y cambio de algunos elementos del motor como: camisetas de monoblock, empaquetaduras, etc. Para construir la maqueta, en primer lugar, fue necesario realizar un análisis estático que permita conocer la resistencia de la estructura del motor. Una vez hecho el montaje adecuado se comparan las ondas características de trabajo del motor con las ondas generadas en la maqueta.

(Arbulú & García, 2018), egresados de la Universidad Señor de Sipán de Pimentel, presenta un trabajo de investigación en el cual propone diseñar una GUI que muestre el modelado y simulación de los motores de combustión interna, para desarrollar este trabajo se tomó como referencia un motor de ciclo Otto Suzuki M16A. La interfaz fue desarrollada en MATLAB. Los resultados muestran las curvas de potencia, rendimiento, consumo y torque; el trabajo de investigación tiene como finalidad implementarlo en el Taller de Ciencias Térmicas para el aprendizaje de los alumnos de la EAP Ingeniería Mecánica Eléctrica.

### **1.3. Teorías Relacionadas**

#### **1.3.1. Motor de Combustión Interna.**

Según (Rovira & Muñoz, 2015) Los motores de combustión interna alternativos, son aquellos motores que trabajan térmicamente en desplazamiento positivo, el émbolo se desplaza linealmente con un mecanismo de biela-manivela. Se denominan de combustión interna porque el propio fluido que se desarrolla en el motor es el que genera el estado térmico. En la figura 7 se muestran los componentes básicos de un motor de combustión interna.



**Figura 7.** Principales componentes de un motor de combustión interna

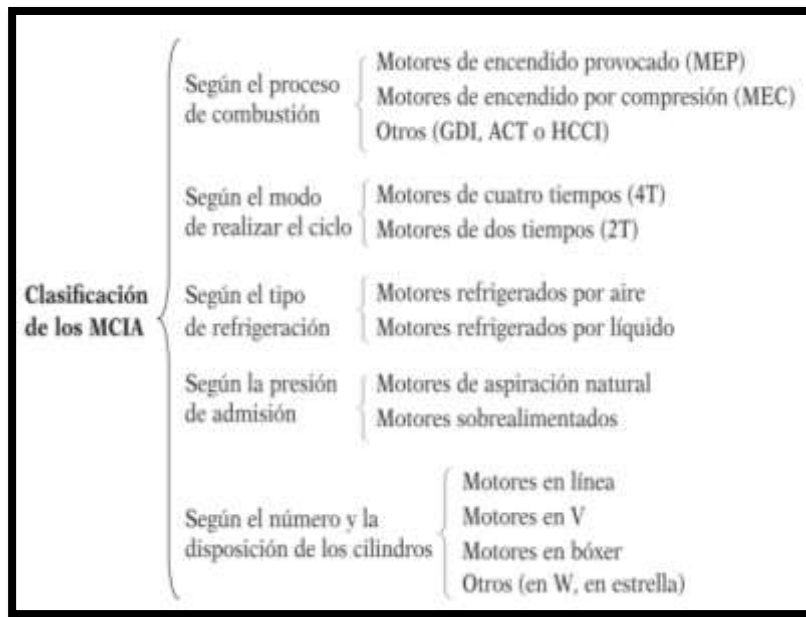
**Fuente.** (Rovira & Muñoz, 2015)

Los procesos realizados por el motor se repiten constantemente constituyendo un ciclo termodinámico abierto:

- Admisión; es el proceso donde se mezclan aire-combustible (depende del tipo de motor)
- Compresión; en este proceso se logra incrementar el rendimiento termodinámico que presenta el motor.
- Combustión; es el proceso en el cual se origina el estado térmico del fluido con el cual se trabaja debido a la temperatura y altas presiones.
- Expansión; aumenta el volumen del cilindro debido a la expansión de gases. La presión que ejercen los gases, la presión de los gases se transforma en fuerza en el eje de cigüeñal.
- Escape, los gases de combustión se expulsan al exterior.

En los procesos de compresión, combustión y expansión se forma el ciclo termodinámico del motor. No existe intercambio de materia.

El autor clasifica a los motores de combustión interna alternativos como se muestra en la figura 8.



**Figura 8.** Clasificación de los motores de combustión interna

**Fuente.** (Rovira & Muñoz, 2015)

### 1.3.2. Combustibles Alternativos.

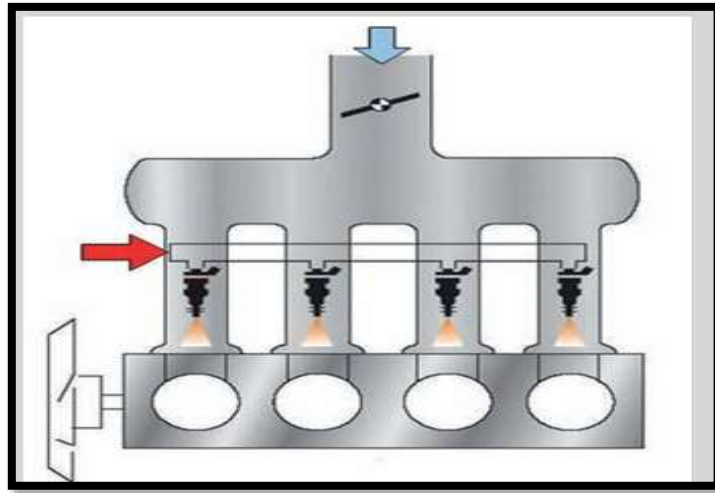
Según (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2005) el GLP es un combustible alternativo que nace de la mezcla de Butano y Propano, por lo general el compuesto es de 70% y 30% respectivamente. El GLP se licúa en condiciones bajas de presión (10 bares). El almacenamiento del GLP en el tanque es en fase líquida, mientras que la combustión es en fase gaseosa. La potencia y rendimiento de un auto a GLP es muy similar al de gasolina. La mayoría de los automóviles a gasolina pueden ser convertidos a GLP, inclusive existen autos que son fabricados con este combustible como original, sin embargo, los motores diésel no son económicamente viables para esta conversión.

Desde el punto de vista de la seguridad de los Sistemas GLP, el material de los tanques debe tener una alta resistencia para soportar los impactos del automóvil cuando ocurran accidentes, una válvula de escape cuando ocurren altas temperaturas. En cuanto al cuidado del medio ambiente, el GLP generan emisiones contaminantes (NO<sub>x</sub>, CO, HC) mucho menores en comparación con la gasolina. El costo del GLP en relación a la gasolina es un 30% menor.

### 1.3.3. Sistema de inyección electrónica en Gasolina



Según (González, 2012) El sistema de inyección electrónica multipunto cuenta con un inyector por cada cilindro, En comparación con la inyección indirecta mecánica, estos inyectores trabajan de forma eléctrica. El funcionamiento lo establece la ECU. En la figura 9 se muestra la posición de los inyectores en un sistema multipunto.



**Figura 9.** Posición de inyectores de gasolina

**Fuente.** (González, 2012)

La inyección electrónica multipunto trabaja de forma intermitente (simultánea o secuencial) a diferencia de la inyección mecánica que de tipo directa.

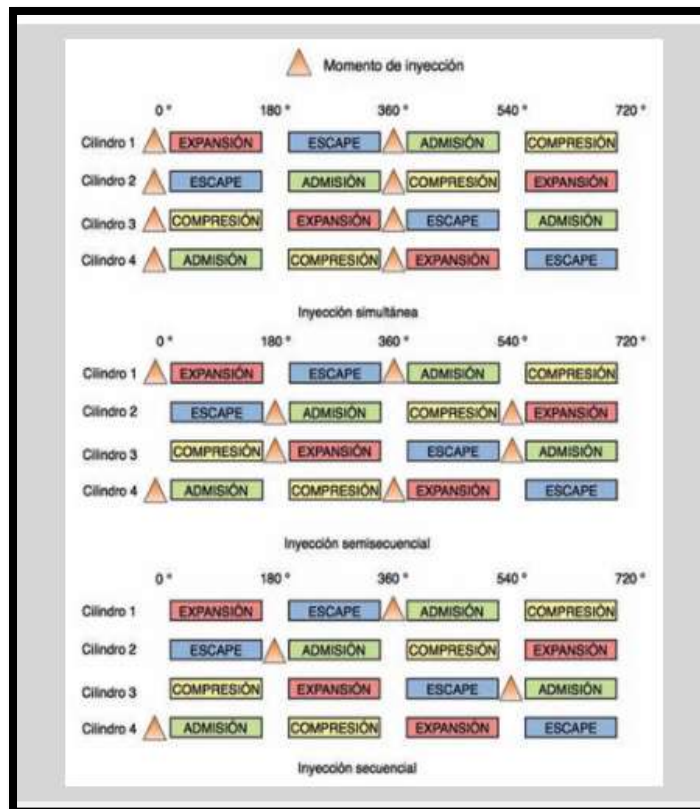
#### **1.3.3.1. Tipos de Inyección Electrónica.**

**A. Simultánea:** Los inyectores se activan cada vez que el cigüeñal da una vuelta (dos veces por cada ciclo) El ciclo de la inyección inicia antes de que el pistón del primer cilindro alcance el Punto Muerto Superior.

**B. Semisequencial:** La inyección se da por cada par de cilindros. Si el motor es de cuatro cilindros se activarán en primer lugar los inyectores de los cilindros 1 y 4 y luego los inyectores de los cilindros 2 y 3. La inyección se realiza un poco antes de que el primer par de cilindros se encuentre en el Punto Muerto Superior.

**C. Secuencial:** La inyección en este tipo se da de forma independiente, es decir cada uno de los inyectores se activa por cada ciclo de trabajo (respetando el orden de encendido)

En la Figura 10 se muestran los tipos de inyección descritos anteriormente en un motor de 4 cilindros con un orden de encendido 1-3-4-2.



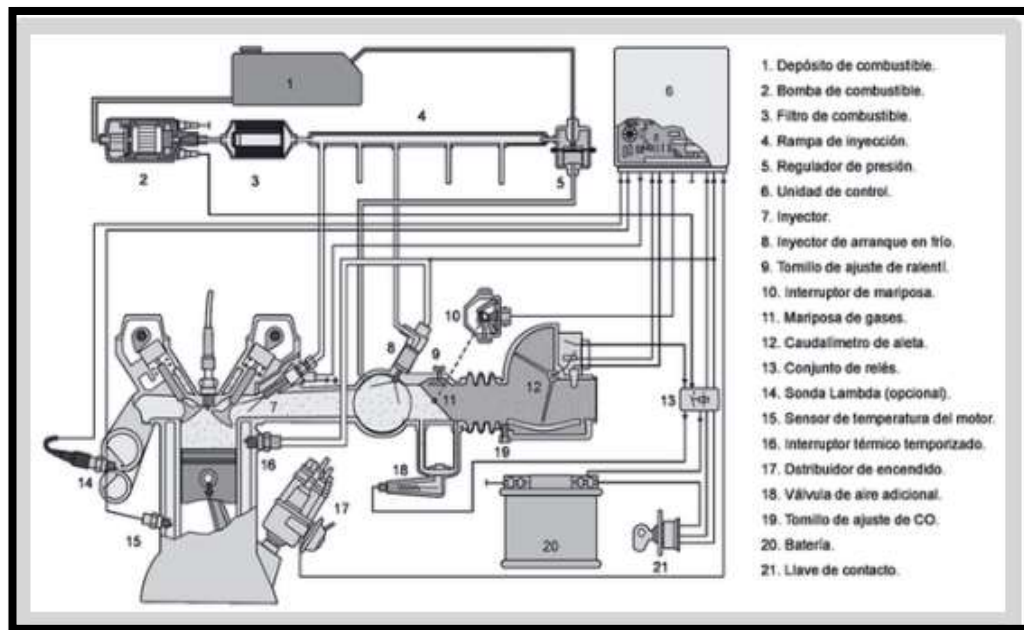
**Figura 10.** Tipos de inyección electrónica

**Fuente.** (González, 2012)

### 1.3.3.2. Sistema L- Jetronic y sus componentes.

El sistema L-Jetronic es controlado por medición de caudal de aire de forma electromecánica. La inyección electrónica es controlada por el colector de admisión. Los sensores son los que registran las variaciones del funcionamiento del motor controladas por la ECU, logrando bajas emisiones de gases y bajo consumo. (BOSCH, 2021)

En términos generales y para un mejor aprendizaje se muestra la Figura 11, la cual representa un esquema de los componentes que intervienen en el sistema de inyección, así como la descripción de algunos de ellos.



**Figura 11.** Esquema de componentes del sistema de inyección electrónica L-Jetronic.

**Fuente.** (González, 2012)

- **Circuito de aire:** En el cual se mide el caudal del aire que fluye, el responsable de esta lectura es el caudalímetro. El aire espirado mantiene un efecto pulsante provocado por constante cierre y apertura de las válvulas de admisión. La ECU aumenta la proporción de combustible en la inyección si es que disminuye la temperatura del aire, por lo cual este último aumenta su densidad.
- **Circuito de combustible:** El combustible almacenado en el tanque de gasolina es absorbido por la bomba de gasolina e impulsado por presión a través de un filtro hacia la flauta de inyectores. En uno de los extremos de la rampa de inyectores se ubica un regulador de presión para la gasolina.
- **Bomba de combustible:** La presión que ejerce esta bomba es superior a los 3 bar, alcanzando presiones de hasta 7 bar. El suministro de la bomba es de 120 litros por cada hora. Los sistemas actuales llevan una bomba sumergida, lo cual mejora la refrigeración y reduce el ruido.
- **Riel de inyectores y Regulador de presión:** Acumula el combustible para que se dosifique a través de los inyectores, evita oscilaciones de la presión debido a su volumen respecto a la cantidad inyectada de combustible. El regulador de presión tiene una estructura metálica que lo recubre, internamente se encuentra un diafragma o

membrana, uno de sus extremos está conectado con el colector de admisión. La presión de gasolina está en función de la carga del motor, esta presión varía de 2.00 bar hasta 2.5 bar; en ralentí y en plena carga respectivamente.

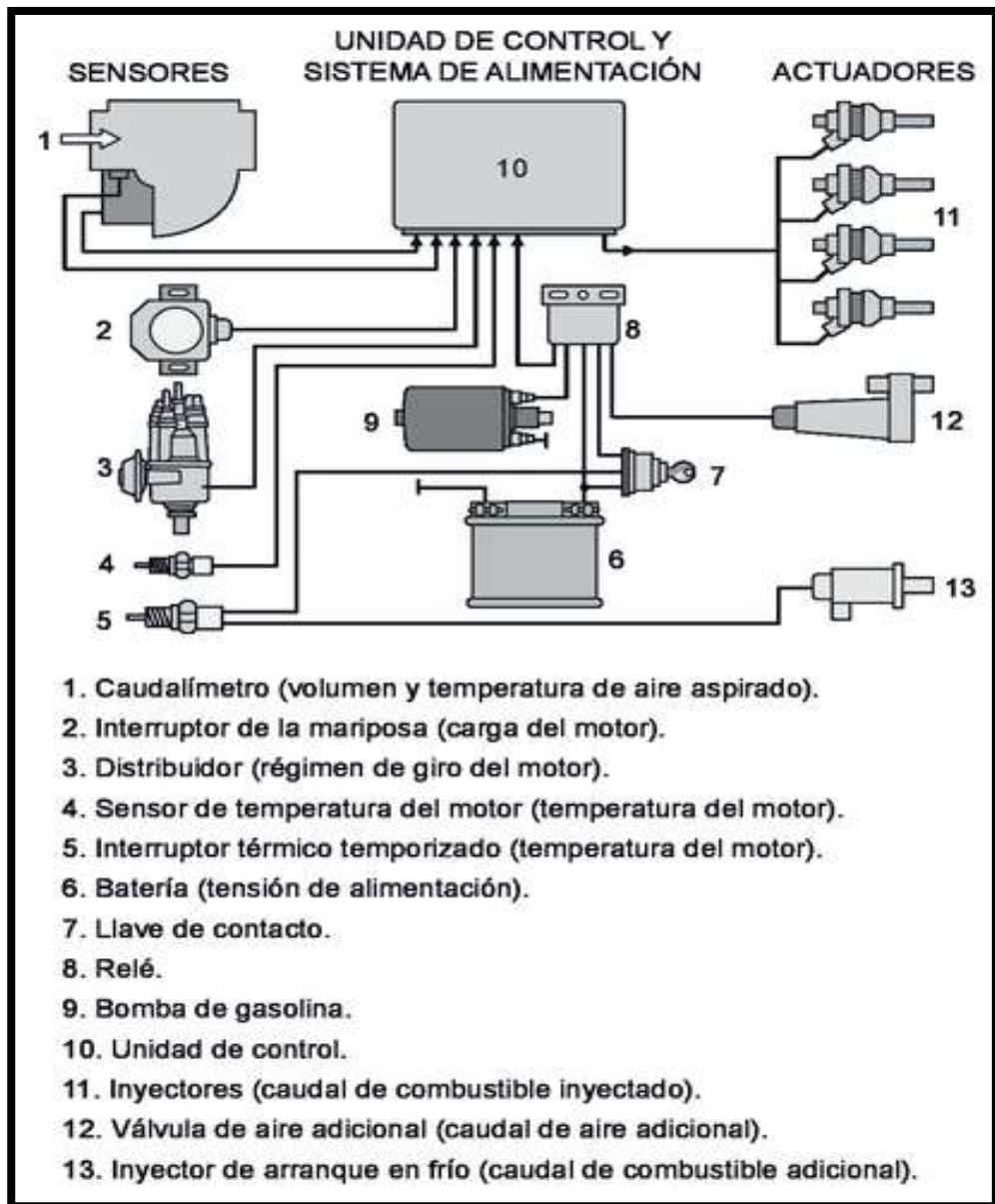
- **Inyectores:** Los inyectores se fijan a presión en la admisión, entre los inyectores y el múltiple de admisión se colocan O-Ringes para el aislamiento térmico y amortiguación de los inyectores. Están compuestos en su interior por un solenoide y una aguja, cuando la ECU proporciona de corriente, el solenoide genera un campo magnético sobre la aguja desplazándola de su ubicación en reposo hasta 0.1 mm. EL tiempo de apertura de los inyectores varía entre 2 y 20 ms. En la figura 12 se puede apreciar la estructura de un inyector.



*Figura 12.* Estructura de un inyector

*Fuente.* (González, 2012)

- **Elementos complementarios:** Existen otros componentes del sistema de inyección L-Jetronic como sensores y actuadores, que se muestran en la Figura 13.

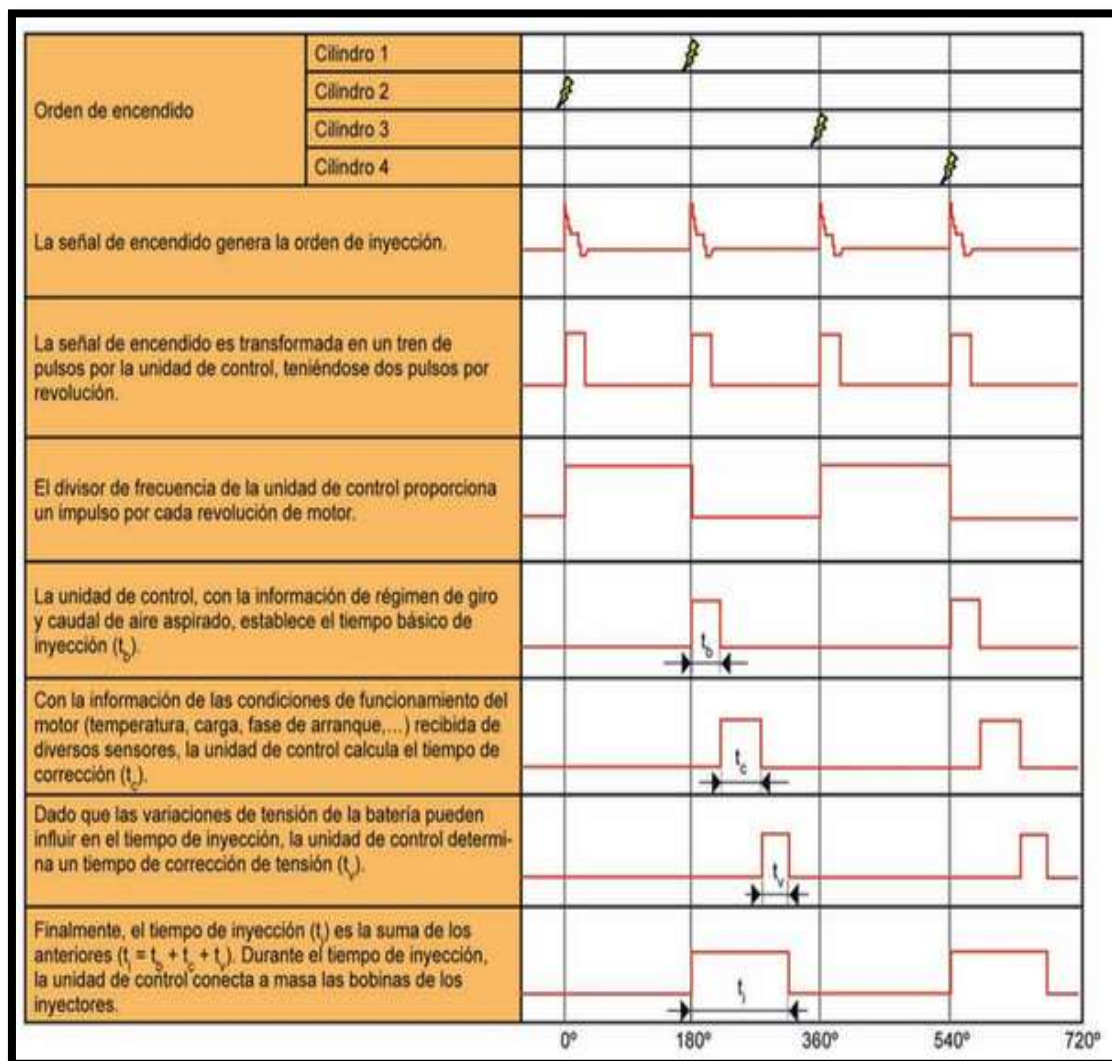


**Figura 13.** Componentes adicionales que participan en el sistema de inyección electrónica.

**Fuente.** (González, 2012)

Finalmente, cabe mencionar que los tiempos de inyección de gasolina dependen de la información que proporciona la mariposa, cuando se encuentra en menos de 10° el sensor informa a la ECU que el sistema está en ralentí; cuando la mariposa está en 70° el sensor informa que se encuentra a plena carga. Por lo tanto, la ECU realiza las siguientes funciones: Ajuste de mínimo (ralentí), Ajuste de mezcla, Enriquecimiento a plena carga y Corte de combustible. El voltaje de la batería juega un papel importante en el tiempo de

inyección porque la ECU controla este tiempo de inyección en base al voltaje suministrado. En la Figura 14, se muestra el tiempo de inyección determinado por la ECU.



**Figura 14.** Tiempos de inyección de gasolina

**Fuente.** (González, 2012)

### 1.3.4. La Unidad de Control Electrónico (ECU).

Como referencia histórica según (Mecánica Automotriz Fácil, 2006) Los controles electrónicos computarizados fueron instalados en los vehículos con el fin de cumplir reglamentos de EE. UU de disminuir el consumo de combustible y también de las emisiones de gases; todo esto se dio inicio a principios de 1970. Una ECU se podía programar para que controle con alta precisión el funcionamiento del motor, inclusive logrando eliminar algunos elementos mecánicos.

Cada vez es mayor la demanda de computadoras que son instaladas en un automóvil para buscar una mejor eficiencia de funcionamiento. Cabe resaltar que, según los avances tecnológicos las ECU mejoran en ser más rápidas, compactas, seguras, etc.

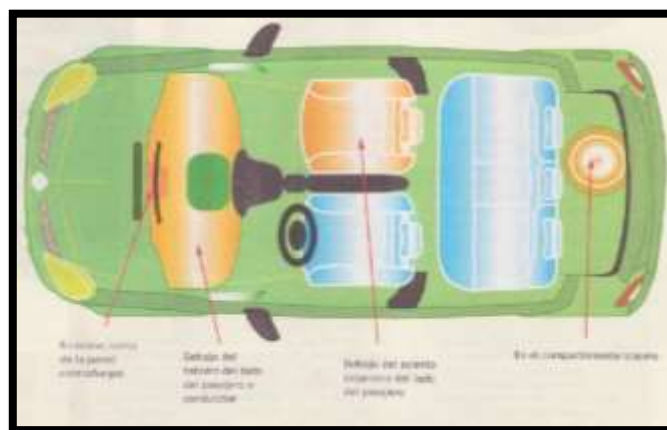
Los componentes principales de la placa de la ECU son: transistores, diodos, resistencias, circuitos integrados (cuyo tamaño oscila entre los 3 cm) y procesadores. Estos componentes cuentan con un número variable de conectores. Las ECU pueden ser conectadas a otras unidades de control a través de conectores (más de 50 de ellos) esto se conoce como bus. En la Figura 15, se muestra una ECU de gasolina.



**Figura 15.** Unidad de Control Electrónico

**Fuente.** (Mecánica Automotriz Fácil, 2006)

La ECU es el corazón del sistema, su ubicación no es fija, esto depende de la marca y modelo del automóvil, sin embargo, existen zonas estratégicas dentro de la cabina del automóvil que brindan mayor seguridad a la ECU para evitar humedad, altas temperaturas o inclusive impactos que perjudiquen su funcionamiento. como se muestra en la Figura 16.



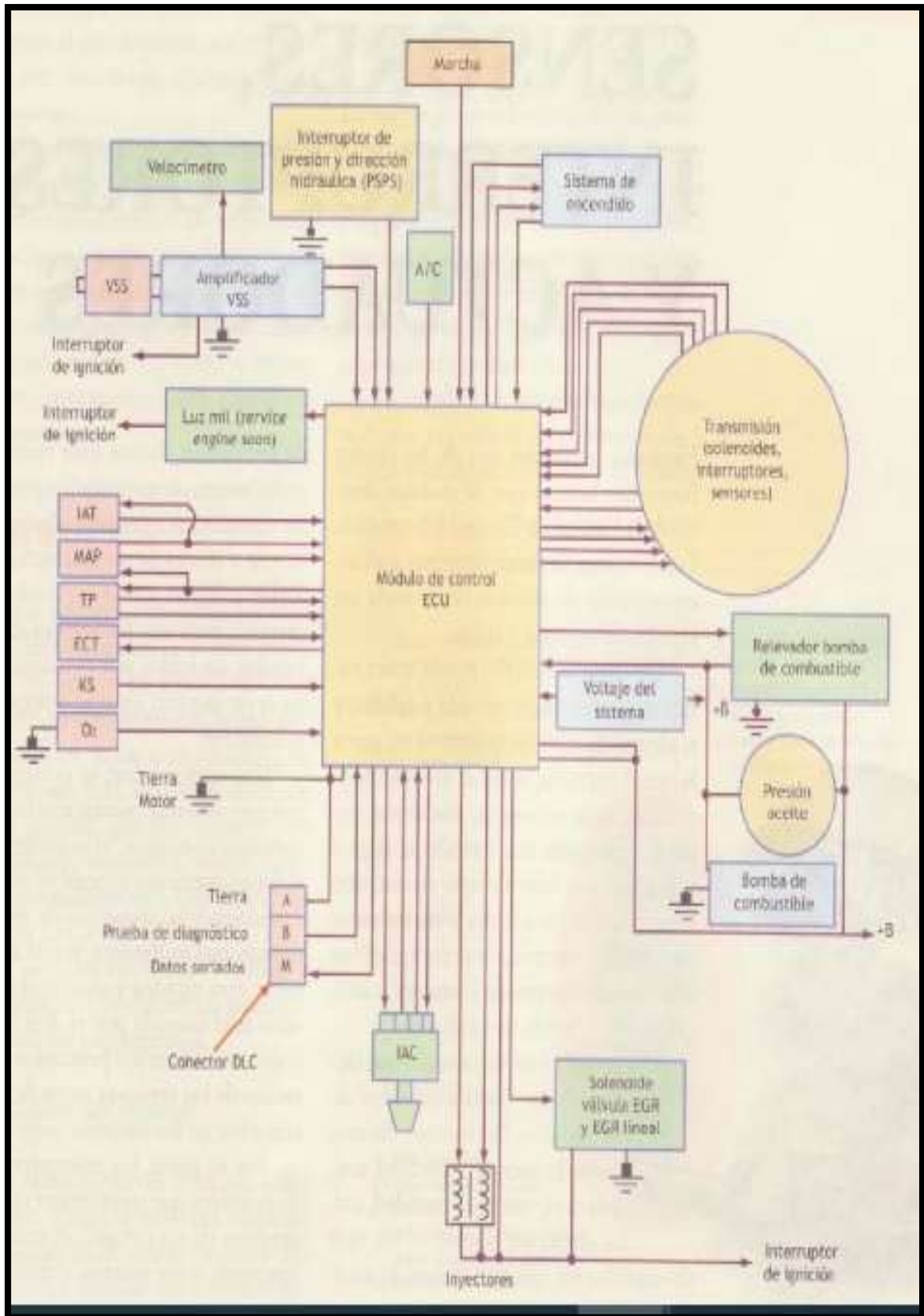
**Figura 16.** Ubicación de la ECU

**Fuente.** (Mecánica Automotriz Fácil, 2006)

Las ECU tienen zonas de entrada y salida de datos, así como una computadora tradicional, memoria ROM, memoria RAM, microprocesador, señales de autodiagnóstico, etc.

El software instalado en la ECU es el responsable de programar las múltiples funciones que permiten el control del motor bajo ciertas condiciones de marcha. Para saber las necesidades del funcionamiento del motor la ECU recibe información para ser procesada (por medio de los sensores) y comunicarlo a los actuadores. En una mejor descripción, la ECU recibe información de los sensores del vehículo, estos datos son analizados y comparados con los parámetros adecuados para luego dar respuesta por señales de salida o ajuste hacia los actuadores. En la Figura 17, se muestra un esquema del módulo de control.





**Figura 17.** Esquema de módulo de control

**Fuente.** (Mecánica Automotriz Fácil, 2006)

### **1.3.5. Sistema GLP de Quinta Generación.**

El sistema GLP de quinta generación es el resultado de una evolución a lo largo del tiempo, esta evolución se ha dado por cubrir las necesidades cada vez más exigentes en el mercado automotriz, a tal punto que de acuerdo a las necesidades de los usuarios se han reemplazado los sistemas básicos para autos con carburación a los sistemas de inyección de gas controlados electrónicamente. En términos generales un sistema de GLP de quinta generación se compone de: Tanque de abastecimiento, multiválvulas, toma de caga, cañería de cobre 8mm para abastecimiento, cañería de cobre 6mm para distribución, mangueras de agua, mangueras de gas, mangueras de aire (vacío), reductor GLP, filtro de fase gaseosa, electroválvula, sensor de nivel, sensor de temperatura, sensor MAP, riel de inyectores, ECU gas y conmutador. A continuación, se describen algunos de estos componentes.

#### ***1.3.5.1. Reductor GLP Stag R02.***

El reductor GLP Stag-R02 es un componente diseñado para ser instalado en inyección secuencial de autos. Su función es reducir la presión de gas que sale del tanque, provocando un cambio a fase gaseosa. (AC STAG, s.f). Este tipo de reductor está preparado para trabajar con motores de hasta 110 kW de potencia, la presión nominal de trabajo varía entre 0.9 bar - 1.5 bar y con una temperatura de refrigeración de -20°C a 120°C. Para garantizar su buen funcionamiento es recomendable realizar revisiones periódicas y hacer el cambio de filtro cada 10000 km. En la figura 18, se muestra el Reductor AC R02.



**Figura 18.** Reductor AC Stag modelo R02

**Fuente.** (AC STAG, s.f)

En la tabla 3, se muestran las especificaciones técnicas del reductor R02.

**Tabla 3.**

Datos técnicos de Reductor Stag R-02

DATOS TÉCNICOS	STAG R02
Tipo de combustible	GLP
Material de fabricación	2 fundiciones de aluminio 1 tapa de polímero (plástico)
Peso	Reductor con accesorios: 1202 g
Dimensiones(mm)	125x122x89
Presión máxima de entrada	3 MPa
Presión de salida (bar)	0.9 - 1.5
Diámetro de entrada de gas (mm)	6xM10x1
Diámetro de salida de gas(mm)	Ø 12
Diámetro de salida de agua(mm)	Ø 16
Racor de vacío	Ø 4
Potencia máxima del motor	100 kW

**Fuente.** (AC STAG, s.f)

**1.3.5.2. Riel de inyectores Valtek 30.**

Según (ALEX Professional Autogas Instalation, 2021)el Riel de inyectores Valtek 30 es diseñado para sistema de inyección de gas secuencial. Está dedicado a inyección indirecta cuya necesidad no es la de trabajar con inyectores rápidos. En el mercado se pueden obtener como riel de 2, 3 o 4 cilindros; la eficiencia que presenta este tipo de inyectores es de 20 CV a 40 CV por cada cilindro. El riel trabaja a 3 Ω (en la mayoría

de sus presentaciones). Una de sus buenas características es que presenta una alta resistencia para GLP y GNV. Es un riel silencioso, fácil para el desmontaje en su mantenimiento.

La Figura 19 muestra el Riel de Inyectores Valtek 30 con sus accesorios (boquillas de colector, toberas de riel, asa para fijación)



**Figura 19.** Riel de inyectores Valtek 30

**Fuente.** (ALEX Professional Autogas Instalation, 2021)

En la tabla 4 se presentan las especificaciones técnicas de trabajo para el Riel de Inyectores Valtek 30.

**Tabla 4.**

Especificaciones técnicas de inyectores Valtek 30

<b>Característica – Unidad</b>		<b>Valor</b>
Caudal estático con presión 1,2 bar	[NI/min]	120 ± 2
Diámetro de boquilla	[mm]	Máx 3,0
Resistencia de bobina	[Ω]	3,0 ± 5%
Tiempo de apertura	[ms]	2,8
Tiempo de cierre	[ms]	1,8
Min. pico de corriente (peak)	[A]	≤ 2,0
Min. mantenimiento de corriente (hold)		≥ 1,0
(PWM=25%)	[A]	
Presión de trabajo	[bar]	0,2 – 4,2
Máxima presión de trabajo	[bar]	4,5
Temperatura de trabajo	[°C]	-40 a 120

Rango de voltaje de trabajo	[V]	8 a 16
Garantía	[km]	20 000
Período de vida	[ciclos]	> 100 mln

---

**Fuente.** (ALEX Professional Autogas Instalation, 2021)

### **1.3.5.3. Led Go Fast.**

Es un interruptor de tipo electrónico con 3 hilos, es uno de los componentes que forma parte del kit electrónico Stag Go Fast, presenta un diseño compacto como se muestra en la Figura 20. (AC, 2017) Las funciones con las que cumple este interruptor son:

- Selección
- Señalización óptica
- Sonido en modo de trabajo (zumbador)
- Nivel de gas



**Figura 20.** Conmutador Go Fast

**Fuente.** (AC, 2017)

### **1.3.5.4. Sensor de Nivel.**

El sensor de nivel GLP es un indicador que mide la cantidad de gas que se almacena en el tanque, en su interior posee un imán que mueve una aguja de acuerdo al nivel de gas y una placa electrónica que da lectura y envía señal a través de un cable hasta

el indicador o conmutador. Existe variedad de sensores de nivel por ejemplo 0-90Ω, 10-50 Ω, WPGH, WPG4, etc. En la Figura 21 se muestra el sensor de nivel WPG-4.



**Figura 21.** Sensor de Nivel WPG-4

**Fuente.** (AC, 2017)

#### **1.3.5.5. Sensor de Temperatura y Presión PS-04.**

Es un dispositivo que mide la temperatura de gas que pasa hasta antes de llegar a los inyectores, así también mide la presión y vacío en el colector del múltiple de admisión. Puede trabajar con GLP o GNV en todos los automóviles. Su montaje debe ser cercano a los inyectores de gas, este sensor presenta un diseño adecuado para montarlo directamente en los inyectores AC-W01 o AC-W02 de Stag para poder girarlo 360°. Las especificaciones técnicas del sensor PS-04 se muestran en la Tabla 5 y en la Figura 22 superior se presenta el Sensor MAP PS-04.

**Tabla 5.**

Especificaciones técnicas Sensor PS-04

<b>Características</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Temperatura de trabajo	[°C]	-40 a +125
Presión de trabajo	[bar]	hasta 6,75
Vacío de trabajo	[bar]	Hasta 4,5
Entrada y salida de gas	[mm]	Ø 12
Tubo de vacío	[mm]	Ø 4
Peso	[g]	34

**Fuente.** (AC, 2017)



**Figura 22.** Sensor PS-04

**Fuente.** (AC, 2017)

#### **1.3.5.6. Centralita STAG Go Fast**

La computadora de Go Fast es un módulo completo y preparado para trabajar con la mayoría de los vehículos que cuenten con: inyección semisecuencia, full-group o secuencial. Su diseño permite simplificar el tiempo de instalación ya que cuenta con un sistema de cableado eléctrico minimizado (pocas conexiones), así como la calibración. Entre sus principales características tenemos:

- Sencilla calibración; las funciones de la ECU se muestran en dos paneles sin necesidad de cambiar varias pestañas.
- Cuenta con modo estándar y modo experto, este último tiene amplias funciones de configuración.
- La ECU Go Fast, a comparación de otras centralitas almacena los datos de los parámetros de trabajo que han sido modificados sin necesidad de guardar la información.
- Cuenta con firmware actualizado.
- Presenta un módulo DEMO para simular un trabajo real.
- Puerto de 32 pines.
- Se conecta también por Bluetooth.

- Tiene la opción de registrar parámetros.

En la Figura 23 se muestra la ECU STAG Go Fast.



**Figura 23.** Centralita Go Fast

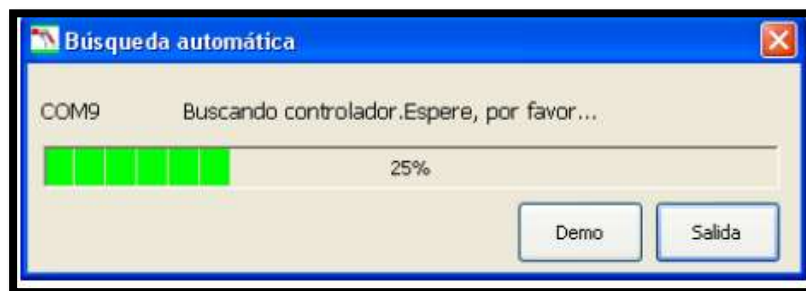
**Fuente.** (AC, 2017)

### **1.3.6. Conexión y Programación de STAG Go Fast.**

En este punto 1.3.6 se explicará la forma de conexión de la ECU gas y la configuración de los parámetros de trabajo, solo se explicará lo más resaltante; para una mejor consulta se adjunta en los Anexos de esta tesis el documento completo.

#### **1.3.6.1. Ejecución del software.**

Al ejecutar el software aparece una pequeña ventana “Búsqueda automática”, el sistema conectará siempre y cuando exista una centralita de gas Go Fast, de lo contrario envía una respuesta de erro de conexión. En la figura 24 se muestra la ventana Búsqueda automática.



**Figura 24.** Ventana de búsqueda automática



*Fuente.* (STAG autogas system, 2020)

### 1.3.6.2. Monitor de Señales.

En esta ventana se muestran todos los parámetros que lee la centralita gas. (STAG autogas system, 2020). En la Figura 25 se presenta el panel de señales.



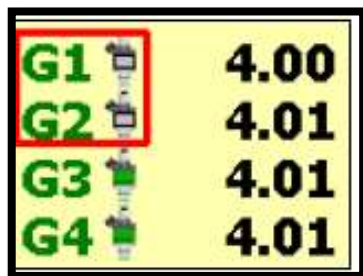
*Figura 25.* Panel de Señales

*Fuente.* (STAG autogas system, 2020)

Las señales que lee el controlador se describen a continuación:

- P1 a P4: Tiempos de inyección de gasolina.
- G1 a G4: Tiempos de inyección de gas.
- RPM: Revoluciones por minutos calculadas a partir de los tiempos de inyección. [rev/min]
- Presión MAP: Presión del vacío de admisión. [bar]
- Presión de GAS: Presión de gas que sale del reductor y llega hasta los inyectores. [bar]
- Temperatura de reductor: es la que mide un sensor de temperatura ubicado la parte metálica del reductor. [°C]
- Temperatura de gas: Temperatura que es medida por el sensor PS-04. [°C]
- Carga del motor: Carga del motor en marcha [%]
- Lambda: tensión de trabajo en el sensor de oxígeno del múltiple de escape. [V]

Para realizar pruebas en los inyectores de gas, estos se pueden desactivar con tan solo hacer click en el monitor de señales como se muestra en la Figura 26.



**Figura 26.** Inhabilitación de inyectores de gas en monitor de señales.

**Fuente.** (STAG autogas system, 2020)

### **1.3.6.3. Panel de configuración.**

En esta ventana se pueden realizar distintas configuraciones que se describen a continuación.

- Documentación: al seleccionar esta opción nos dirige al manual de conexión y esquema de montaje.
- Idioma: para seleccionar el idioma con el cual se desea trabajar.
- Actualizar: para obtener una actualización de la centralita y del conmutador.
- Configuración Original: para reestablecer la configuración de fábrica de la centralita.
- Guardar: para guardar la información que se ha configurado, el almacenamiento lo hace en el ordenador.
- Abrir: abre configuraciones de calibraciones guardadas anteriormente.
- Conmutador: al seleccionar el conmutador realiza cambio a gas o gasolina. Indica también el nivel de gas. (Figura 20)

En la Figura 27 se muestra el panel de configuraciones.

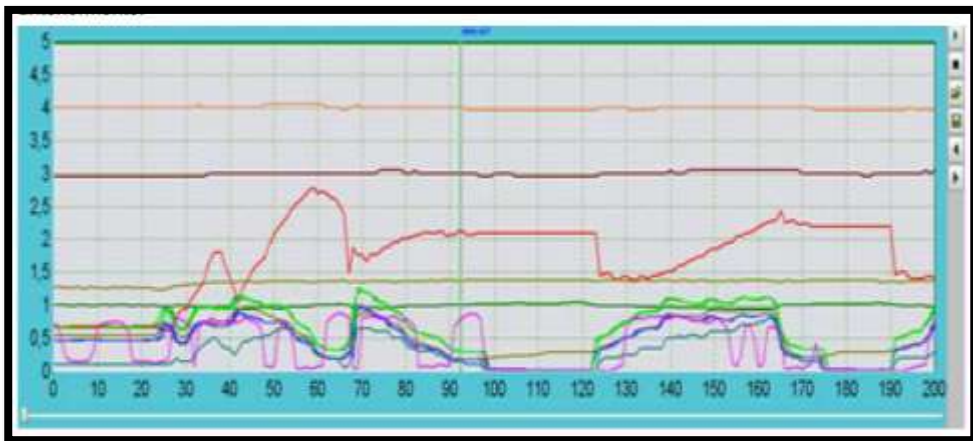


**Figura 27.** Panel de configuraciones.

**Fuente.** (STAG autogas system, 2020)

#### **1.3.6.4. Osciloscopio.**

Otra parte importante con la que cuenta el software es la de osciloscopio ya que permite observar las señales emitidas durante el funcionamiento del motor, así como dar lectura de otros osciloscopios guardados. En la Figura 28. Se observa el osciloscopio de software Stag Go Fast.



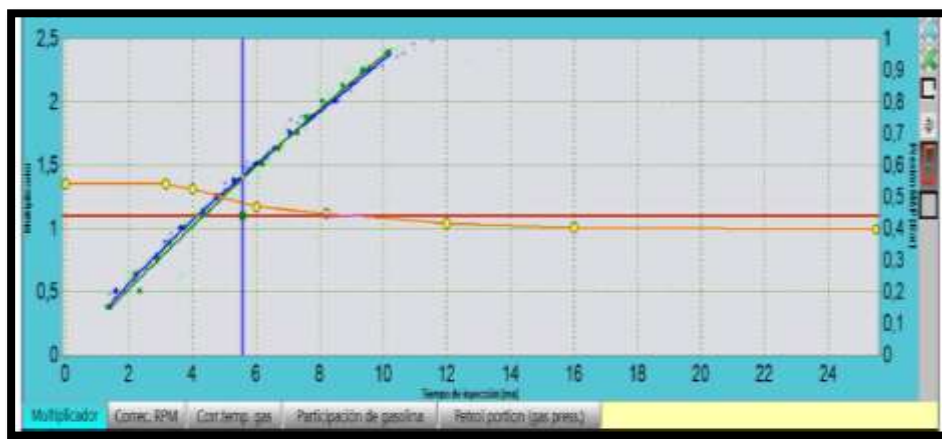
**Figura 28.** Osciloscopio

**Fuente.** (STAG autogas system, 2020)

### 1.3.6.5. Mapa de Multiplicador.

En esta ventana se puede calibrar manualmente la dosificación de los inyectores de gas al modificar la línea naranja por medio de los puntos amarillos que se desplazan arriba o abajo por las flechas del teclado del ordenador. En el eje vertical izquierdo del plano se muestra el multiplicador y en el eje horizontal los tiempos de inyección de gasolina y finalmente en el eje vertical derecho se muestra la presión MAP del colector.

La línea azul muestra el mapa de gasolina respecto a la presión MAP y la línea verde es la línea de multiplicador de gas que también está en relación a la presión MAP. El trazado de estas líneas es de forma automática por la centralita gas. En la Figura 29 se muestra el mapa de multiplicador.













**Figura 29.** Mapa de multiplicador

**Fuente.** (STAG autogas system, 2020)

### 1.3.6.6. Configuración de parámetros.

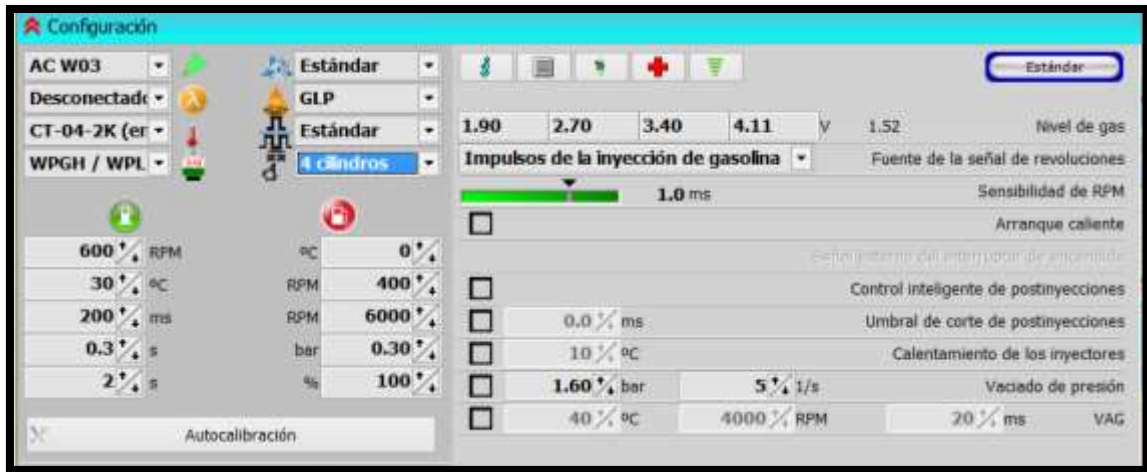
Según (STAG autogas system, 2020), al seleccionar el botón de configuración, se abre una nueva ventana donde se pueden modificar los parámetros de la centralita de gas. Para poder cambiar los parámetros tenemos que desplegar la lista y seleccionar el tipo de motor, inyectores, sensores, etc. Que necesitemos cambiar, dicho parámetros se representan por íconos que se describen a continuación:

-  Selección del modelo de inyector de gas. Por defecto viene seleccionado AC W01.

-  Selección de tipo de sonda lambda. Por defecto está seleccionado como desconectado.
-  Para seleccionar el sensor de temperatura del reductor. Por defecto está seleccionado como CT-04-2K.
-  Icono para la selección de sensor de nivel. Por defecto viene seleccionado WPGH.
-  Icono para la selección del tipo de motor: estándar, turbo o valvetronic.
-  Icono que permite seleccionar el tipo de combustible. Para este estudio se trabajará con GLP.
-  Icono que permite seleccionar el tipo de inyección de gasolina. (Estándar o Duplicado)
-  Icono que permite seleccionar el número de cilindros del motor. (De 1 a 4 cilindros).
-  Icono que permite configurar los parámetros para la conmutación a gas: RPM, temperatura del reductor de gas, conmutación de cada cilindro, que es el tiempo en que demora en activar cada inyector de gas se forma secuencial, retraso de llenado del reductor de gas, tiempo de conmutación.
-  Icono que representa la conmutación de gas a gasolina si es que se cumplen ciertas condiciones de trabajo en gas como se describe en la Figura 30.



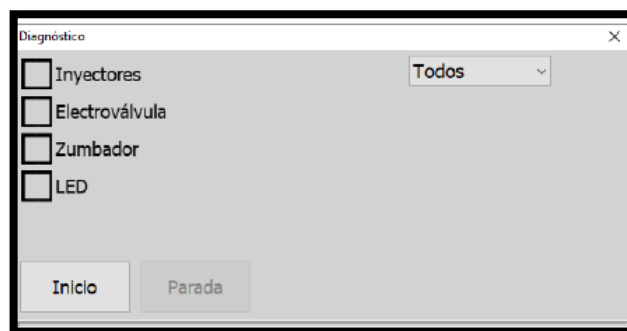
- Se describe en el punto 1.3.6.7.



**Figura 30.** Ventana de configuración de parámetros.

**Fuente.** (STAG autogas system, 2020)

A la derecha de la Figura 30 se muestra otra parte del panel de configuraciones como: Nivel de gas, Fuente de señal de revoluciones, Sensibilidad de RPM, Arranque caliente (opcional), Control de postinyecciones, Umbral de corte postinyecciones, Calentamiento de inyectores y Vaciado de presión. También se pueden realizar pruebas de actuadores de gas como se muestra en la Figura 31.

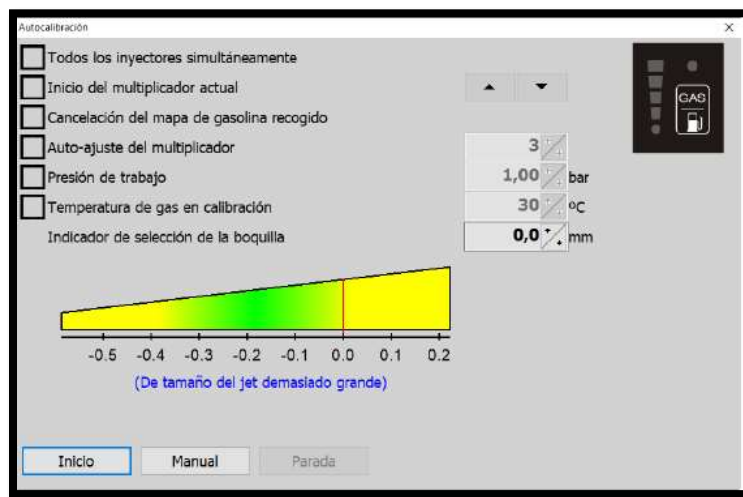


**Figura 31.** Control de prueba de actuadores

**Fuente.** (STAG autogas system, 2020)

### 1.3.6.7. Autocalibración.

Este es uno de los pasos más importantes en la configuración de la centralita ya que después de realizar la modificación de los parámetros es necesario encender el motor y esperar hasta que el sensor de temperatura alcance los 60 °C. Para realizar esto es necesario no encender las luces ni el aire acondicionado. Para mejorar la calibración es importante conectar un scanner OBD para la lectura de LFTF (Long Term Fuel Trim) y STFT (Short Term Fuel Trim); posteriormente se presiona “INICIO” para dar inicio a la Autocalibración entonces se muestra una barra de progreso conmutando entre gasolina y gas hasta que la centralita encuentre la eficiencia del multiplicador en ralentí y finalmente se realiza una prueba en carretera para un mejor ajuste de multiplicador. El Panel de Autocalibración se muestra en la Figura 32.



**Figura 32.** Panel de Autocalibración.

**Fuente.** (STAG autogas system, 2020)

### 1.3.7. Elementos electrónicos para generador de pulsos

#### 1.3.7.1. Transistor TIP41

Según (Tip & Tip, 2004) está diseñado para soportar altas energías en conmutación, se caracteriza por su uso en amplificadores en aplicaciones generales. Se aplica en PWM, fuentes de alimentación, etc. Las características técnicas se describen en la tabla 6. En la figura 33 se muestra el modelo de TIP41

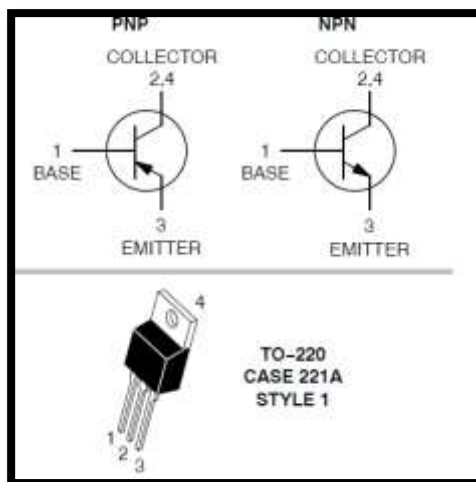
**Tabla 6.**

Características Técnicas del transistor TIP41

Clasificación	Símbolo	Valor	Unidad
Voltaje de colector – emisor	$V_{CEO}$	40	Vdc
Voltaje de colector - base	$V_{CB}$	40	Vdc
Voltaje de emisor - base	$V_{EB}$	5	Vdc
Energía de carga inductiva	E	62.5	mJ
Corriente de colector – Continua	$I_C$	6	Adc
Corriente de colector - pico	$I_{CM}$	10	Adc
Corriente de base	$I_B$	2	Apk
Disipación Total de Energía $T_c = 25^\circ\text{C}$	PD	65	Watts
Rango de Temperaturas de funcionamiento y almacenamiento	$T_j; T_{stg}$	-65 a 150	$^\circ\text{C}$

**Fuente.** (Tip & Tip, 2004)

\*Para más información consultar el Anexo 6.4 adjunto al final.



**Figura 33.** TIP41

**Fuente.** (Tip & Tip, 2004)

### 1.3.7.2. Timer NE555

Según (UV, 2001) es un circuito integrado estable que tiene por función producir pulsos con mucha precisión, también funciona como oscilador. Por otro lado la ficha técnica de (ST, 2012) describe que el NE555 trabaja con una frecuencia máxima



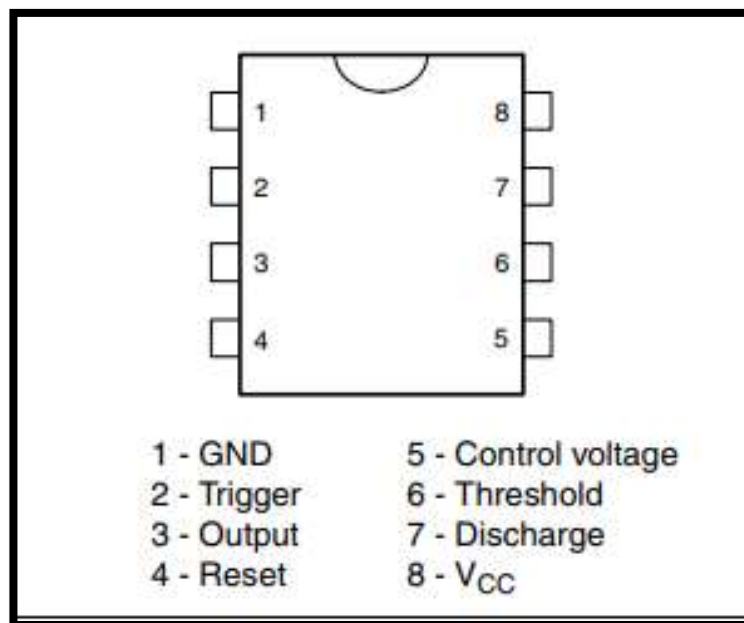
de 500 kHz y tiempos de microsegundos. Opera de forma astable o monoestable, con una salida de hasta 200 mA. El timer 555 trabaja de dos formas: Monoestable y Astable, en esta tesis se trabajará como Astable. En la Tabla 7 se muestran sus principales características. En la figura 34 se muestra la arquitectura del Timer NE555.

**Tabla 7**

Características de transistor NE555

<b>Especificaciones Técnicas generales del Timer 555</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tensión de alimentación	V <sub>cc</sub>	18	V
Corriente de salida	I <sub>out</sub>	225	mA
Rango de Temperatura	T <sub>stg</sub>	-65 a 150	°C

*Fuente.* (ST, 2012)



**Figura 34.** Timer NE555

*Fuente.* (ST, 2012)

### 1.3.8. Fórmulas para el cálculo de parámetros.

- Para calcular la resistencia de un sensor de temperatura se utiliza:

$$R_t = R_0 e^{\beta \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \dots \dots \dots (1)$$

donde:

$R_t$  es la resistencia del termistor en  $\Omega$

T es la temperatura de trabajo en Kelvin

$T_0$  es la temperatura de referencia igual a 298 Kelvin

$R_0$  es la resistencia referida a  $T_0$  su unidad es el  $\Omega$

$\beta$  es la constante sobre rangos moderados de temperatura que depende de la composición y fabricación del termistor, en Kelvin.

- Para calcular la resistencia de una bobina se utiliza la Ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

$R$ , es la resistencia de la bobina expresado en  $\Omega$ .

$V$ , es el voltaje otorgado en DC expresado en v

$I$ , es el corriente expresado en A

- Para calcular la presión ejercida por el gas se utiliza la ecuación 3:

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

$P$ , es la presión medida en kPa.

$F$ , es la fuerza medida en kN

$A$ , es el área de la sección transversal del orificio por donde ingresa el gas en el sensor de presión, expresada en  $m^2$

- Para calcular el tiempo que tarda la corriente en llegar a su valor máximo para una bobina utilizamos la ecuación 4:

$$\tau = \frac{L}{R} \dots \dots \dots (4)$$

Donde

$\tau$ , es el tiempo de retardo de la corriente medido en segundos

$L$ , es la inductancia de la bobina en medido en V.s/A

$R$ , es la resistencia de la bobina medido en  $\Omega = V/A$

- Para calcular la señal voltaje del sensor MAP se utiliza la ecuación 5 donde el voltaje está función de la presión (vacío).

$$V(p) = 7.9273 p^2 - 5.52p + 2.5396 \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

$p$ , es el vacío existente en el múltiple de admisión, en kPa o bar

$V$ , es el voltaje medido en voltios

- Para calcular el nivel de gas es necesario calcular el voltaje de salida, la ecuación 6 sólo aplica para el sensor de nivel 1050 k $\Omega$  :

$$V_s = V_i \left( \frac{R_a}{R_a + R_b} \right) - 2z \dots \dots \dots (6)$$

Donde

$V_s$ , es el voltaje de salida medido en voltios

$V_i$ , es en voltaje de entrada medido en voltios

$R_a$ , es la resistencia fija medida en k  $\Omega$

$R_b$ , es la resistencia variable del sensor medida en k  $\Omega$

$z$ , es una constante que se toma como referencia de la tabla 8, de acuerdo con la posición de la aguja del sensor y de la resistencia obtenida en esa posición en voltios.

**Tabla 8.**

Constante  $z$  del sensor de nivel de AEB (50 k  $\Omega$ )

Rango de resistencia $\Omega$	Valor de $z$ (V)
0 - 13	0
14 - 25	0.005
26 - 39	0.005
40 - 50	0.00005

**Fuente.** Elaboración propia

- Para calcular el área donde se instalarán los componentes electrónicos del sistema GLP se utiliza la ecuación 7

$$A = b h \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

$A$ , es el área total medida en  $m^2$

$b$ , es la base en m

$h$ , es la altura de m

- Para el cálculo del tiempo alto ( $t_1$ ) y tiempo bajo ( $t_2$ ) se aplican las ecuaciones 8 y 9

$$t_1 = \ln(2) \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1 \dots \dots \dots (8)$$

$$t_2 = \ln(2) \cdot (R_2) \cdot C_1 \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

$t_1$  y  $t_2$  son los tiempos alto y bajo respectivamente, medido en ms

$R_1$  y  $R_2$  son las resistencias de descarga medido en  $k \Omega$

$C_1$ , es el condensador medido en  $\mu F$

- Para calcular el Periodo de trabajo del timer 555, basta con sumar  $t_1$  y  $t_2$  como en la ecuación 10

$$T = (t_1 + t_2) \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

$T$  es el periodo medido en ms

- Para el cálculo de la frecuencia se utiliza la ecuación 11

$$f = 1/T \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

$f$  es la frecuencia medida en Hz

$T$  es el periodo medido en ms

- Es necesario calcular la cilindrada o volumen unitario para lo cual se utiliza la ecuación 12

$$V_D = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

$V_D$  es la cilindrada expresada en  $\text{mm}^3$

$D$  es el diámetro del pistón expresado en mm

$S$  es la carrera del pistón en mm

- El volumen total es el producto del volumen unitario por el número de cilindros como se muestra en la ecuación 13

$$V_T = V_D \cdot Z \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

$V_T$  es el volumen total  $\text{cm}^3$

$V_D$  es la cilindrada expresada en  $\text{cm}^3$

$Z$  es el número de cilindros del motor

- La presión media efectiva se calcula con la ecuación 14

$$PME = \frac{N \cdot i \cdot 10^3}{V_D \cdot n} = \frac{N_e}{i \cdot V_T \cdot n} \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

$PME$  es la presión media efectiva medida en kPa

$N$  es la potencia expresada en kW

$N_e$  es la potencia efectiva expresada en kW

$i$  es el número de ciclos por revolución del cigüeñal. Para un motor de 4 tiempos equivale a  $\frac{1}{2}$

$V_D$  es el volumen unitario medido en  $\text{dm}^3$

$n$  son las revoluciones por segundo del motor

$V_T$  es el volumen unitario medido en  $m^3$

- El flujo másico se calcula con la ecuación 15

$$\dot{m}_f = \sqrt{(2\rho_f \Delta p)} \cdot \int_0^{\Delta t} A_f dt \dots \dots \dots (15)$$

Donde  $\Delta p$  es la diferencia entre la presión del riel de inyectores y de la presión atmosférica,  $\Delta t$  es la variación del tiempo en ms, sin embargo, para un régimen de tiempo fijo y un área fija del inyector ( $A_f$ ) se obtiene la ecuación 16 agregando también el coeficiente de descarga ( $C_D$ )

$$\dot{m}_f = \frac{C_D \cdot A_{in} \sqrt{\rho_f (p_f - p_{atm})}}{10} \dots \dots \dots (16)$$

Donde:

$\dot{m}_f$  es el flujo másico medido en kg/s

$A_{in}$  es el área del orificio de la tobera del inyector en  $m^2$

$C_D$  es el coeficiente de descarga equivalente entre 0.6 y 0.9

$p_f$  es la presión del combustible en Pa

$p_{atm}$  es la presión atmosférica en Pa

$\rho_f$  es la densidad del combustible en  $kg/m^3$

- Según (González, 2015), el consumo específico se calcula con la ecuación 17

$$C_e = \frac{\dot{m}_f}{N_e} \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

$C_e$  es el consumo específico en kg/kWh

$\dot{m}_f$  es el flujo másico medido en kg/h

$N_e$  es la potencia efectiva del motor en kW

- El índice de emisión de los gases contaminantes se calcula con la ecuación 18. (Payri González & Desantes Fernández, 2011)

$$EI_i = \frac{m_i}{m_f} \dots \dots \dots (18)$$

Donde:

$EI_i$  es el índice de emisión para una especie  $i$ , es adimensional

$m_i$  es masa de la especie contaminante, en kg

$m_f$  es la masa del combustible quemado por el proceso de combustión en kg

- Para conocer las emisiones específicas, se utiliza la ecuación 19

$$EE_i = \frac{m_f \cdot EI_i}{N_e} \dots \dots \dots (19)$$

Donde:

$EE_i$  es la emisión específica en kg/kWh

$m_f$  es la masa del combustible quemado por el proceso de combustión en kg

$N_e$  es la potencia efectiva en kW

#### 1.4. Formulación del Problema

¿Cuál será la configuración técnica y la selección de componentes electrónicos para el diseño y construcción de un módulo que permita configurar y autocalibrar los parámetros de funcionamiento de un sistema GLP Stag 200 Go Fast?

#### 1.5. Justificación e importancia del estudio

El presente trabajo de investigación se realiza porque mediante el diseño y la construcción de un módulo de lectura de parámetros se conocerá el trabajo de los tiempos de inyección de un sistema de inyección secuencial en gasolina y configurar los parámetros de GLP para una posterior Autocalibración, además está orientado para que los técnicos especialistas en conversiones y mantenimiento de vehículos a gas realicen pruebas de sensores y actuadores de acuerdo con sus necesidades.

##### 1.5.1. Justificación Tecnológica.

Desde el punto de vista tecnológico se detallan los componentes que acompañan en el funcionamiento de la ECU gas y el software de calibración Stag 200 Go Fast, así como la elaboración de un circuito electrónico para generar pulsos de inyección en gasolina usando la previa simulación en el programa Proteus 8 Professional.

### **1.5.2. Justificación Económica.**

La construcción del módulo permite conectar cualquier tipo de computadora y conocer el trabajo de sensores y actuadores a un bajo costo, de ese modo puede ser elaborado por cualquier técnico.

### **1.5.3. Justificación Ambiental.**

Es importante conocer la eficiencia de los combustibles alternativos (GLP) en un motor de encendido por chispa ya que, alcanzando los valores adecuados, disminuye la emisión de gases contaminantes (CO<sub>2</sub>, CO) e HC en comparación con el uso de gasolina.

### **1.5.4. Justificación académica.**

Por medio del presente proyecto de investigación se permitirá que los futuros profesionales y profesionales de Ingeniería Mecánica Eléctrica aumenten sus conocimientos. Este proyecto se considera de tipo educativo ya que se lleva a la práctica la teoría aprendida en electromagnetismo, circuitos eléctricos, termodinámica, máquinas térmicas y otros.

## **1.6. Hipótesis**

No aplica

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General.**

- Diseñar y construir un módulo de aprendizaje para lectura de parámetros de un sistema GLP STAG 200 Go Fast.



### **1.7.2. Objetivos Específicos.**

- a) Determinar la mejor configuración de diseño
- b) Diseñar y simular un circuito electrónico en Proteus 8 Professional para obtener pulsos de inyección de gasolina.
- c) Construir un módulo generador de pulsos, para obtener pulsos de inyección de gasolina.
- d) Conectar la Centralita de gas con el circuito generador de pulsos para lectura de tiempos de inyección.
- e) Configurar los parámetros de GLP para alcanzar una óptima Autocalibración en el mapa multiplicador.

**CAPÍTULO II**

**MATERIALES**

**Y**

**MÉTODOS**

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

- **Tipo:** Es de tipo cuantitativo según (QuestionPro, 2021), esta investigación es realizada para cuantificar información mediante enfoques matemáticos, se basa en recursos numéricos para un respectivo análisis. Además, es cuantitativo pues se realizan cálculos de parámetros en tiempo real durante el trabajo del Sistema GLP en el módulo de calibración.
- **Diseño:** Experimental, porque hace referencia al estudio donde intencionalmente se manipulan una o más variables independientes causando un efecto sobre la variable dependiente (situación causa efecto) (Sampieri et al., 2014). Es Experimental Puro ya que se construirá un módulo o maqueta donde se montará cada uno de los componentes del Sistema GLP Stag 200 Go Fast.

### 2.2. Población y Muestra

#### 2.2.1. Población

La población del presente proyecto de investigación está conformada por los todos los sistemas electrónicos GLP de quinta generación de diferentes marcas y modelos que se instalan a nivel nacional (Perú) en vehículos como, por ejemplo:

- Zavoli Bora
- Emmegas Ready
- Lovato EGO
- BRC Vale
- LGP Tech
- AC Stag QBox
- Stag 200 Go Fast

#### 2.2.2. Muestra

La muestra es de tipo no Probabilística y por Conveniencia, para este proyecto es el sistema electrónico GLP Stag 200 Go Fast ya que cuenta con una interfaz fácil

y rápida de entender para el usuario, además por la variedad de accesorios a seleccionar en el software siendo compatible también con accesorios de otras marcas.

## 2.3. Variables y Operacionalización

### 2.3.1. Variable Independiente

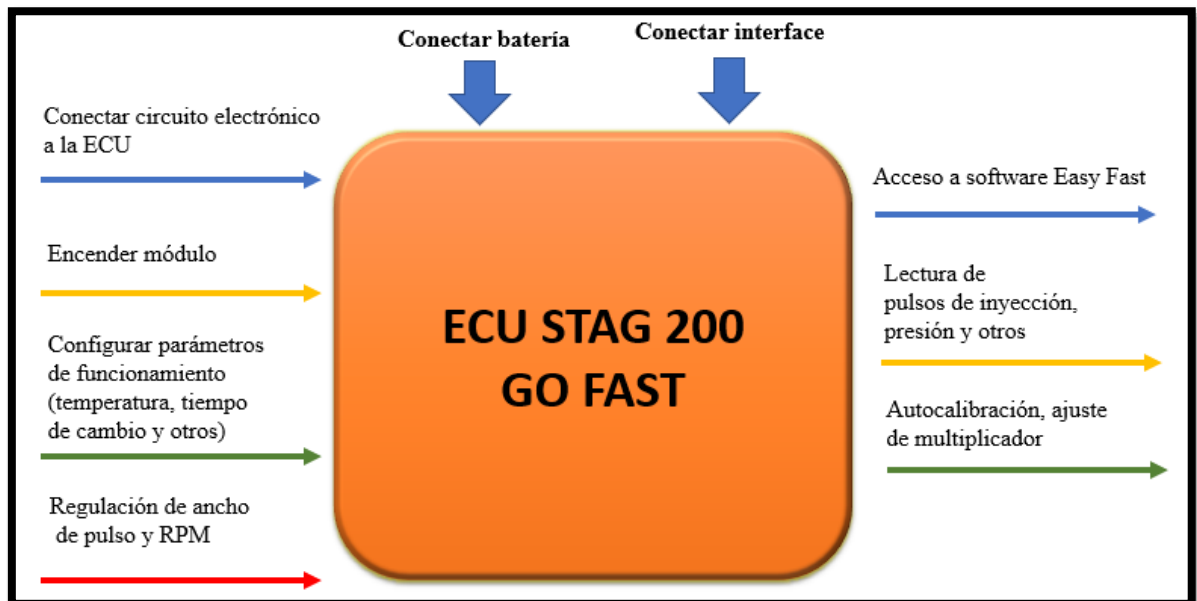
Diseño y construcción de un módulo de aprendizaje del sistema STAG GO Fast

### 2.3.2. Variable Dependiente

Lectura de parámetros

### 2.3.3. Caja Negra

Según (Navarrete, 2012), la caja negra permite conocer las entradas y salidas, así como identificar la relación de trabajo entre ellas, presenta dominio de la información. En la figura 35 se muestra el esquema de caja negra.



**Figura 35.** Caja Negra

**Fuente.** Elaboración propia

En la Tabla 9 se muestra la operacionalización de variables de forma detallada.

**Tabla 9.**

Operacionalización de variables

<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>FÓRMULA o CANTIDAD</b>	<b>TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN</b>
<b>Variable Independiente</b>  Diseño y construcción de un módulo de aprendizaje		Área	$A = b \cdot h$	Observación
		Núm. De sensores	3	Observación
	Requerimiento de diseño	Núm. De computadoras	1	Observación
		Núm. De actuadores	3	Observación
		Núm. De fuentes 12 VDC	1	Observación
		Núm. De circuitos generadores de pulso	1	Observación
<b>Variable Dependiente</b>  Lectura de parámetros		Voltaje de sensor MAP	$V(p) = 7.9273 p^2 - 5.52p + 2.53963$	Registro Electrónico
		Presión de gas y de reductor	$P = \frac{F}{A}$	Registro Electrónico
	Determinación de valores y parámetros de funcionamiento.	Temperatura y Resistencia	$R_t = R_0 e^{\beta(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$	Registro Electrónico
		Nivel de gas	$V_s = V_i \cdot \left( \frac{Ra}{Ra + Rb} \right) - 2m$	Registro Electrónico

Resistencia de una bobina	$R = \frac{V}{I}$	Registro Electrónico
Tiempo máximo de corriente	$\tau = \frac{L}{R}$	Registro Electrónico
Tiempo de integrado 555	$t_1 = \ln(2) \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1$ $t_2 = \ln(2) \cdot (R_2) \cdot C_1$	Registro electrónico, Observación
Periodo	$T = (t_1 + t_2)$	Observación
Frecuencia	$f = 1/T$	Observación
Volumen unitario	$V_D = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S$	Observación
Volumen total	$V_T = V_D \cdot Z$	Observación
Potencia media efectiva	$PME = \frac{N \cdot i \cdot 10^3}{V_D \cdot n}$ $\dot{m}_f = \frac{C_D \cdot A_{in} \sqrt{\rho_f (p_f - p_{atm})}}{10}$	Observación
Flujo másico	$C_e = \frac{\dot{m}_f}{N_e}$	Observación
Consumo específico	$EI_i = \frac{m_i}{m_f}$	Observación
Índice de emisión de gases	$EE_i = \frac{m_f \cdot EI_i}{N_e}$	Observación
Emisión específica		Observación

---

**Fuente.** Elaboración propia

## **2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad**

Para la recolección de datos se utilizan 2 técnicas una de ellas es Instrumentos Mecánicos y Electrónicos y la otra técnica utilizada es la Observación, así como los instrumentos de recolección de datos son: Registros electrónicos y la Guía de observación respectivamente. A continuación, se describe cada uno de ellos.

### **2.4.1. Observación**

La observación según Hurtado (2000), citado por (Contreras & Roa, 2015), es una de las primeras formas de mantener contacto con los elementos que deben ser estudiados. El proceso de la observación se da en tres partes: primero la atención, segundo la recopilación y finalmente un registro de información. La observación es una de las técnicas más importantes para investigación.

### **2.4.2. Instrumentos mecánicos y electrónicos**

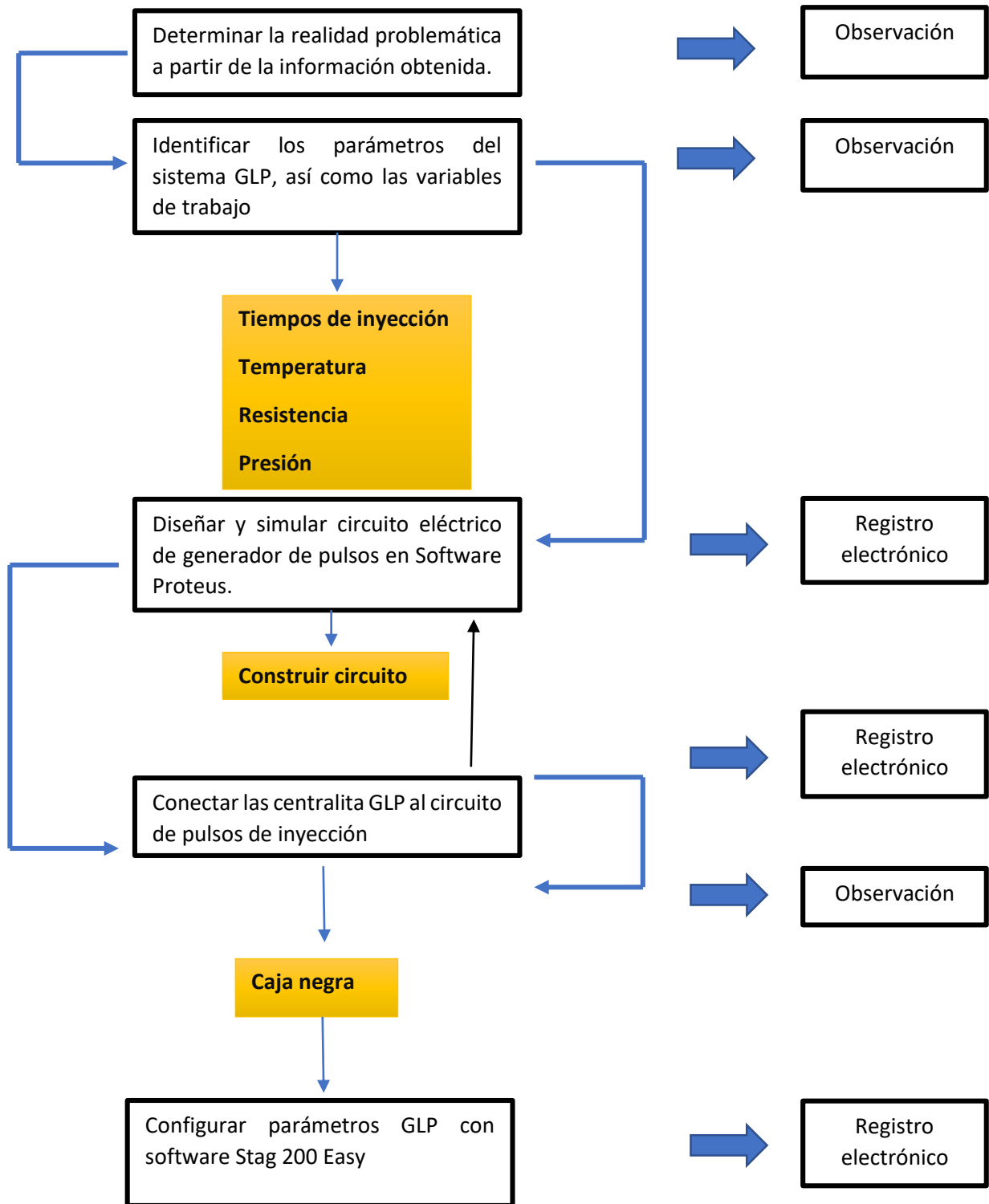
Son otros sistemas de medición que utilizan dispositivos, como por ejemplo un polígrafo, la pistola de láser para medir velocidad a la que se conduce un automóvil, escáner anatómico para prendas de vestir. (Sampieri et al., 2014). Para este trabajo se utiliza el software Stag 200 Easy para el control de parámetros.

### **2.4.3. Guía de observación**

Es aquella que se basa en un orden listado de indicadores, para que haya una sistematización de criterios en la observación y también poder seleccionar los apuntes más relevantes de una investigación. (Gerrero, 2019)

### **2.4.4. Procedimiento para la recolección de datos**

### 2.4.4.1. Diagrama de Flujo





#### **2.4.4.2. Descripción de procesos**

- **Determinar la realidad problemática a partir de la información obtenida**

El primer paso es conocer la realidad problemática, así como estudiar los diferentes artículos científicos e informes que permitan dar conocimiento sobre estudios del trabajo de Sistemas GLP de quinta generación.

- **Identificar los parámetros del sistema GLP, así como las variables de trabajo**

Es necesario conocer los parámetros de trabajo del sistema GLP para ello consultar manuales sobre el trabajo del equipo STAG 200 Go Fast, del mismo modo es necesario realizar pruebas reales en automóviles que lleven instalado este sistema.

- **Diseñar y simular circuito eléctrico de generador de pulsos en Software Proteus**

Una vez conocido el trabajo de parámetros de GLP, es necesario diseñar un circuito que permita la obtención de pulsos de inyección de gasolina. En el software Proteus 8 Professional se diseñará y simulará el circuito mencionado para finalmente construirlo en una placa electrónica.

- **Conectar las centralita GLP al circuito de pulsos de inyección**

Una vez hecha la selección de componentes GLP se conectará la centralita emulando los cables de pulso de gasolina, también se instalarán los sensores y actuadores para ejecutar las configuraciones posteriores.

- **Configurar parámetros GLP con software Stag 200 Easy**

Se conectará la centralita de gas a una laptop a través de una interface para configurar los parámetros modificables y autocalibrar el sistema buscando un óptimo

funcionamiento. Al final se realizan pruebas de actuadores (inyectores, conmutador, electroválvula). El software Stag 200 Easy mostrará los parámetros de: RMP, Presión, Temperatura, Tiempo de inyección en gas y tiempo de inyección de gasolina.

## **2.5. Aspectos Éticos**

El presente proyecto de investigación se fundamenta en los criterios éticos, establecidos en el Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP 1999), así como también en el Código de Ética de Investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS, 2017)

### **2.5.1. Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú.**

En el CAPÍTULO III, el Artículo 1 refiere a que los ingenieros están dispuestos a servir a la sociedad, teniendo la obligación de contribuir con los demás. Así también se estipula el Artículo 5, que se refiere al cuidado y aprovechamiento de los recursos humanos, económicos, materiales y naturales, garantizando la preservación ambiental.

### **2.5.2. Código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS).**

Basado en la definición ética y la aplicación de ésta en la investigación universitaria. Los artículos considerados para este proyecto de investigación son los Artículos 2 y 3.

## **2.6. Criterios de Rigor Científico**

En este proyecto de investigación se tendrá en cuenta cuatro criterios de rigor científico los cuales se muestran a continuación.

### **2.6.1. Credibilidad.**

Es aquella que implica el valor de veracidad de una investigación, apoyándose en situaciones contextuales de la realidad, así como la estimación de la información en general. (Suárez, 2006)

### **2.6.2. Relevancia.**

Es aquel que permite evaluar el logro de todos y cada uno de los objetivos propuestos en la investigación, también refiere al aporte de nueva información. (Noreña et al., 2012)

### **2.6.3. Fiabilidad.**

Significa que otros investigadores pueden tomar como referencia los estudios realizados en esta investigación, puesto que existe transparencia en los datos e información obtenidos (Noreña et al., 2012).

### **2.6.4. Replicabilidad.**

También conocido como dependencia, demanda la estabilidad de los datos para que se puedan utilizar en investigaciones futuras, así como la comparación de resultados que se iniciaron con otras investigaciones y son expuestas en esta. (Noreña et al., 2012)










**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS**

### **III. Resultados**

#### **3.1. Determinación de la mejor configuración de diseño aplicando matriz morfológica**










Para determinar un diseño adecuado del módulo para Autocalibración de parámetros fue necesario segmentar en una matriz morfológica los elementos que estarán en el módulo, por ello se propone en la tabla 10 la exposición de los componentes más apropiados. En la tabla 11, se muestran distintas combinaciones para buscar una solución al diseño del módulo.

*Tabla 10.* Matriz morfológica

FUNCIONES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Generar pulsos de inyección	<p data-bbox="748 347 824 376">N555</p> 	<p data-bbox="1160 347 1279 376">Arduino</p> 	
Construir circuito Electrónico	<p data-bbox="701 549 864 577">Protoboard</p> 	<p data-bbox="1160 549 1397 577">Circuito Impreso</p> 	
Seleccionar marca de kit electrónico de GLP para leer parámetros	<p data-bbox="701 770 880 799">Lovato EGO</p> 	<p data-bbox="1160 770 1368 799">Eurogas MP32</p> 	<p data-bbox="1621 770 1827 799">STAG Go Fast</p> 
Montar sistema electrónico	<p data-bbox="701 1010 893 1038">Caja metálica</p> 	<p data-bbox="1160 1010 1458 1038">Tablero de Melamina</p> 	

*Fuente.* Elaboración propia





Tabla 11. Combinación de elementos

FUNCIONES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
<p>Generar pulsos de inyección</p>	<p>N555</p> 	<p>Arduino</p> 	
<p>Construir circuito Electrónico</p>	<p>Protoboard</p> 	<p>Circuito Impreso</p> 	
<p>Seleccionar marca de kit electrónico de GLP para leer parámetros</p>	<p>Lovato EGO</p> 	<p>Eurogas MP32</p> 	<p>STAG Go Fast</p> 
<p>Montar sistema electrónico</p>	<p>Caja metálica</p> 	<p>Tablero de Melamina</p> 	

***Fuente.*** Elaboración propia



### 3.1.1. Selección de diseños

- Solución 1 
- Solución 2 
- Solución 3 
- Solución 4 

### 3.1.2. Descripción de componentes propuestos

a) **Integrado NE555.** El integrado conectado de forma ASTABLE genera trenes de pulsos, se puede conectar a un inyector. Sus valores serán mostrados en el software de gas.

b) **Arduino,** Es un hardware libre donde se puede programar comandos y algoritmos de funcionamiento. El Arduino se programará para que genere trenes de pulsos y se conecte a un inyector de gasolina.

c) **Protoboard.** Es un tablero con agujeros exteriores donde se conectan puentes de cables y componentes electrónicos como resistencias, potenciómetros, condensadores, específicamente se utiliza para hacer pruebas optando por dejar el circuito instalado solo en el protoboard o trasladarlo a un circuito impreso

d) **Circuito impreso.** Contiene pistas de conducción para montar elementos electrónicos y dar funcionamiento a un circuito eléctrico. Después de simular un circuito en el software adecuado se procede montarlo en un protoboard para las pruebas necesarias y finalmente imprimir el circuito para soldar cada uno de los elementos electrónicos.

e) **Kit Lovato Ego.** Componentes electrónicos para funcionamiento de gas, de origen italiano. Cuenta con la regulación de parámetros de forma sencilla, adecuado para el mapeo en carretera. El cable de diagnóstico está conectado con el conmutador de gas.

f) **Kit Eurogas.** Componentes electrónicos para funcionamiento de gas, de origen italiano. Cuenta con la regulación de parámetros de forma sencilla, adecuado para el mapeo en carretera. El cable de diagnóstico está conectado con el conmutador de gas.

g) **Kit STAG Go Fast.** Componentes electrónicos para funcionamiento de gas, de origen polaco. El software Easy Fast es sencillo de trabajar al momento de la Autocalibración, ya que en su listado de selección de componentes es más amplio a comparación de las dos electrónicas anteriores; asimismo tiene registrador automático desde la primera conexión con la computadora para llevar un control desde su instalación.

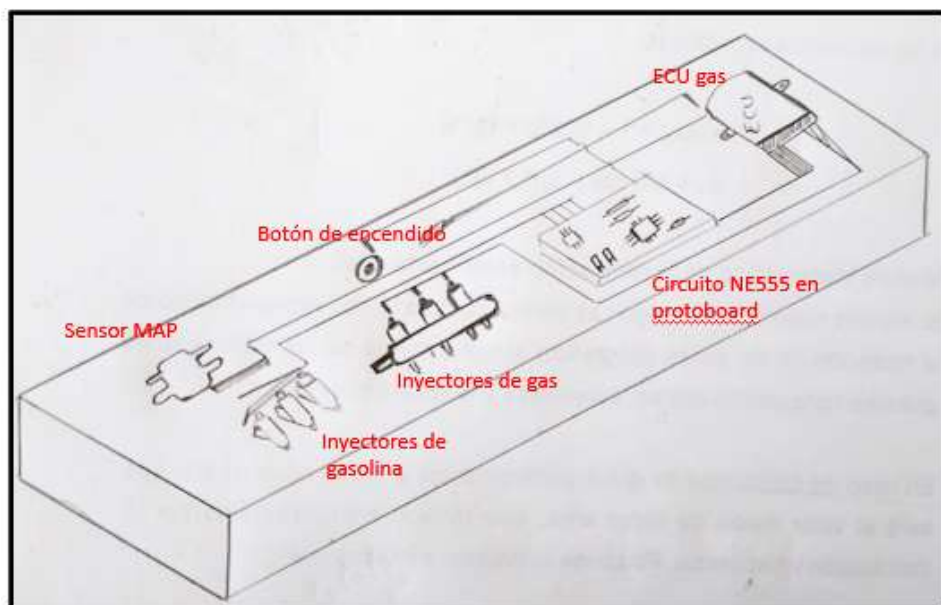
h) **Caja metálica.** Caja donde se montarán los componentes de la electrónica de gas y también el circuito electrónico generador de pulsos. El generador de pulsos provoca un calentamiento natural que se puede transferir a las paredes de la caja.

i) **Tablero de melamina.** Más sencillo que el anterior pero más seguro ya que por su material característico disiparía el calor durante el trabajo del circuito electrónico y los componentes de GLP.

### 3.1.3. Descripción de soluciones de diseño

#### 3.1.3.1. Solución 1

En la solución 1 se presenta un módulo que contiene a un circuito en protoboard con el transistor NE555, el circuito va conectado a una ECU Lovato Ego; todos los componentes expuestos van montados en un tablero metálico. En la figura 36 se muestra el bosquejo del módulo.

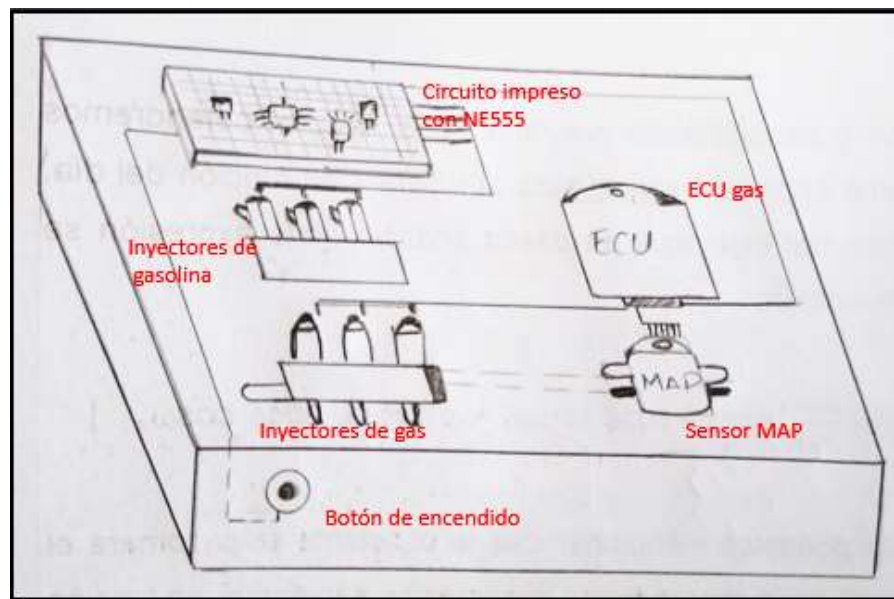


**Figura 36.** Bosquejo de módulo (solución 1)

**Fuente.** Elaboración propia

### 3.1.3.2. Solución 2

En la solución 2 se presenta un circuito impreso en que se trabajará con el integrado NE555, éste se conectará a una computadora de gas de marca Eurogas para ser montado en un tablero metálico. En la figura 37 se muestra el bosquejo de la solución 2.

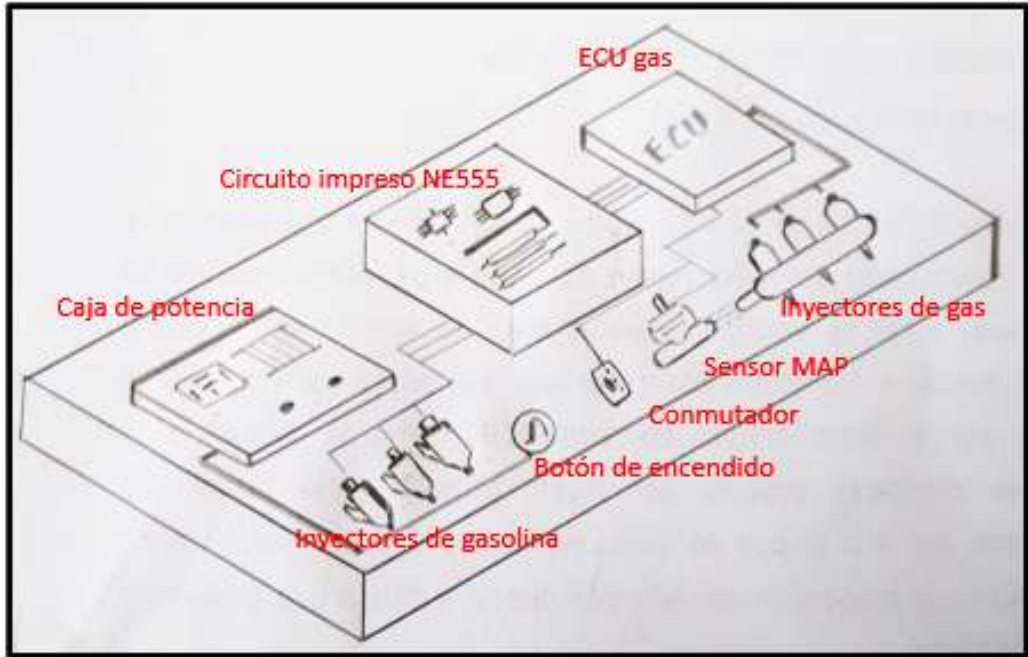


**Figura 37.** Bosquejo de módulo (solución 2)

**Fuente.** Elaboración propia

### 3.1.3.3. Solución 3

En la solución 3 se muestra un módulo en el que se trabajará con un circuito impreso para luego conectarse a una computadora de gas marca STAG Go Fast, todos los componentes se montan en un tablero de melamina. Se optó por esta solución, ya que la computadora STAG cumple con todos los requisitos planteados en los objetivos, es más cómoda al trabajar con datos en tiempo real la cual conectada a un circuito impreso brinda las garantías necesarias para leer los parámetros de funcionamiento interpretando los pulsos de inyección de gasolina y convirtiéndolos en RPM; además el tablero donde se montarán los componentes es fácil de trasladar. En la figura 38 se muestra el bosquejo realizado para la solución 3.

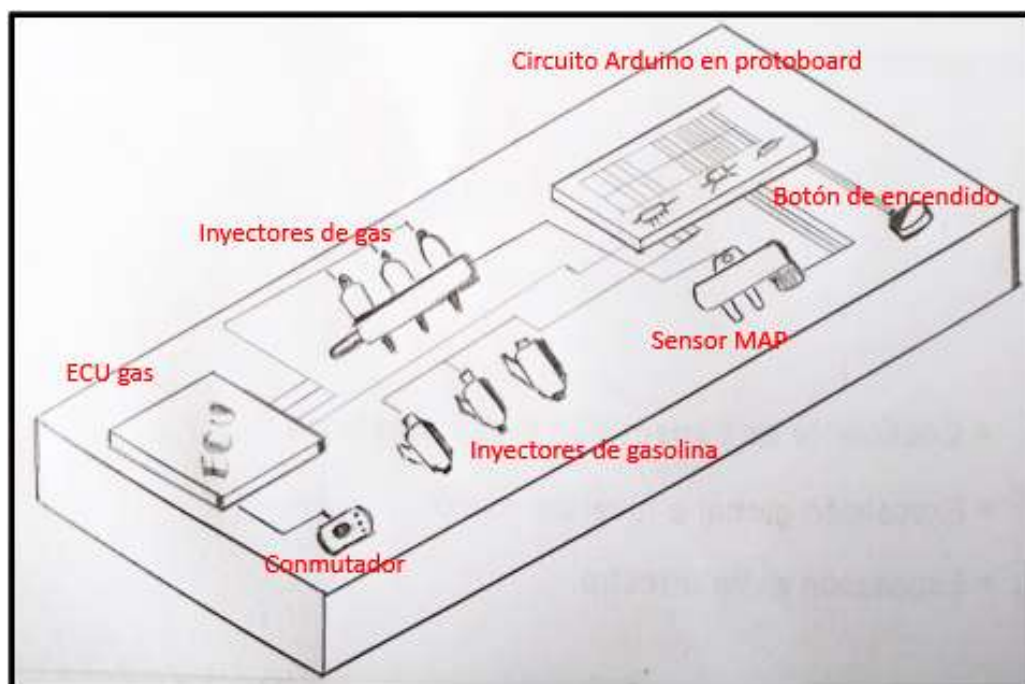


**Figura 38.** Bosquejo de (módulo solución 3)

**Fuente.** Elaboración propia

#### **3.1.3.4. Solución 4**

En la solución 4 se muestra un módulo construido con Arduino uno el cual se integrará con un circuito en un protoboard para luego conectarse con una ECU Lovato Ego la cual dará lectura a los parámetros principales de trabajo; todos los componentes se montan en un tablero de melamina. En la figura 39 se muestra el bosquejo para la solución 4.



**Figura 39.** Bosquejo de módulo (solución 4)

**Fuente.** Elaboración propia

### 3.1.4. Criterios de Selección de diseño conceptual

Los criterios de selección de diseño conceptual corresponden a puntuaciones y porcentajes que se consideraron de acuerdo con la marca y modelo del sistema electrónico escogido, así como el costo total de inversión y la seguridad de instalación. La eficiencia es uno de los factores que se consideró, es decir la forma de trabajo que tenga el sistema GLP y el software con el que se configurarán los parámetros.

#### 3.1.4.1. Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación se tomaron como se describe en la tabla 12.

**Tabla 12.**

Criterios de selección

Proceso de evaluación durante la Fase Conceptual		
VARIABLE	CRITERIO	PORCENTAJE
A	Mantenimiento	15
B	Diseño electrónico	20
C	Costo	25
D	Ensamblaje y estética	10
E	Eficiencia y lectura de parámetros	30
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>

*Fuente.* Elaboración propia

### 3.1.4.2. Validación

Los criterios de validación se describen en la tabla 13.

**Tabla 13.**

Validación	
VALIDACIÓN	
Puntuación	Significado
-2	Muy malo
-1	Malo
0	Regular
1	Bueno
2	Muy bueno

*Fuente.* Elaboración propia

### 3.1.4.3. Comparación de soluciones de matriz morfológica.

De acuerdo con los criterios de selección y validación se realizó un análisis al comparar cada una de las soluciones presentadas en la matriz morfológica, como se muestra en a tabla 14.

**Tabla 14.**

Cálculo comparativo de soluciones

CRITERIO	SOLUCIÓN 1			SOLUCIÓN 2			SOLUCIÓN 3			SOLUCIÓN 4		
	P	%	Total 1	P	%	Total 2	P	%	Total 3	P	%	Total 4
A	0	0.15	<b>0</b>	1	0.15	<b>0.15</b>	1	0.15	<b>0.15</b>	0	0.15	<b>0</b>
B	0	0.2	<b>0</b>	2	0.2	<b>0.4</b>	2	0.2	<b>0.4</b>	0	0.2	<b>0</b>
C	1	0.25	<b>0.25</b>	-1	0.25	<b>-0.25</b>	0	0.25	<b>0</b>	1	0.25	<b>0.25</b>
D	-1	0.1	<b>-0.1</b>	0	0.1	<b>0</b>	2	0.1	<b>0.2</b>	0	0.1	<b>0</b>
E	0	0.3	<b>0</b>	0	0.3	<b>0</b>	1	0.3	<b>0.3</b>	1	0.3	<b>0.3</b>
<b>TOTAL</b>			<b>0.15</b>			<b>0.3</b>			<b>1.05</b>			<b>0.55</b>

*Fuente.* Elaboración propia

Después de realizar las evaluaciones necesarias, finalmente se escogió a la solución 3, por ser la más viable económica y técnicamente para la construcción del módulo de aprendizaje, como se muestra en la figura 15.

**Tabla 15.** Selección de solución 3

CRITERIO	SOLUCIÓN 3	
	IDEAL	REAL
Mantenimiento	2	1
Diseño electrónico	2	2
Costo	2	0
Ensamblaje y estética	2	1
Eficiencia y lectura de parámetros	2	1
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>5</b>

**Fuente.** Elaboración propia

### 3.2. Diseño y simulación de circuito electrónico en Proteus 8 Professional

Para el diseño del circuito pulsador, es necesario definir que el integrado N555 trabajará en modo ASTABLE, por ello se debe calcular el tiempo de trabajo requerido y la frecuencia de trabajo. Se requirió que los tiempos de inyección reflejados sean como los tiempos de inyección reales a los que trabaja un vehículo (entre 2ms y 4 ms) o al menos acercarse a los mismos y se seleccionó dos resistencias de 1 kΩ y 1 condensador electrolítico de 0.47μF. Aplicando las ecuaciones 9 y 10, se obtuvo el siguiente resultado en cuanto a los tiempos del ancho de pulso:

$$t_1 = \ln(2) \cdot (R_1 + R_2) \cdot C_1$$

$$t_1 = \ln(2) \cdot (1 + 1) \cdot 0.47$$

$$\mathbf{t_1 = 0.652 ms}$$

$$t_2 = \ln(2) \cdot (R_2) \cdot C_1$$

$$t_2 = \ln(2) \cdot (1) \cdot 0.47$$

$$\mathbf{t_2 = 0.326 ms}$$

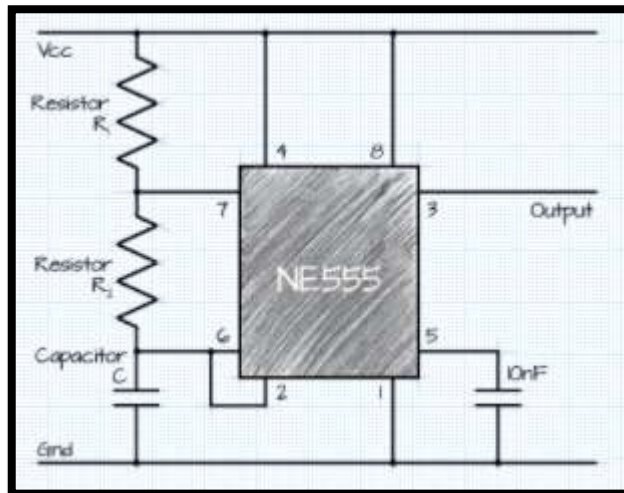
Por lo tanto, se calculó el periodo de trabajo T con la ecuación 11

$$T = (t_1 + t_2)$$
$$T = (0.652 + 0.326)$$
$$T = 0.98 \text{ ms}$$

Finalmente, a partir de este cálculo se obtuvo la frecuencia con la ecuación 12.

$$f = 1/T$$
$$f = 1/0.98$$
$$f = 1.023 \text{ kHz}$$

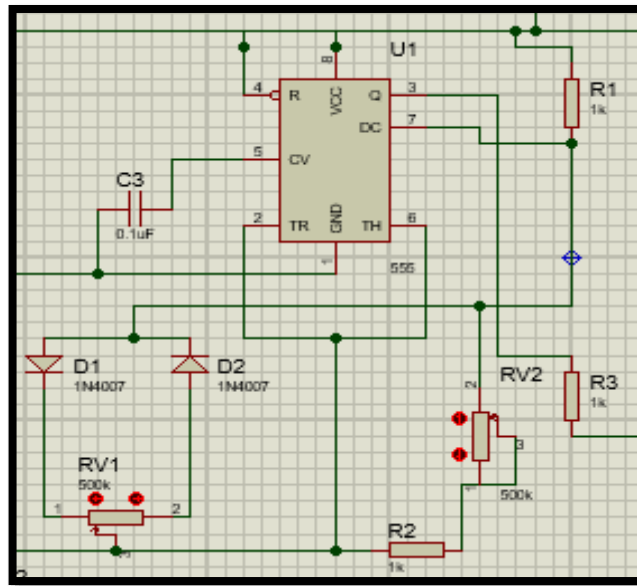
En la figura 40 se muestra el esquema de conexión que debe tener un integrado NE555 en modo Astable y en la figura 41 se presenta el circuito elaborado en Proteus 8 Professional.



**Figura 40.** Esquema de conexión de integrado NE555

**Fuente.**(Ohms Law Calculator, 2015)





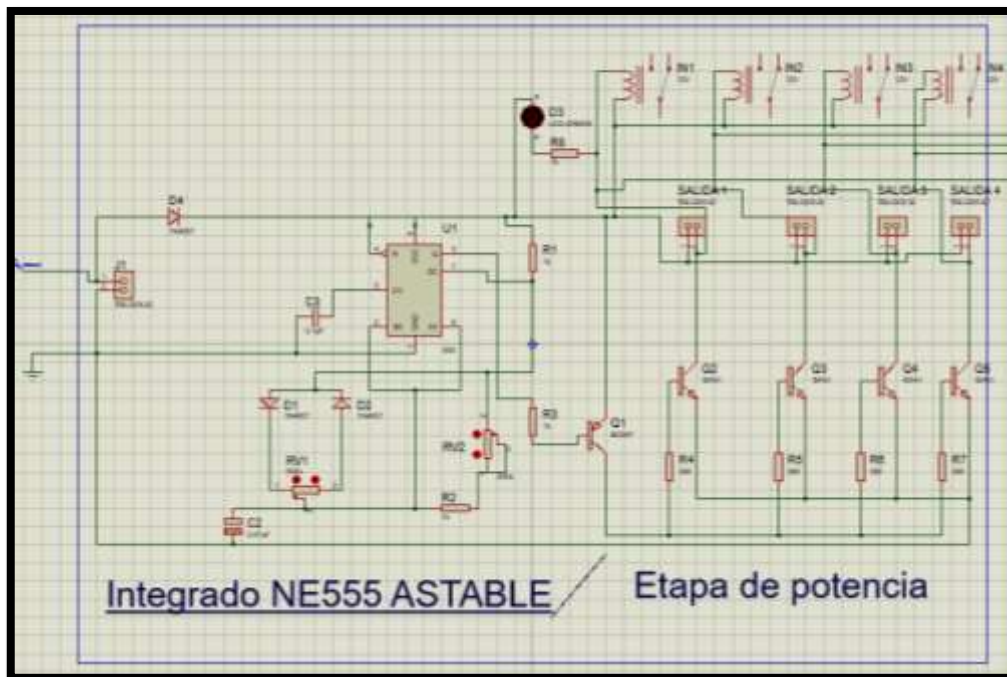
**Figura 41.** Integrado NE555 en Proteus 8

**Fuente.** (Proteus, 2015)

Una vez elaborado el circuito del integrado 555, se procedió a verificar la salida del tren de pulsos en el pin 3 y es necesario que varíe tanto la frecuencia como el ancho de pulso, para ello se conectó dos potenciómetros de 500 k $\Omega$  y un puente de diodos con dos diodos 1N4007. De esta manera se logra la variación del tren de pulsos manipulando los dos potenciómetros, de los cuales uno de ellos trabaja como resistencia variable (RV1).

La corriente que consume el trabajo de un inyector es alta, sin embargo, la corriente que sale por el pin 3 del integrado NE555 no es suficiente; para ello se diseñó la etapa de potencia con un transistor BC557 que hará la función de conmutador conectado al pin 3 para bajar la carga del integrado, posteriormente se conectó cuatro transistores TIP41 para aumentar la corriente y sea la suficiente para que los inyectores se activen, Los transistores TIP41 se acompañaron con resistencias de 390 ohm. La fuente de alimentación es de 12 V.

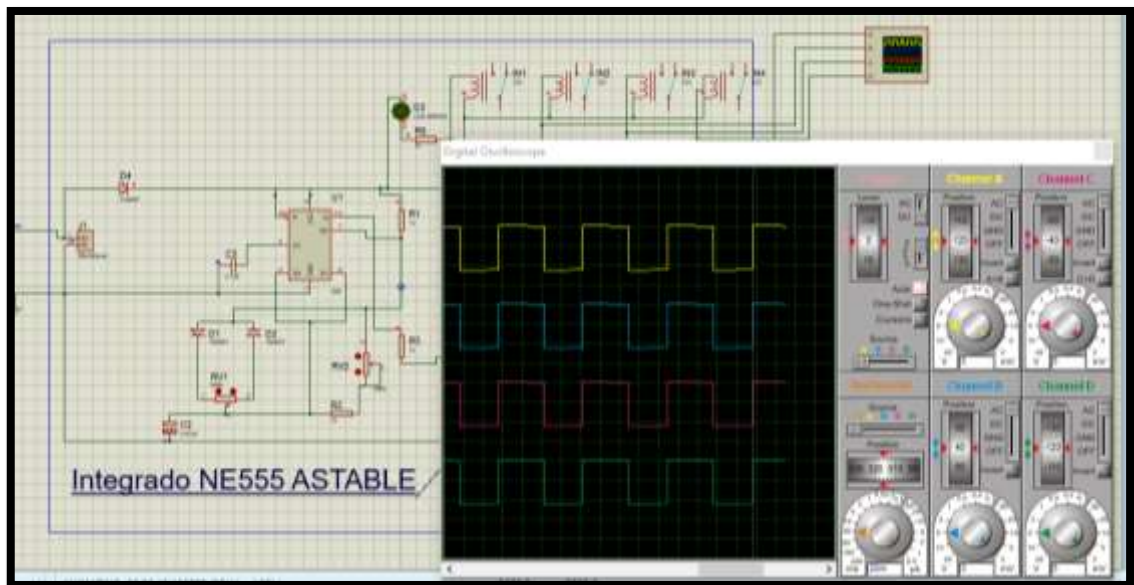
En la figura 42, se muestra el circuito final del pulsador de inyectores.



**Figura 42.** Circuito pulsador de inyectores diseñado en Proteus 8 Professional  
**Fuente.** (Proteus, 2015)

Cabe destacar que como el circuito trabajará con inyectores reales, es decir se trabajará con cargas inductivas por lo cual se colocó un diodo rectificador 1N4007 después del positivo de la batería para evitar daños en la fuente de alimentación o en alguno de los elementos electrónicos.

Para comprobar que el circuito funcione y antes de elaborarlo físicamente se procedió a simular el circuito del pulsador colocando un osciloscopio para ver si es que el tren de pulsos es el correcto y además ver si varían conforme a la manipulación de la frecuencia y ancho de pulso. En la figura 43, se muestra una captura de la simulación, comprando el buen funcionamiento del circuito.

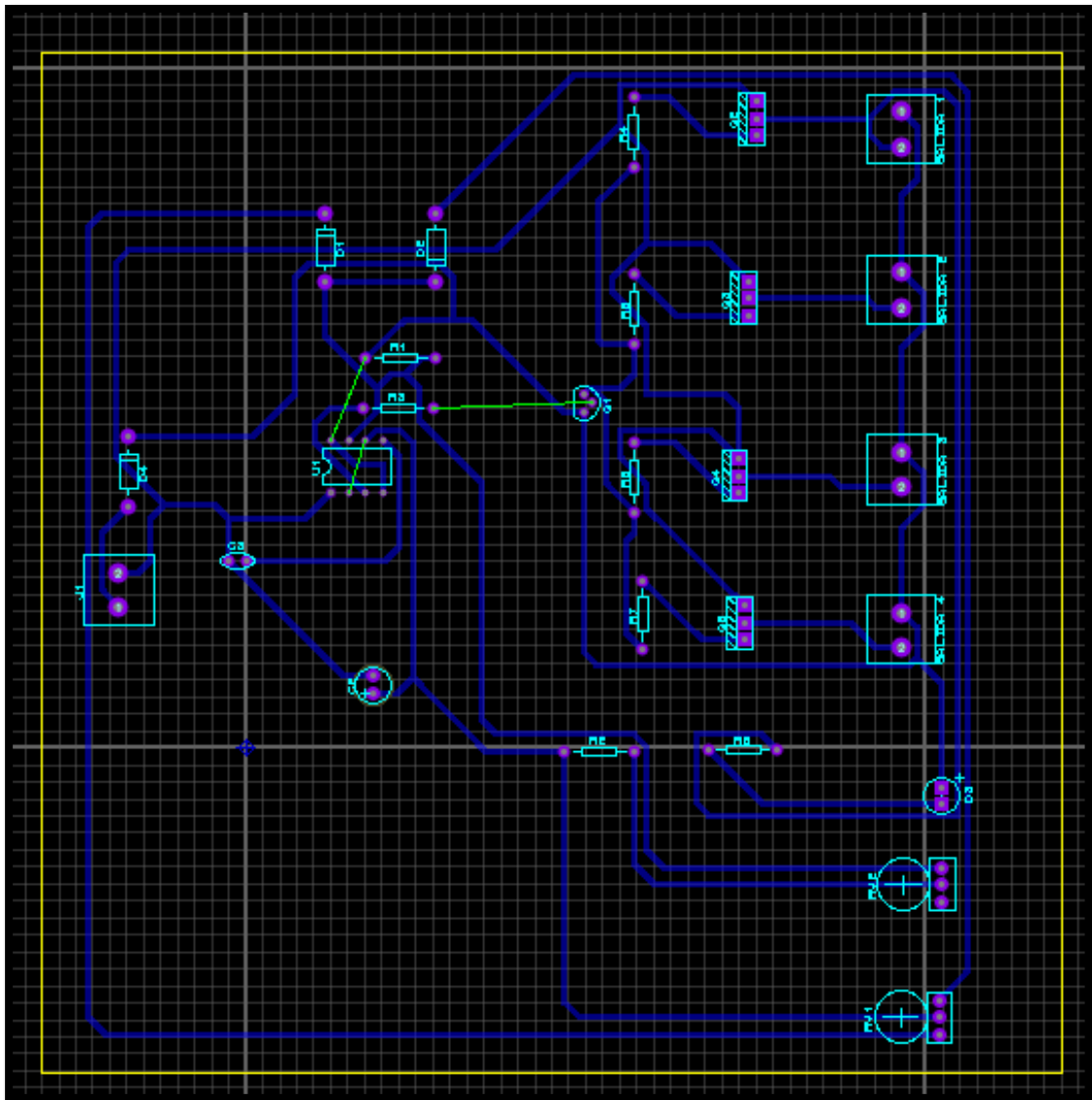


*Figura 43.* Simulación del pulsador de inyectores

*Fuente.* (Proteus, 2015)

### 3.3. Construcción de circuito electrónico para generar pulsos de inyección de gasolina

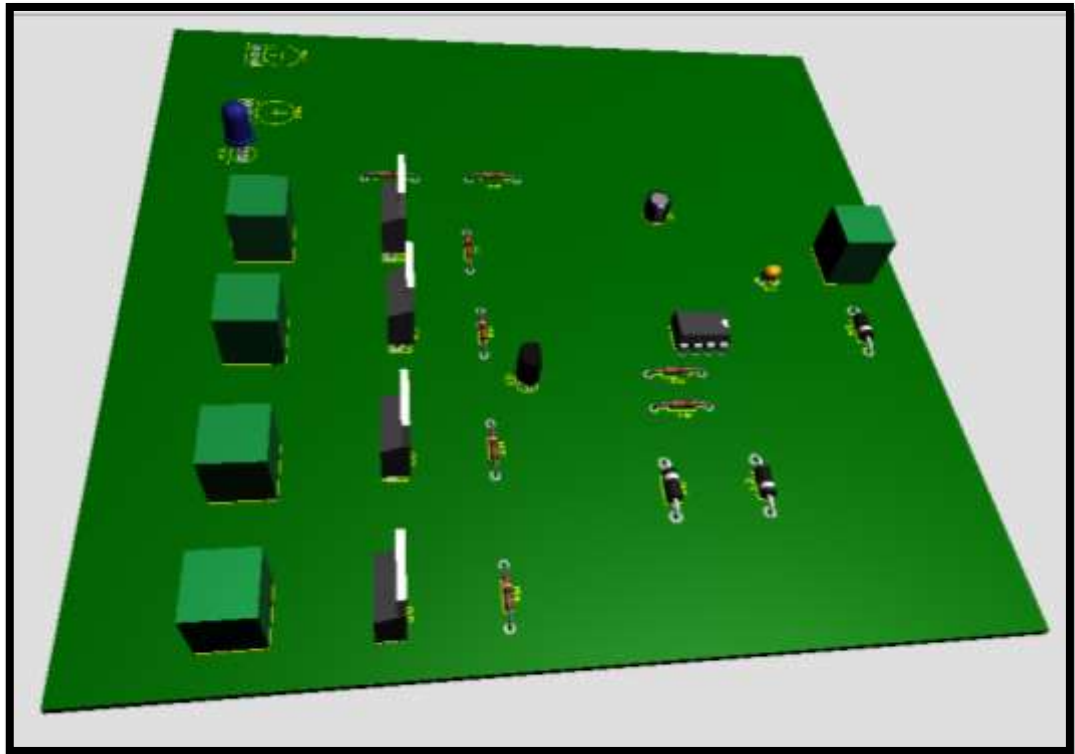
Después de realizar las pruebas necesarias y obtener buenos resultados, se procedió a elaborar un diseño PCB para obtener las pistas de conexión y luego imprimir el circuito. El primer paso fue generar el diseño PCB como se muestra en la figura 44.



**Figura 44.** Diseño PCB en Proteus 8 Professional

**Fuente.** (Proteus, 2015)

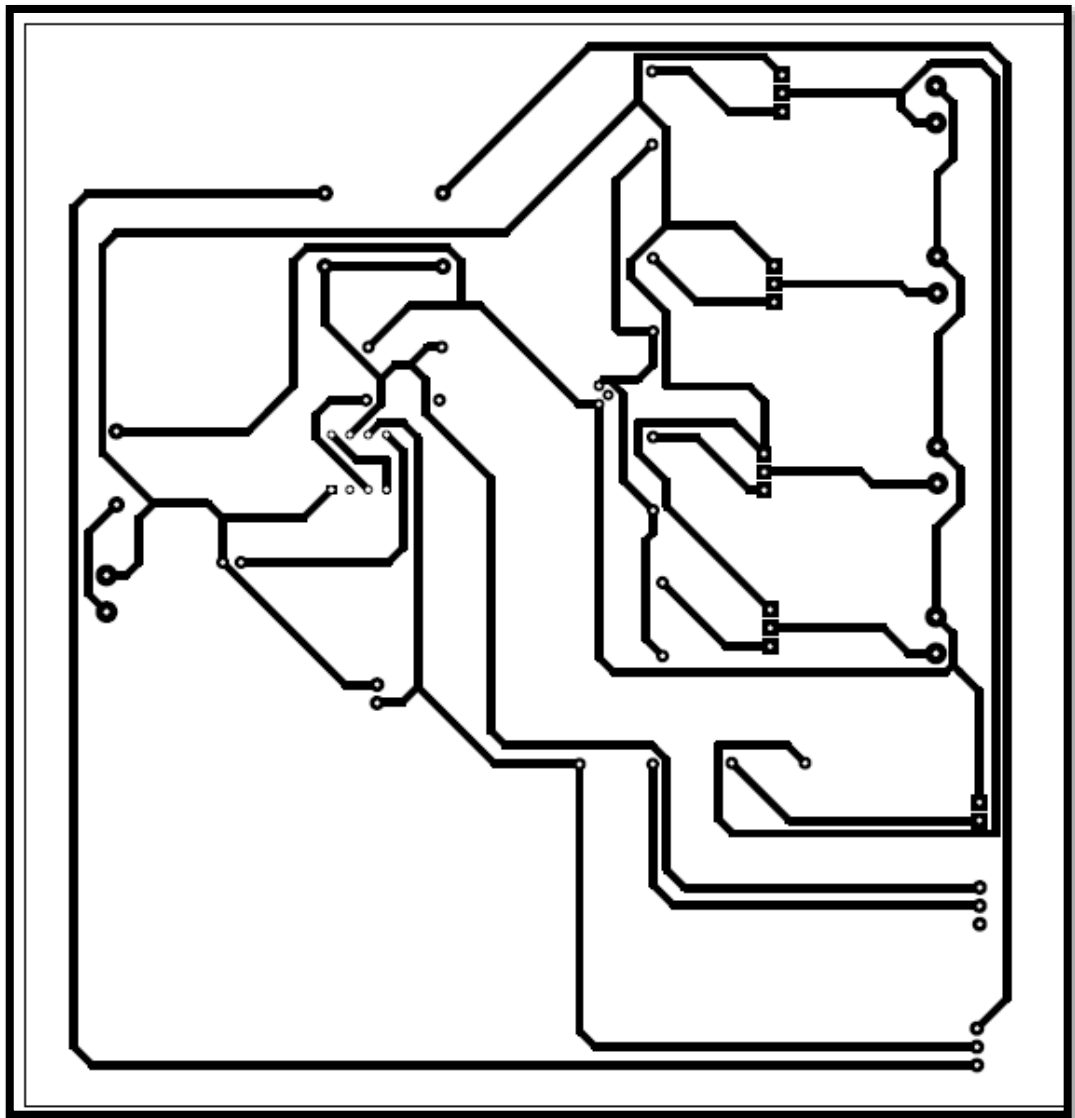
Una vez elaborado el diseño PCB y para tener un alcance de cómo quedaría el circuito se elaboró un diseño 3D del mismo, como se muestra en la figura 45.



*Figura 45.* Diseño 3D del circuito pulsador de inyectores

*Fuente.* (Proteus, 2015)

El circuito final para impresión quedó listo y se exportó en formato PDF, como se muestra en la figura 46.



*Figura 46.* Circuito para impresión

*Fuente.* Elaboración propia

Para proceder a la construcción del circuito se adquirió los siguientes materiales:

- 5 borneras de 2 pines
- 4 transistores TIP41
- 1 integrado NE555
- 4 resistencias de  $390 \Omega$
- 1 diodo led
- 4 resistencias de  $1 \text{ k}\Omega$

- 1 capacitor cerámico de 0.1 $\mu$ F
- 3 diodos 1N4007
- 1 capacitor electrolítico de 0.47  $\mu$ F
- 1 transistor BC557
- 2 potenciómetros de 500 k $\Omega$

Por el método del circuito impreso, se procedió a elaborar las líneas del circuito en una placa de baquelita. Debido al constante trabajo de los transistores, se genera un calentamiento natural en ellos, sin embargo, para las pruebas de funcionamiento se requiere de tiempos prolongados, por lo cual es necesario disipar el calor con elementos refrigerantes acoplados en los TIP41 o de lo contrario adaptar un Mini ventilador de 5V. En este circuito optamos por instalar un mini ventilador. En la figura 47 se muestra el circuito construido por completo.



**Figura 47.** Circuito pulsador de inyectores

**Fuente.** Elaboración propia

### 3.4. Conexión de la centralita de gas con el circuito generador de pulsos para lectura de tiempos de inyección.

La conexión de la ECU gas o centralita STAG 200 GO FAS se realizó bajo un esquema de conexión que brinda el proveedor, teniendo como fuente de alimentación una batería de 12 VDC, 4 Ah, como se muestra en la figura 48.



*Figura 48.* Batería 12 VDC

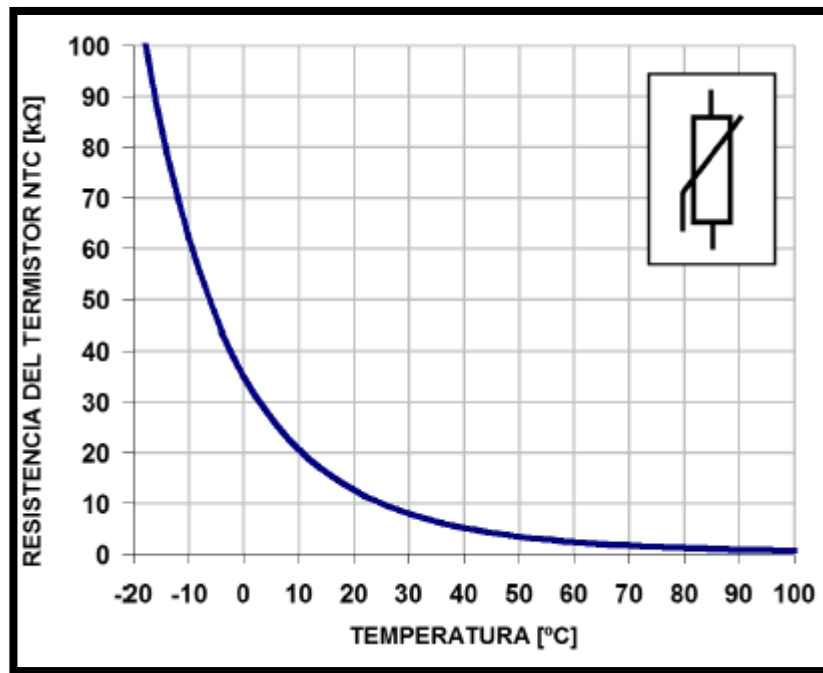
*Fuente.* Elaboración propia

El trabajo de los sensores y actuadores de GLP tienen diferentes características técnicas en función de la marca y modelo pero de forma general se consideró agregar contenido teórico que permita conocer un panorama general del funcionamiento de cada uno de los componentes.

#### 3.4.1. Sensor de temperatura

En el caso del sensor de temperatura debe considerarse la resistencia con la que funciona a más de 50° C. El sensor de temperatura funciona como un termistor NTC; es decir, cuando aumenta la temperatura entonces disminuye la resistencia, como en la curva que se muestra en la figura 49.





**Figura 49.** Curva de resistencia de termistor NTC respecto a su temperatura.

**Fuente.** (Picuino, 2016)

Un óptimo funcionamiento del sistema de gas se cumple cuando la temperatura alcanza valores altos. Para una temperatura  $T$  de  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $R_0 = 10\ 000\ \Omega$ , se realizó el cálculo de la resistencia del sensor NTC con la ecuación 1; además se consideró la temperatura ambiente de  $T_0 = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  y un índice de sensibilidad del termistor  $\beta = 3\ 525\ \text{K}$

$$R_t = R_0 e^{\beta \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

$$R_t = 10\ 000 \cdot e^{3525 \left( \frac{1}{323} - \frac{1}{298} \right)}$$

$$R_t = 4\ 002,97\ \Omega$$

En el ramal de conexión de la ECU de gas, los cables naranja y negro corresponden al sensor de temperatura, sin embargo, como no habrá trabajo con calor producido por agua circulante

en un reductor de gas; se procedió a instalar un diodo rectificador 1N4007 uniendo los cables del sensor de temperatura para lograr simular una temperatura normal de trabajo en el sistema, obteniendo una temperatura promedio entre 50 °C - 80 °C dependiendo del modelo de sensor de temperatura seleccionado.

### 3.4.2. Sensor MAP

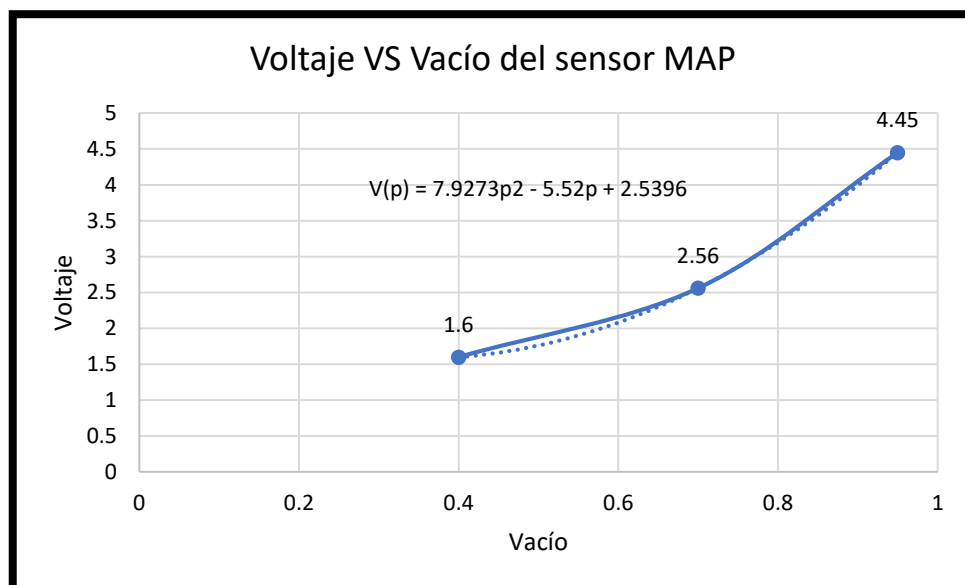
Para calcular el voltaje en función del vacío del múltiple de admisión se tomó como referencia la tabla 16 la cual representa la toma de datos de los valores de un sensor MAP convencional tomados como muestra en un auto Ford Fiesta 1999.

**Tabla 16.** Valores promedio de voltaje respecto al vacío del colector de admisión

Vacío (bar)	Voltaje (V)
0.4	1.6
0.7	2.56
0.95	4.45

*Fuente.* Elaboración propia

En la Figura 50 se representa la curva en función a la ecuación 5 que está desarrollada conforme a la tabla 9.



**Figura 50.** Curva de Voltaje vs Vacío del sensor MAP

**Fuente.** Elaboración propia

Para desarrollar la ecuación 5 se tomó el primer dato de la tabla 9, por ejemplo, si el vacío es equivalente a 0.4 bar entonces se resuelve:

$$\begin{aligned}V(p) &= 7.9273 p^2 - 5.52p + 2.5396 \\V(p) &= 7.9273(0.4)^2 - 5.52(0.4) + 2.5396 \\V(p) &= 1.6\end{aligned}$$

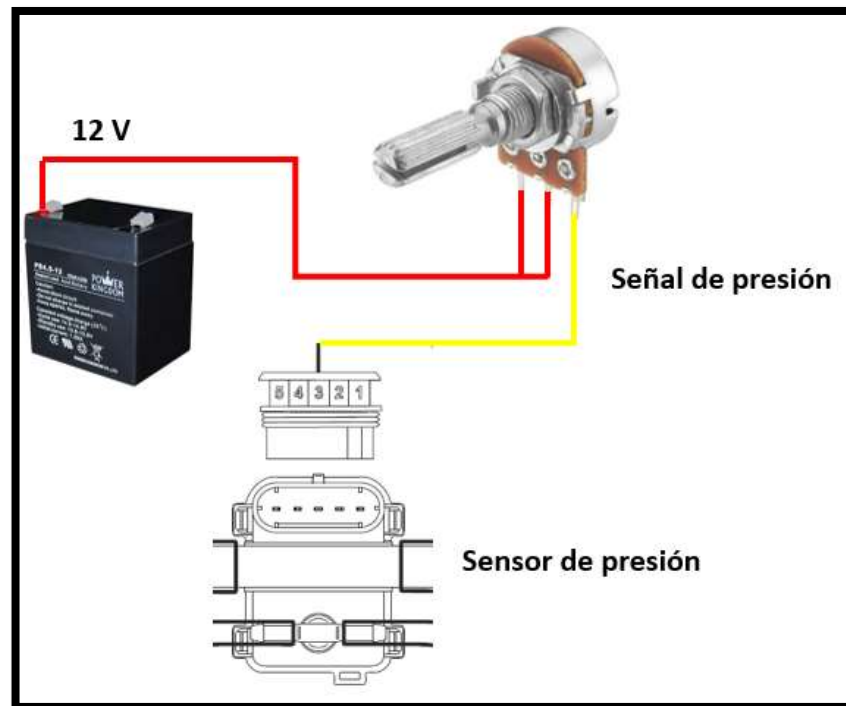
La presión que ingresa a los inyectores de gas es de 100 kPa – 150 kPa, con este dato se aplicó la ecuación 3 para conocer la fuerza con la que ingresa el gas al sensor de presión cuyo diámetro de sección es de 12 mm, por lo cual el área es de 0.000113097 m<sup>2</sup> a una presión ***P = 100 kPa***

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P.A = 100(0.000113097)$$

$$F = 0.011309 \text{ kN}$$

En el módulo de aprendizaje no se trabajó con GLP real (balón de gas), sin embargo, se requirió presión de gas para configurar otros parámetros, es por ello que se adicionó un potenciómetro de 10 kΩ utilizado como resistencia variable en el circuito para subir o bajar el voltaje del sensor de presión de gas y simular una presión adecuada con el fin de lograr la calibración de los demás parámetros; como se muestra en la figura 51.



**Figura 51.** Diagrama de conexión de potenciómetro y sensor de presión

**Fuente.** Elaboración propia

### 3.4.3. Inyectores de gas

Los inyectores que se utilizaron en el módulo son de tipo Valtek, tiene una resistencia en las bobinas de  $2 \Omega$ , con la ecuación 2 se calculó la corriente de cada bobina; aplicando la ley de ohm a una tensión de 12 V.

$$R = \frac{V}{I}$$

$$2 = \frac{12}{I}$$

$$I = 6 A$$

La corriente que ingresa a los inyectores de gas tiene un tiempo de retardo por lo cual se aplicó la ecuación 4, siendo la inductancia de la bobina  $L = 3.08 \text{ mH}$  a una frecuencia de 100 Hz según (Szpica, 2016)

$$\tau = \frac{L}{R}$$

$$\tau = \frac{3.08}{2}$$

$$\tau = 1.54 \text{ ms}$$

#### 3.4.4. Sensor de Nivel AEB 1050

Es sistema STAG tiene en su listado la opción de seleccionar diferentes tipos de sensores de nivel los cuales muestran en el conmutador la cantidad de GLP que tiene almacenado el tanque. Para conocer el trabajo del sensor de nivel cabe recordar que este es un potenciómetro, por lo tanto cuando varía su resistencia también varía su voltaje por lo que la señal que sale del potenciómetro es la que se ve reflejada en el indicador de gas como unos puntos de nivel. Para conocer el voltaje de salida se utilizó la ecuación 6 y como ejemplo se tomó los datos siguientes: una Resistencia  $Ra = 50 \text{ k}\Omega$ ,  $Rb = 35 \text{ k}\Omega$ ,  $z = 0.005 \text{ V}$  y  $Vi = 5 \text{ V}$ , este valor es constante por ser la entrada de voltaje a un sensor. El valor de z se tomó de la tabla 6.

$$Vs = Vi \left( \frac{Ra}{Ra + Rb} \right) - 2z$$

$$Vs = 5 \left( \frac{50}{50 + 35} \right) - 2(0.005)$$

$$Vs = 1.24 \text{ V}$$

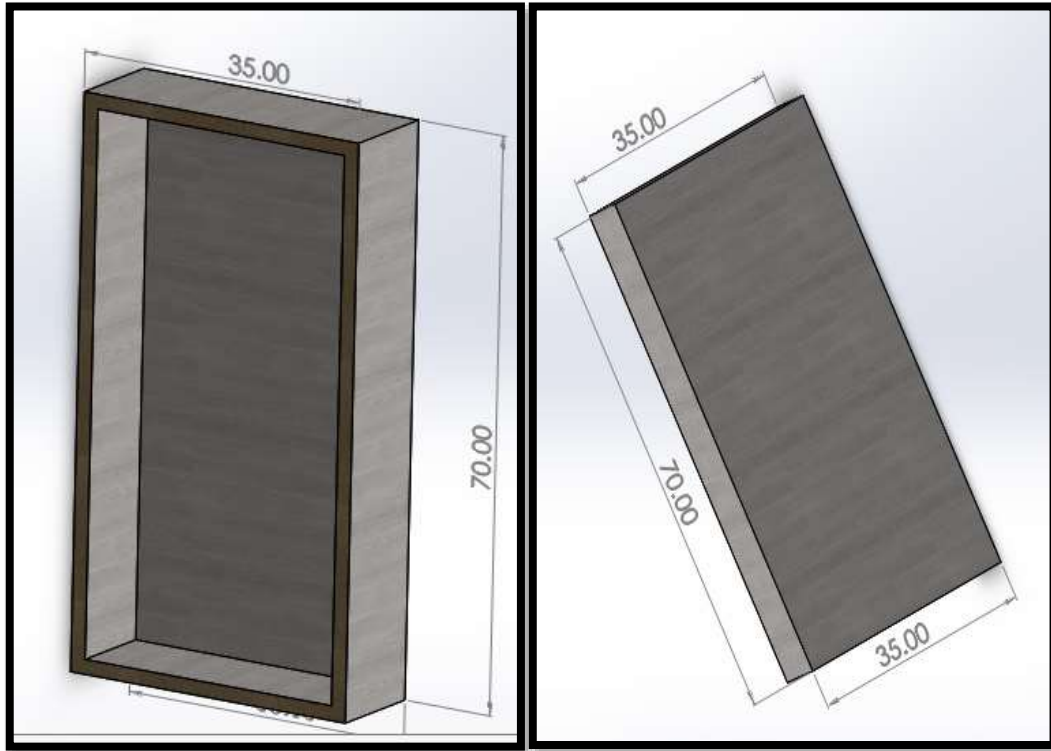
De acuerdo con la configuración del sensor de nivel del sistema Go Fast se obtuvo que el valor de 1.24 V corresponde a que el indicador de nivel se mantenga en reserva de gas.

Antes de realizar las conexiones de la computadora de gas al circuito generador de pulso y hacia los sensores y actuadores, es necesario definir el tablero donde se ubicarían los componentes. Se fabricó un tablero de melamina por su alta resistencia al peso de los elementos montados, el cual tiene una base de 70 cm y una altura de 35 cm. Utilizando la ecuación 7, de obtiene un área de 2450  $\text{cm}^2$ .

$$A = b \cdot h$$

$$A = 2450 \text{ cm}^2 = 0.245 \text{ m}^2$$

En la figura 52, se muestra el tablero de melamina diseñado en SolidWorks.

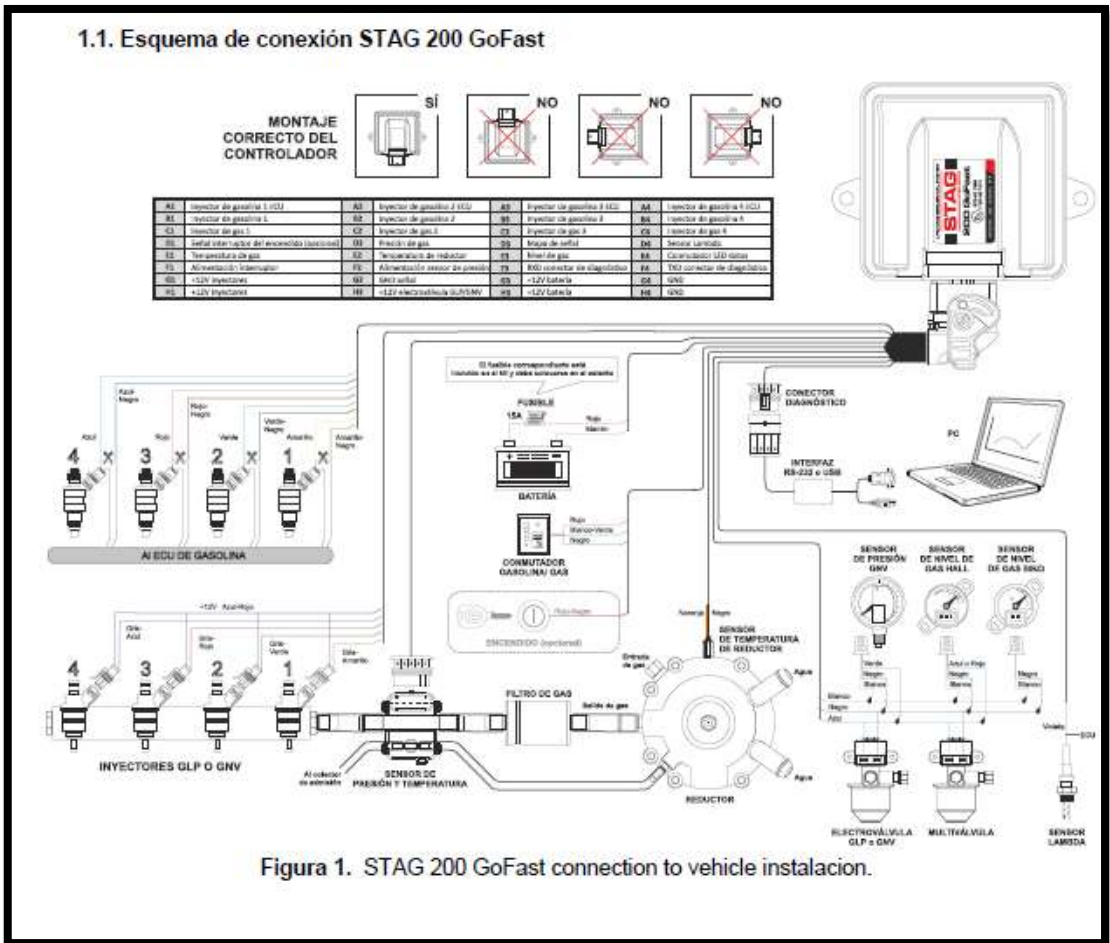


**Figura 52.** Tablero diseñado en SolidWorks.

**Fuente.** Elaboración propia

Las conexiones y empalmes del ramal cableado que acompaña a la ECU GAS se distribuyen adecuadamente para evitar daños en los actuadores y sensores del sistema STAG. En la emulación de los inyectores se instaló conforme el manual STAG en el orden desde la salida del inyector 1 hasta el inyector 4 con la secuencia de los cables amarillo, verde, rojo y azul. El ramal trae conectores de acuerdo con cada uno de los sensores y actuadores por lo que no es muy complicado reconocerlos. como se presenta en la figura 53.

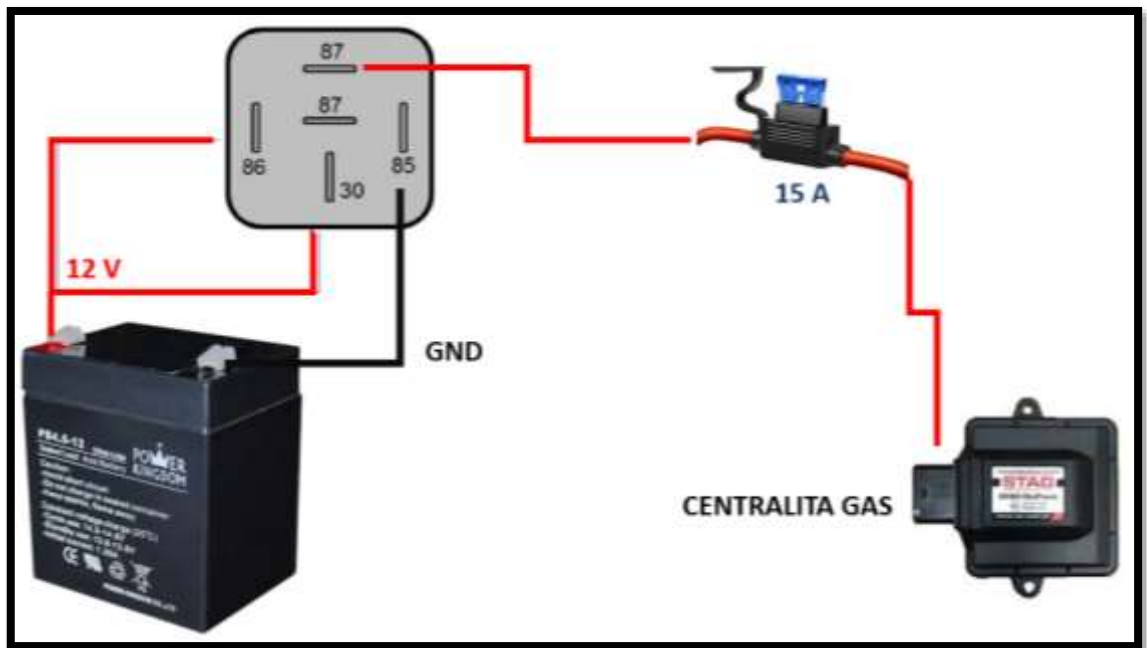
### 1.1. Esquema de conexión STAG 200 GoFast



**Figura 53.** Esquema de conexión de la Centralita GAS con el circuito pulsador

**Fuente.** (STAG autogas system, 2020)

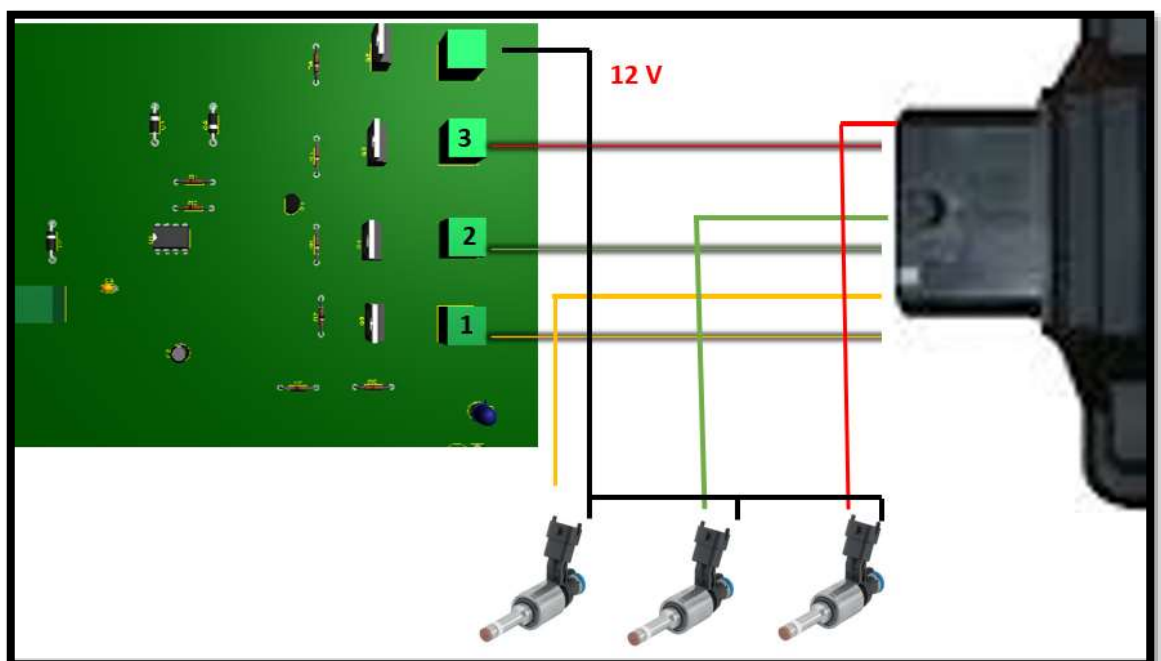
Se instaló cada uno de los componentes en el tablero y para proteger a los inyectores, sensores y computadora de gas se agregó la instalación de un relay de 12V y 5 pines tomando como esquema de instalación como se muestra en la figura 54.



*Figura 54.* Esquema de instalación de relay de 12 V

*Fuente.* Elaboración propia

La computadora STAG viene diseñada para trabajar con 4 inyectores de gas y 4 inyectores de gasolina, sin embargo, en el módulo construido se realizó la conexión sólo para 3 inyectores. La emulación de los inyectores de gasolina se instaló como se muestra en la figura 55.





**Figura 55.** Emulación de inyectores de gasolina

**Fuente.** Elaboración propia

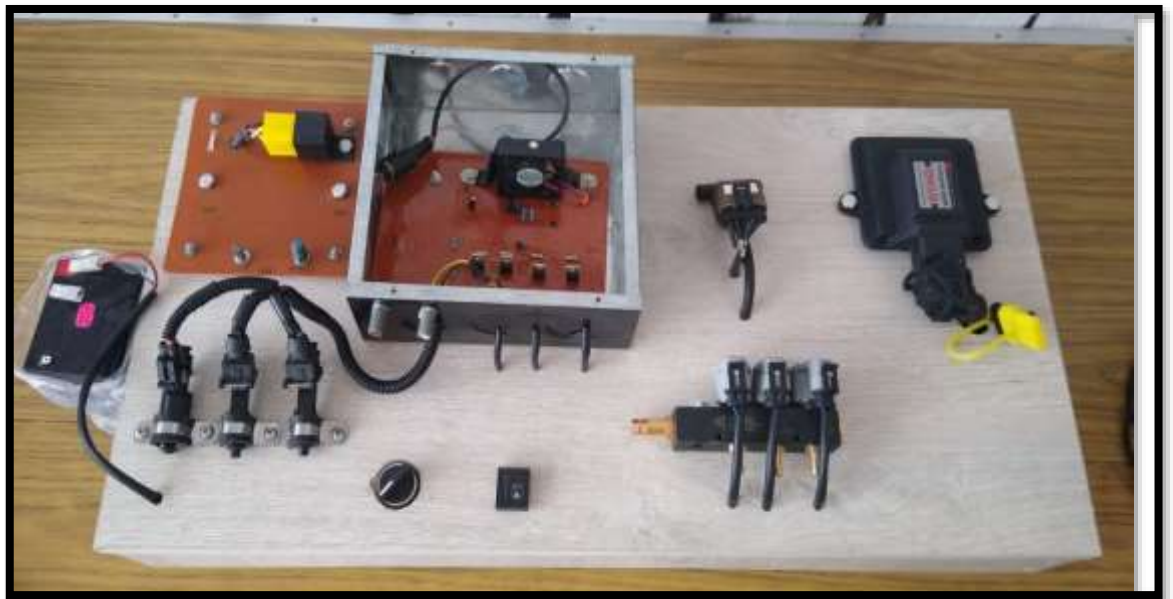
El sistema eléctrico se conectó por el interior del tablero para una mejor estética con sus respectivos precintos y seguros con el fin de tener fijo el ramal. En la figura 56, se muestra la instalación del ramal completo.



**Figura 56.** Ramal eléctrico instalado en el interior del módulo.

**Fuente.** Elaboración propia

Una vez hecha la instalación se procedió a conectar el sensor MAP, inyectores de gas y de gasolina; así como la ECU Stag en el módulo como se muestra en la figura 57.



**Figura 57.** Módulo de aprendizaje del sistema GLP STAG 200 Go Fast

**Fuente.** Elaboración propia

### 3.4.5. Costo de construcción de módulo

Para construir el módulo se adquirieron materiales como transistores, resistencias, un kit completo de electrónica de STAG 200 Go Fast, un riel de inyectores de gas, inyectores de gasolina, batería y otros accesorios. En la tabla 17 se muestra a detalle el costo de cada uno de los elementos utilizados.

**Tabla 17.**

Detalle de costo para construcción de módulo

Componente	Cantidad	P. unitario	Subtotal
Batería	1	60	60
Relé 12V	1	10	10
Cinta aislante	1	4	4
Inyectores de gasolina	3	35	105
Inyectores de GLP	1	200	200
Kit Electrónico Go Fast	1	700	700
Ventilador 5V	1	10	10
Potenciómetro	3	2	6
TIP 41	4	2.5	10
NE 555	1	1.5	1.5
Botón de potenciómetro	3	0.5	1.5
Resistencias	8	0.1	0.8

Borneras	5	0.6	3
Diodo led	1	0.5	0.5
Capacitor cerámico 0.1 uF	1	0.5	0.5
Diodo 1N4007	3	0.1	0.3
Capacitor electrolítico 0.47 uF	1	0.5	0.5
Transistor BC 557	1	0.2	0.2
Placa de Baquelita	1	7	7
Estaño para soldar	1	5	5
Botón selector	1	8	8
Tablero de 35x70	1	36	36
Pernos y tornillos	1	12	12
Caja metálica	1	17	17
Cable de interfaz	1	120	120
Conectores y enchufes	7	2	14
Seguros	3	1	3
<b>TOTAL</b>			<b>1335.8</b>

*Fuente.* Elaboración propia

### 3.5. Configuración de los parámetros de GLP y Autocalibración

Para configurar los parámetros del sistema STAG 200 Go se realizó el reconocimiento de trabajo de los sensores y actuadores para una mejor comprensión. Posteriormente se configuró cada uno de los parámetros y se logró una óptima Autocalibración.

#### 3.5.1. Configuración de parámetros y proceso de Autocalibración.

En primer lugar, se configuró la selección de componentes de acuerdo a los componentes montados en el módulo de pruebas. Después de abrir el software STAG 200 Easy Fast, se conectó a la computadora por medio de una interface STAG; en la figura 58 lado izquierdo, se muestra el tipo de inyector seleccionado (Valtek 30 2Ω)



*Figura 58.* Selección del tipo de inyector de gas

*Fuente.* (AC STAG)

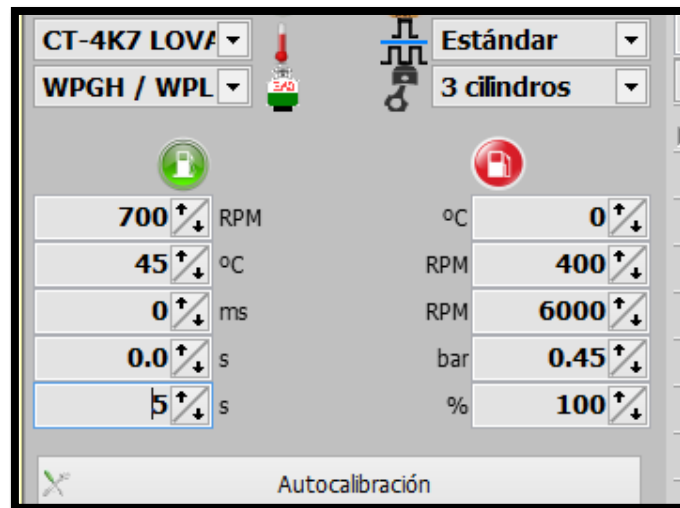
En la figura 59 se muestra la selección de la cantidad de cilindros con los que se trabajó (3 cilindros) y el modelo de sensor de temperatura (CT-4K7 lovato)



*Figura 59.* Selección de la cantidad de cilindros

*Fuente.* (AC STAG)

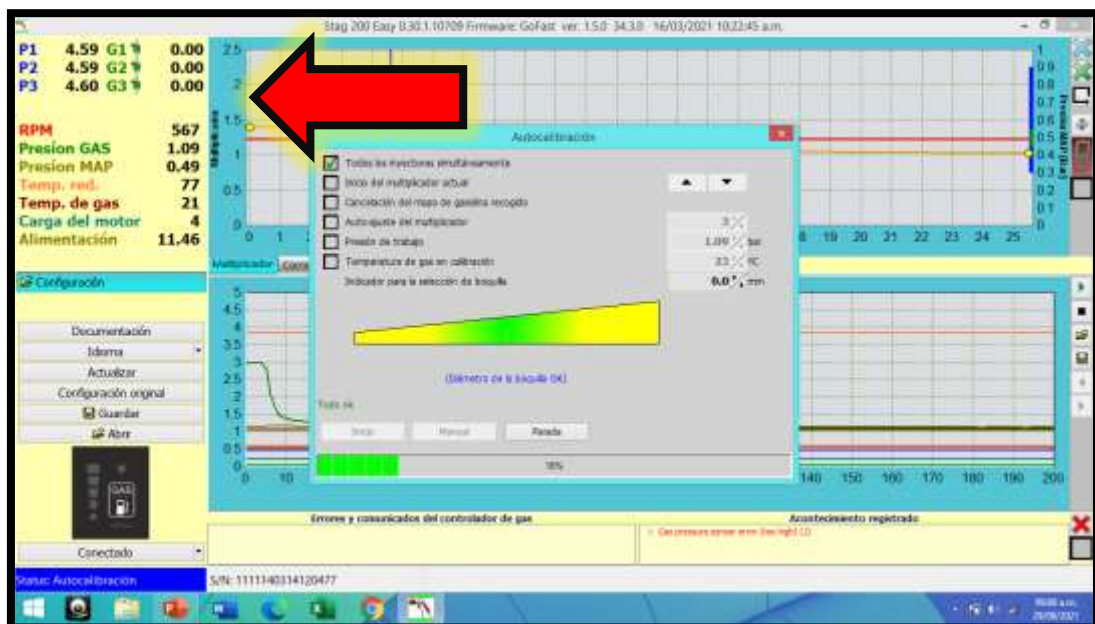
La configuración de los parámetros con los cuales se realizará el paso de gasolina a gas se realizó como se presenta en la figura 60 siendo 700 RPM las suficientes para hacer el paso, a 45 °C y 5s de retardo. Los parámetros de cambio de gas a gasolina indicados por un ícono rojo se dejaron por defecto.



**Figura 60.** Parámetros para cambio de gasolina a gas.

**Fuente.** (AC STAG)

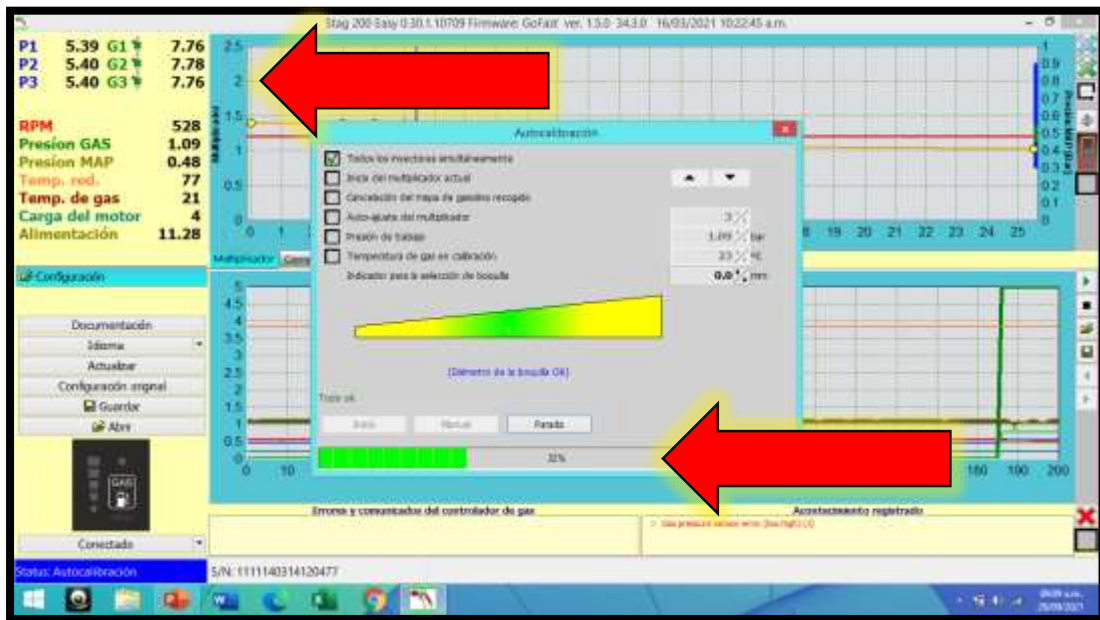
Una vez terminada la configuración de parámetros, se continuó con la Autocalibración, para ello se dio marcha al trabajo del módulo y ya encendido se muestran los tiempos de inyección de gasolina, RPM, Presión de gas, vacío MAP, temperatura, y alimentación de batería como se presenta en la figura 61.



**Figura 61.** Inicio de Autocalibración.

**Fuente.** (AC STAG)

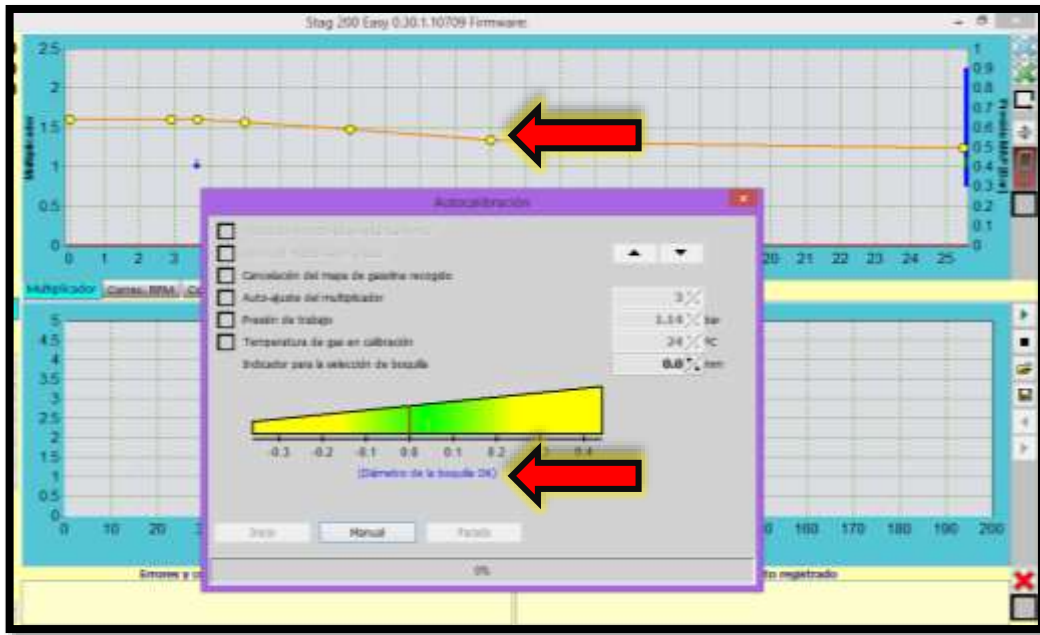
Conforme pasan los minutos, el sistema reconoció el buen trabajo y selección de componentes, dando un óptimo desarrollo en la barra de progreso (32%) y mostrando los tiempos de inyección de gas junto con los de gasolina, como se muestra en la figura 62.



**Figura 62.** Trabajo de los tiempos de inyección de gas durante la Autocalibración.

**Fuente.** (AC STAG)

Finalmente, la Autocalibración terminó con éxito al obtener que la barra vertical roja se muestre en el centro anunciando un buen diámetro en las boquillas de los inyectores de gas, de la misma manera la línea naranja (línea de multiplicador) toma una ubicación muy buena (entre 1.4 y 1.6). Toda esta representación se muestra en la figura 63.



**Figura 63.** Autocalibración finalizada

**Fuente.** (AC STAG)

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES**  
**Y**  
**RECOMENDACIONES**



## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

De acuerdo con los componentes propuestos para el diseño del circuito pulsador de inyectores, se utilizó la matriz morfológica para determinar la mejor configuración de diseño, seleccionando la solución 3 de 4 propuestas, la que se compone de un circuito elaborado con integrado NE555, circuito impreso en baquelita, electrónica STAG 200 Go Fast y un tablero de melamina.

Se concluye que se realizó el diseño y la simulación del circuito electrónico de pulsador de inyectores en Proteus 8 Professional, obteniendo buenos resultados al seleccionar los componentes electrónicos adecuados para la variación de ancho de pulso y RPM, generando una onda cuadrada variable por cada transistor TIP41.

Después de realizar el diseño, se construyó el módulo generador de pulsos en una placa de baquelita aplicando la técnica del circuito impreso, soldando cada uno de los componentes y testeando antes de conectar el circuito a una batería. Se adicionó también un ventilador de 5V para disipar el calor provocado por el trabajo de los transistores TIP 41; obteniendo los pulsos de inyección variables al manipular los potenciómetros de ancho de pulso y RPM.

Se conectó la centralita de GLP Stag 200 Go Fast con cada uno de los sensores y actuadores seleccionados, así también se conectó el módulo generador de pulsos emulando los cables correspondientes respetando el esquema de conexión del manual Stag.

Posterior a la conexión de la ECU gas se configuró cada uno de los parámetros en el software Stag 200 Easy, después de encender el módulo se realizó la Autocalibración alcanzando una línea de multiplicador por encima de 1.5 (óptima).

## **4.2. Recomendaciones**

Se recomienda utilizar otra propuesta de diseño utilizando Arduino Nano o Arduino Uno como fuente de pulsos de inyección y simular el circuito.

Se recomienda continuar con la investigación acerca del diseño de módulo para buscar otras alternativas de diseño.

Se recomienda comparar resultados del ahorro de GLP frente a la gasolina utilizando otro tipo de motor, utilizando el mismo análisis matemático.

Se propone realizar pruebas con otro tipo de centralitas de gas para comparar resultados al momento de autocalibrar.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AC. (03 de 04 de 2017). AC. Obtenido de <https://www.ac.com.pl/products-autogas/switches-petrol-gas/led-gofast/328/>
- AC STAG. (s.f). *CATÁLOGO Stag 400 DPI*. Bialystok. Obtenido de <https://www.ac.com.pl/centro-de-descargas-Instrucciones>
- Aguilar, L. (2016). *APLICACIÓN DEL PROTOCOLO DE DIAGNÓSTICO E INTERPRETACIÓN DE FALLAS DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA CON EL USO DEL SCANNER LAUNCH X431 GDS PARA LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA*. Arequipa.
- Alejandro, S., & Alejandro, G. (2016). *Diseño, Construcción y Evaluación de un Prototipo de Banco de Prueba y Limpieza de Inyectores para el sector automotriz*. Córdoba. Obtenido de <https://rdu.iua.edu.ar/handle/123456789/1137>
- ALEX Professional Autogas Instalation. (2021). *Alex*. Obtenido de <https://autogas-alex.com/es/products/riel-de-inyector-rail-001/>
- Arbulú, J., & García, G. (2018). *Modelado y Simulación del motor gasolinero Suzuki M16A mediante el uso de una Interfaz Gráfica de Usuario en el Taller de Ciencias Térmicas de la USS - Chiclayo*. Chiclayo. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4868>
- BOSCH. (2021). *Sistemas de Inyección Electrónica*. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/p6589842/El-volumen-de-combustible-que-la-unidad-de-mando-determina-se-inyecta-por-las/>
- Contreras, Y., & Roa, M. (2015). *Técnicas e Instrumentos de Investigación*. <http://tecnicasdeinvestigacion2015.blogspot.com/2015/04/bienvenidos-nuestro-blogger.html>
- Cueva, C. (2020). *Probador secuencial automotriz para el aprendizaje de diagnóstico de inyectores electrónicos en estudiantes del Instituto Tecnológico IDAT, Lima*. Tarma.
- Erkus, B., Karamangil, Í., & Surmen, A. (2015). DESIGNING A PROTOTYPE LPG INJECTION ELECTRONIC CONTROL UNIT FOR A CARBURETTED GASOLINE ENGINE. *Revista de la Universidad de Uludag de la Facultad de Ingeniería*, 141-153. doi:10.17482/uujfe.33667
- Gerrero, J. (2019). *No Title*. Instrumentos Para Evaluar a Los Alumnos, Ejemplos de Guía de Observación, Diario de Clase, Registro Anecdótico y Escala de Actitude. <https://docentesaldia.com/2019/09/15/instrumentos-para-evaluar-a-los-alumnos-ejemplos-de-guia-de-observacion-diario-de-clase-registro-anecdótico-y-escala-de-actitudes/#:~:text=La guía de observación es,que son relevantes al obser>
- Godoy, D., & Villamarín, S. (2016). *Construcción de una Maqueta de Simulación de Sensores y Actuadores Automotrices del Sistema de Inyección OBD I del Motor a Gasolina del Corsa Wind 2001*. Ibarra. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7414>
- Gong, C., Zilong, L., Su, H., Chen, Y., Li, J., & Liu, F. (2019). Effect of injection strategy on cold start firing, combustion and emissions of a LPG/methanol dual-fuel spark-ignition engine. *Energy*, 126-133. doi:0360-5442

- González, D. (2012). *Motores Térmicos y sus Sistemas Auxiliares, Paraninfo*. Madrid: Paraninfo. Obtenido de [https://go.gale.com/ps/pdfViewer?resultListType=RELATED\\_DOCUMENT&searchType=BasicSearchForm&c2c=true&docId=GALE%7CCX7063700001&userGroupName=univcv&inPS=true&contentSegment=&prodId=GVRL&isETOC=true#content](https://go.gale.com/ps/pdfViewer?resultListType=RELATED_DOCUMENT&searchType=BasicSearchForm&c2c=true&docId=GALE%7CCX7063700001&userGroupName=univcv&inPS=true&contentSegment=&prodId=GVRL&isETOC=true#content)
- González, D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares* (p. 677).
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2005). *Combustibles y Vehículos Alternativos*. Madrid. Obtenido de [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10297\\_TREATISE\\_CombustiblesVehiculosAlternativos\\_A2005\\_d9d8d6b3.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10297_TREATISE_CombustiblesVehiculosAlternativos_A2005_d9d8d6b3.pdf)
- Ivanov, Z., Stoyanov, S., Mihaylov, V., & Santos, E. (2021). Flow characteristics of gas injectors. *Ciencia e Ingeniería de Materiales*, 1-8. doi:10.1088/1757-899X/664/1/012021
- Kia Motors. (2019). *Especificaciones técnicas Kia Picanto*. 1. <http://lisanmotors.com/wp-content/uploads/2017/11/FICHA-TECNICA-KIA-ION-1250-cc.pdf>
- Mecánica Automotriz Fácil. (2006). *Electrónica y Electricidad Automotriz*. México: México Digital Comunicación S.A de C.V. Obtenido de [www.mecanica-facil.com](http://www.mecanica-facil.com)
- Mustaffa, N., Mustaqim, M., Fawsi, M., & Azmir, S. (2016). Conversion of a Gasoline Engine into an LPG-FUELLED Engine. *ARNP de Ingeniería y Ciencias Aplicadas*, 11(14), 8568-8572. Obtenido de [http://www.arnjournals.org/jeas/research\\_papers/rp\\_2016/jeas\\_0716\\_4641.pdf](http://www.arnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2016/jeas_0716_4641.pdf)
- Navarrete, T. (2012). *Análisis comparativo de los métodos de la caja negra, blanca y gris de testing de software, para la propuesta de un método estándar de testing*.
- Noreña, A., Moreno, N., Rojas, J., & Malpica, D. (2012). *Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa*.
- Norriazal, M., Mas, F., Amir, K., Azmir, O., Norrizam, J., & Mohd, M. (2020). Effects of Liquid LPG Injection on Combustion Stability in Spark Ignition Engine. *Revista de investigación avanzada en mecánica de fluidos y ciencias térmicas.*, 164 - 171. doi:<https://doi.org/10.37934/arfmts.76.1.164171>
- Ohms Law Calculator. (2015). *No Title*. <https://ohmslawcalculator.com/555-astable-calculator>
- Ortega, F. (2013). *Elaboración de una maqueta didáctica del sistema de inyección y encendido del motor GM 3800 cc de un vehículo Pontiac*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4015>
- Otero, A. (15 de enero de 2020). *Motorpasión*. Obtenido de <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/coches-glp-combustible-alternativo-inconvenientes-espana>
- Payri González, F., & Desantes Fernández, J. M. (2011). Motores de combustión interna alternativos. In *Colección Académica. Editorial UPV*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/70998?show=full#.XS-S8qUSHMQ.mendeley>
- Picuino. (2016). *Sensor de Temperatura*.
- Proteus. (2015). *Proteus 8 Professional*, (8.0).
- QuestionPro. (2021). *Investigación cuantitativa. Qué es y como realizarla*. [questionpro.com/blog/es/que-es-la-investigacion-cuantitativa/](https://questionpro.com/blog/es/que-es-la-investigacion-cuantitativa/)
- Rovira, A., & Muñoz, M. (2015). *Motores de Combustión Interna*. Madrid.

- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Mc Graw Hill-Interamericana Editores S.A (ed.)).
- ST. (2012). *NE555 SA555-SE555*. 20. [www.st.com](http://www.st.com)
- STAG autogas system. (2020). *Instrucciones de conexión y programación del controlador*. Bialystok.
- STAG autogas system. (2020). *Instrucciones de conexión y programación del controlador STAG 200GOFast* (p. 23)
- Suárez, M. (2006). *EL SABER PEDAGÓGICO DE LOS PROFESORES DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES TÁCHIRA Y SUS IMPLICACIONES EN LA ENSEÑANZA*. <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Memoria.pdf>
- Szpica, D. (2018). RESEARCH ON THE INFLUENCE OF LPG/CNG INJECTOR OUTLET NOZZLE DIAMETER ON UNEVEN FUEL DOSAGE. *Transport*, 33(1), 186-196. doi:10.3846/16484142.2016.1149884
- Szpica, D., & Czaban, J. (2014). Operational assessment of selected gasoline and LPG vapour injector dosage regularity. *Mechanika*, 20(5), 480-488. doi:10.5755/j01.mech.20.5.7780
- Szpica, D; Dziwitkowski, M. (2020). Analysis of selected functional parameters of the gas supply system during NEDC and WLTC cycles. *Proceedings of the 24th International Scientific Conference*. Lithuania. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/346472014>
- Szpica, D. (2016). *The influence of selected adjustment parameters on the operation of LPG vapor phase pulse injectors*. 10.
- Tip, N. P. N., & Tip, P. N. P. (2004). *Complementary Silicon Plastic Power Transistors*. 3055, 1-7.
- UV. (2001). *El 555*. <https://www.uv.es/~marinjl/electro/555.htm>
- Valtek. (2021). *Valtek*. Obtenido de <https://www.valtek.it/en/>
- Wieclawski, K., Maczak, J., & Szczurowski, K. (2018). Electric Current Characteristics of the Injector Generating Fuel Doses. *Diagnostyka*, 19(4), 59-64. doi:10.29354/diag/97225

**VI**  
**ANEXOS**

## VI. ANEXOS

### 6.1. Código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú



## **CÓDIGO DE ETICA DEL CIP**

**APROBADO EN LA III SESIÓN ORDINARIA DEL CONGRESO NACIONAL DE CONSEJOS  
DEPARTAMENTALES DEL PERÍODO 1998 - 1999  
EN LA CIUDAD DE TACNA 22, 23 Y 24 ABRIL 1999**

6.2. Código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán



[www.uss.edu.pe](http://www.uss.edu.pe)

Anexo 7

**CÓDIGO DE ÉTICA DE  
INVESTIGACIÓN DE LA USS**

VERSIÓN 03

RATIFICADO POR ACUERDO DE CONSEJO UNIVERSITARIO CON RESOLUCIÓN  
RECTORAL N° 0851-2017/USS

CHICLAYO - PERÚ



**6.3. Cálculo para determinar el consumo específico de GLP en comparación con la gasolina, así como la emisión de gases contaminantes.**

**Análisis del consumo específico del gas en comparación con la gasolina, y comparación de gases contaminantes para los dos combustibles.**

**a. Cálculo de consumo específico**

En el módulo de aprendizaje se calibró la ECU STAG para el funcionamiento de 3 cilindros (3 inyectores), por ende, para analizar el consumo específico se utilizó datos del auto Kia Picanto, los detalles del motor se muestran en la Tabla 18.

**Tabla 18.**

Especificaciones técnicas del motor Kia Picanto

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Cilindrada	998 cm <sup>3</sup>
Diámetro x carrera	71 x 84 mm
Relación de compresión	10.5
Potencia máxima/RPM	49 kW/5500
Par máximo/RPM	86.105 Nm/3500

**Fuente.** (Kia Motors, 2019)

En primer lugar, se determinó el volumen unitario con la ecuación 13

$$V_D = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S$$
$$V_D = \frac{\pi(71)^2}{4} \cdot 84$$

$$V_D = 332572,14 \text{ mm}^3 = 332,57 \text{ cm}^3$$

Una vez encontrado el volumen unitario, se procedió a hallar el volumen total con la ecuación 14.

$$V_T = V_D \cdot Z$$

$$V_T = 332,57(3)$$

$$V_T = 997,71 \text{ cm}^3$$

Para hallar la presión media efectiva se consideró la potencia del motor en 49 kW @ 5500 RPM con la ecuación 15.

$$PME = \frac{N \cdot i \cdot 10^3}{V_D \cdot n}$$

$$PME = \frac{(49) \text{ kW} \cdot (0.5) \cdot 10^3}{(0.33257) \text{ dm}^3 \cdot \left(\frac{5500}{60}\right) \text{ rev/s}}$$

$$PME = 803,67 \text{ kPa}$$

De la misma manera se aplicó la ecuación 15 para hallar la potencia efectiva

$$PME = \frac{N_e}{i \cdot V_T \cdot n}$$

$$803,67 = \frac{N_e}{(0.5) \cdot (0.000997) \cdot \left(\frac{5500}{60}\right)}$$

$$N_e = 36,69 \text{ kW}$$

A continuación, se procedió a calcular el flujo másico de gasolina y el flujo másico de GLP para luego calcular el consumo específico.

### Flujo másico de gasolina

- Densidad  $\rho_{gas} = 730 \text{ kg/m}^3$
- Presión atmosférica es  $p_{atm} = 101325 \text{ Pa}$
- Presión en el riel de inyectores de gasolina es  $p_{gas} = 300000 \text{ Pa}$
- El orificio de inyector tiene un diámetro 0.85 mm

- El coeficiente de descarga se consideró como 0.6

Para calcular el flujo másico de gasolina se utilizó la ecuación 17

$$\dot{m}_f = \frac{C_D \cdot A_{in} \cdot \sqrt{\rho_f (p_f - p_{atm})}}{10}$$

$$\dot{m}_{gas} = \frac{(0,6) \cdot (5,6745 \times 10^{-07}) \cdot \sqrt{730 \cdot (300000 - 101325)}}{10}$$

$$\dot{m}_{gas} = 0,000579 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{m}_{gas} = 2,0875 \frac{kg}{h}$$

### Flujo másico de GLP

- Densidad es  $\rho_{glp} = 584 \text{ kg/m}^3$
- Presión atmosférica es  $p_{atm} = 101325 \text{ Pa}$
- La presión en el riel de inyectores de GLP es  $p_{glp} = 115000 \text{ Pa}$
- El orificio de la tobera del inyector tiene un diámetro de 1.7 mm
- El coeficiente de descarga se consideró como 0.7

Para calcular el flujo másico de GLP se utilizó la ecuación 17

$$\dot{m}_f = \frac{C_D \cdot A_{in} \cdot \sqrt{\rho_f (p_f - p_{atm})}}{10}$$

$$\dot{m}_{glp} = \frac{(0,7) \cdot (2,2698 \times 10^{-06}) \cdot \sqrt{584 \cdot (115000 - 101325)}}{10}$$

$$\dot{m}_{glp} = 0,0006349 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{m}_{glp} = 2,2859 \frac{kg}{h}$$

Como se calcularon los flujos máxicos de cada especie, se procedió a determinar el consumo específico con la ecuación 18.

El consumo específico de gasolina se determinó de la siguiente manera:

$$C_e = \frac{\dot{m}_{gas}}{N_e}$$

$$C_{egás} = \frac{2,0875}{36,69}$$

$$C_{egás} = 0,056 \frac{kg}{kWh}$$

El consumo específico de GLP se determinó de la siguiente manera

$$C_e = \frac{\dot{m}_{glp}}{N_e}$$

$$C_{eglpl} = \frac{2,2859}{36,69}$$

$$C_{eglpl} = 0,0653 \frac{kg}{kWh}$$

Se comparó el exceso de flujo másico de GLP sobre la gasolina así también se comparó consumo específico entre GLP sobre la gasolina, obteniendo el siguiente resultado:

$$\frac{\dot{m}_{glp}}{\dot{m}_{gas}} - 1 = \frac{2.2859}{2.0875} - 1 = 0,095$$

$$\frac{C_{eglp}}{C_{egas}} - 1 = \frac{0,0653}{0,056} - 1 = 0,16$$

Con este resultado se interpreta que existe un exceso de 9.5% de flujo másico de GLP sobre el flujo másico de gasolina y se encontró un exceso de 16% más de consumo específico de GLP sobre la gasolina.

Para calcular el gasto económico del flujo másico consumido tanto para gas como para gasolina, se convirtieron los flujos másicos de kg/h a l/h para luego cambiarlos a gal/h. En la tabla 1 se muestran todas las conversiones, considerando que 1 gal = 3,7854 l.

El precio del galón de gasolina es de S/. 15,30; mientras que el galón de GLP tiene un costo de S/. 8,77. Con esta información se procedió a realizar una operación con una regla de tres simple para conocer el ahorro monetario de GLP frente en comparación con la gasolina.

- Precio de gasolina consumido en 0,5515 gal/h: S/. 8,44
- Precio de GLP consumido en 0,6039 gal/h: S/. 5,39

	Costo de combustible	%
<b>Gasolina</b>	<b>8,44</b> .....	<b>100</b>
<b>GLP</b>	<b>5,39</b> .....	<b>X</b>

$$X = 63,86 \%$$

El gasto de flujo másico del GLP representó el 63,86 % en relación con gasolina, teniendo un ahorro del 36,14 %. Por ejemplo, para un conductor que trabaje 8 horas con su auto sólo con gasolina, gastaría S/. 67.52 mientras que en GLP gastaría S/. 43.12.

**b. Emisiones de gases.**

Se consideró como gases contaminantes a NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>; cuyas masas molares se muestran en la tabla 19.

**Tabla 19.**

Masa molar de especies contaminantes

<b>Especie</b>	<b>Masa molar (kg/kmol)</b>
NO <sub>2</sub>	0,03000
CO	0,02800
SO <sub>2</sub>	0,04806
CO <sub>2</sub>	0,00480

**Fuente.** Elaboración propia

Aplicando la ecuación 19 se determinó los índices de emisiones de cada una de las especies.

**En Gasolina, con una masa de mezcla de 2,08 kg**

- Para NO<sub>2</sub>

$$EI_{NO_2} = \frac{m_i}{m_f} = \frac{0,030}{2,08} = 0,01448$$

- Para CO

$$EI_{CO} = \frac{m_i}{m_f} = \frac{0,028}{2,08} = 0,01346$$

- Para SO<sub>2</sub>

$$EI_{SO_2} = \frac{m_i}{m_f} = \frac{0,048066}{2,08} = 0,0231$$

- Para CO<sub>2</sub>

$$EI_{CO_2} = \frac{m_i}{m_f} = \frac{0,048}{2,08} = 0,02307$$

**En GLP, con una masa de mezcla de 2,2859 kg**

- Para NO<sub>2</sub>

$$EI_{NO_2} = \frac{m_i}{m_f} = \frac{0,030}{2,2859} = 0,01312$$

- Para CO

$$EI_{CO} = \frac{m_i}{m_f} = \frac{0,028}{2,2859} = 0,01224$$

- Para SO<sub>2</sub>

$$EI_{SO_2} = \frac{m_i}{m_f} = \frac{0,048066}{2,2859} = 0,02102$$

- Para CO<sub>2</sub>

$$EI_{CO_2} = \frac{m_i}{m_f} = \frac{0,048}{2,2859} = 0,02099$$

Posteriormente se calcularon las emisiones específicas utilizando la ecuación 20.

**En Gasolina, con un flujo másico de 2,08 kg/h**

- Para NO<sub>2</sub>

$$EE_{NO_2} = \frac{m_f \cdot EI_i}{N_e} = \frac{(2,08) \cdot (0,01448)}{36,69} = 0,000820 \text{ kg/kWh}$$

- Para CO

$$EE_{CO} = \frac{m_f \cdot EI_i}{N_e} = \frac{(2,08) \cdot (0,01346)}{36,69} = 0,000763 \text{ kg/kWh}$$

- Para SO<sub>2</sub>

$$EE_{SO_2} = \frac{m_f \cdot EI_i}{N_e} = \frac{(2,08) \cdot (0,0231)}{36,69} = 0,001309 \text{ kg/kWh}$$

- Para CO<sub>2</sub>

$$EE_{CO_2} = \frac{m_f \cdot EI_i}{N_e} = \frac{(2,08) \cdot (0,02307)}{36,69} = 0,001307 \text{ kg/kWh}$$

En GLP, con un flujo másico de 2,2859 kg/h

- Para NO<sub>2</sub>

$$EE_{NO_2} = \frac{m_f \cdot EI_i}{N_e} = \frac{(2,2859) \cdot (0,01312)}{36,69} = 0,000817 \text{ kg/kWh}$$

- Para CO

$$EE_{CO} = \frac{m_f \cdot EI_i}{N_e} = \frac{(2,2859) \cdot (0,01224)}{36,69} = 0,00076 \text{ kg/kWh}$$

- Para SO<sub>2</sub>

$$EE_{SO_2} = \frac{m_f \cdot EI_i}{N_e} = \frac{(2,2859) \cdot (0,02102)}{36,69} = 0,001309$$

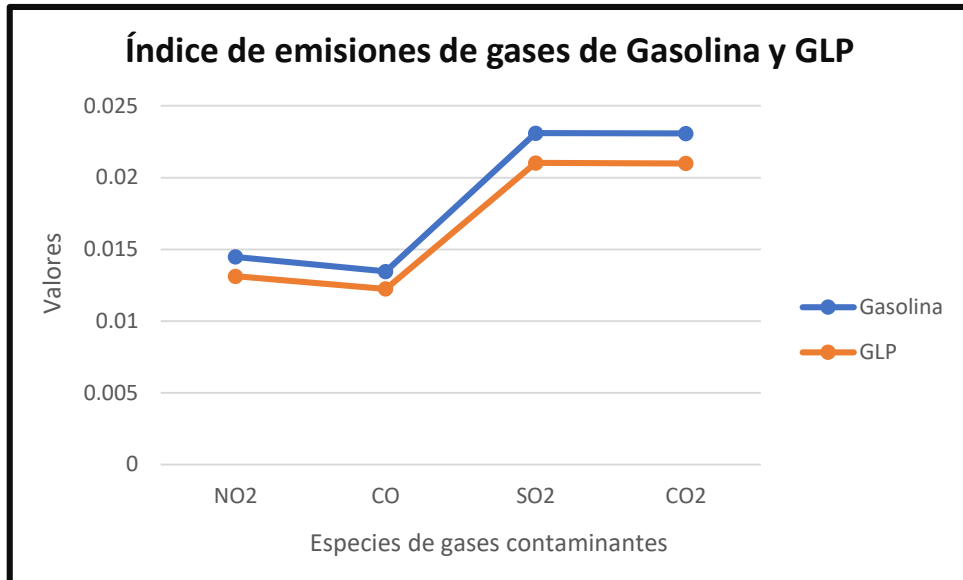
- Para CO<sub>2</sub>

$$EE_{CO_2} = \frac{m_f \cdot EI_i}{N_e} = \frac{(2,08) \cdot (0,02099)}{36,69} = 0,001307$$

En la tabla 2 se muestra un resumen de todos los cálculos realizados en las emisiones de gases, comparando los resultados obtenidos en Gasolina y GLP.

En la figura 64 se muestra la comparación entre los Índices de emisión de gases contaminantes de gasolina y GLP a unas masas de 2,08 kg y 2,2859 kg respectivamente. Siendo la línea naranja (GLP) ubicada ligeramente por debajo de la línea azul (gasolina), lo cual significa que existe menor emisión de gases contaminantes utilizando combustible GLP

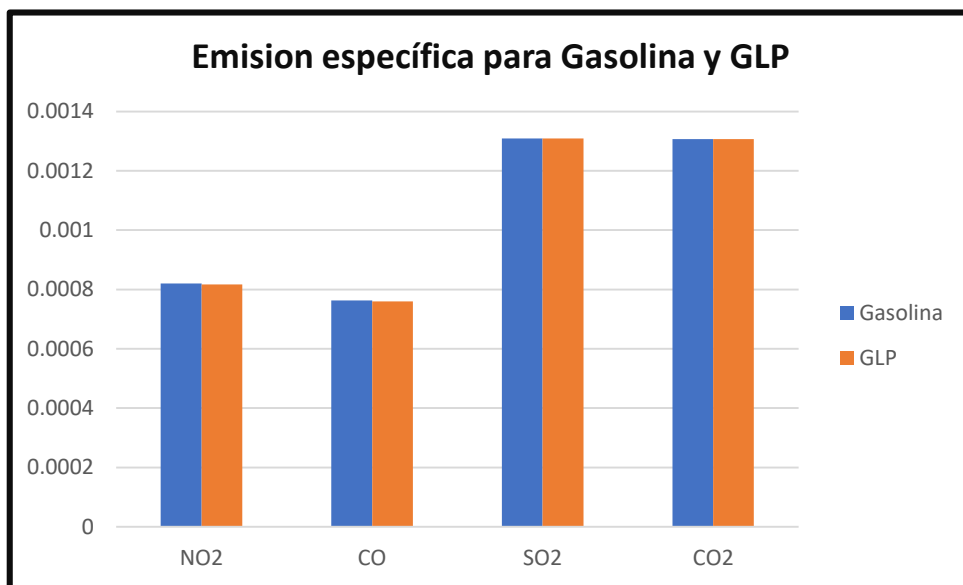




**Figura 64.** Índice de emisiones de gases de Gasolina y GLP

**Fuente.** Elaboración propia

En la figura 65 se muestra la comparación de las emisiones específicas de los gases contaminantes utilizando gasolina y GLP, las cuales son muy parecidas.



**Figura 65.** Emisión específica para Gasolina y GLP

**Fuente.** Elaboración propia.

6.4. Manual de Transistor TIP 41

**TIP41G, TIP41AG, TIP41BG,  
TIP41CG (NPN),  
TIP42G, TIP42AG, TIP42BG,  
TIP42CG (PNP)**

**Complementary Silicon  
Plastic Power Transistors**

Designed for use in general purpose amplifier and switching applications.

**Features**

- Epoxy Meets UL 94 V-0 @ 0.125 in
- These Devices are Pb-Free and are RoHS Compliant\*

**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage TIP41G, TIP42G TIP41AG, TIP42AG TIP41BG, TIP42BG TIP41CG, TIP42CG	$V_{CE0}$	40 80 80 100	Vdc
Collector-Base Voltage TIP41G, TIP42G TIP41AG, TIP42AG TIP41BG, TIP42BG TIP41CG, TIP42CG	$V_{CB}$	40 80 80 100	Vdc
Emitter-Base Voltage	$V_{EB}$	5.0	Vdc
Collector Current - Continuous	$I_C$	6.0	Adc
Collector Current - Peak	$I_{CM}$	10	Adc
Base Current	$I_B$	2.0	Adc
Total Power Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	65 0.52	W W/ $^\circ\text{C}$
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	2.0 0.016	W W/ $^\circ\text{C}$
Undamped Inductive Load Energy (Note 1)	$E$	62.5	mJ
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{STG}$	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
ESD - Human Body Model	HBM	3kV	V
ESD - Machine Model	MM	C	V

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed; damage may occur and reliability may be affected.  
1.  $I_C = 2.5\text{ A}$ ,  $L = 20\text{ mH}$ ,  $R_{RFL} = 10\text{ Hz}$ ,  $V_{CE} = 10\text{ V}$ ,  $R_{\theta JC} = 100\text{ }^\circ\text{C/W}$

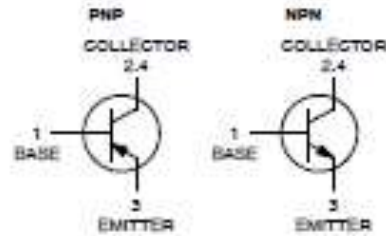
\*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.



**ON Semiconductor®**

[www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

**6 AMPERE  
COMPLEMENTARY SILICON  
POWER TRANSISTORS  
40-60-80-100 VOLTS,  
65 WATTS**



TO-220  
GAGE 221A  
STYLE 1

**MARKING DIAGRAM**

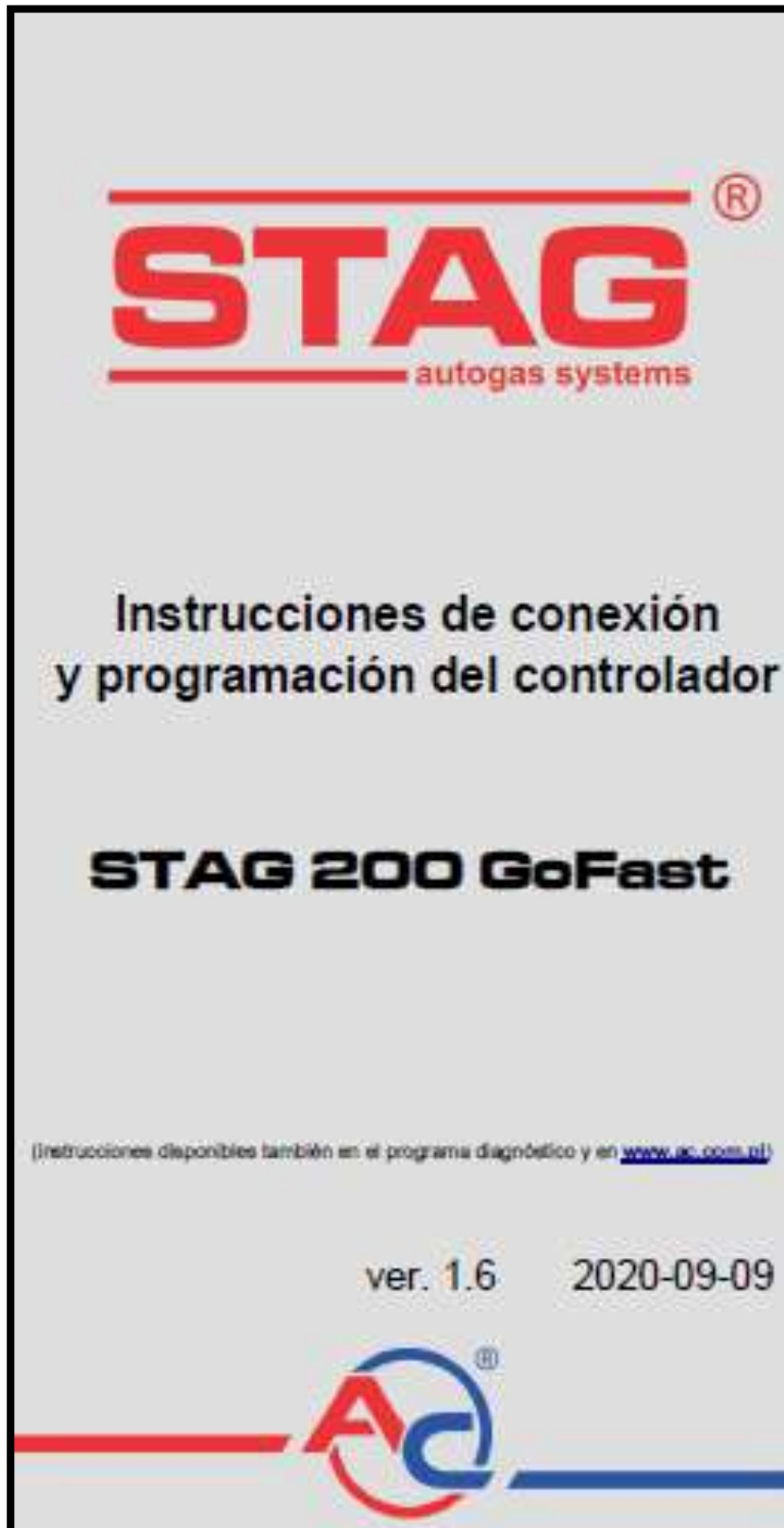


- TIP4xx = Device Code
- xx = 1: 1A, 1B, 1C  
2: 2A, 2B, 2C
- A = Assembly Location
- Y = Year
- WW = Work Week
- G = Pb-Free Package

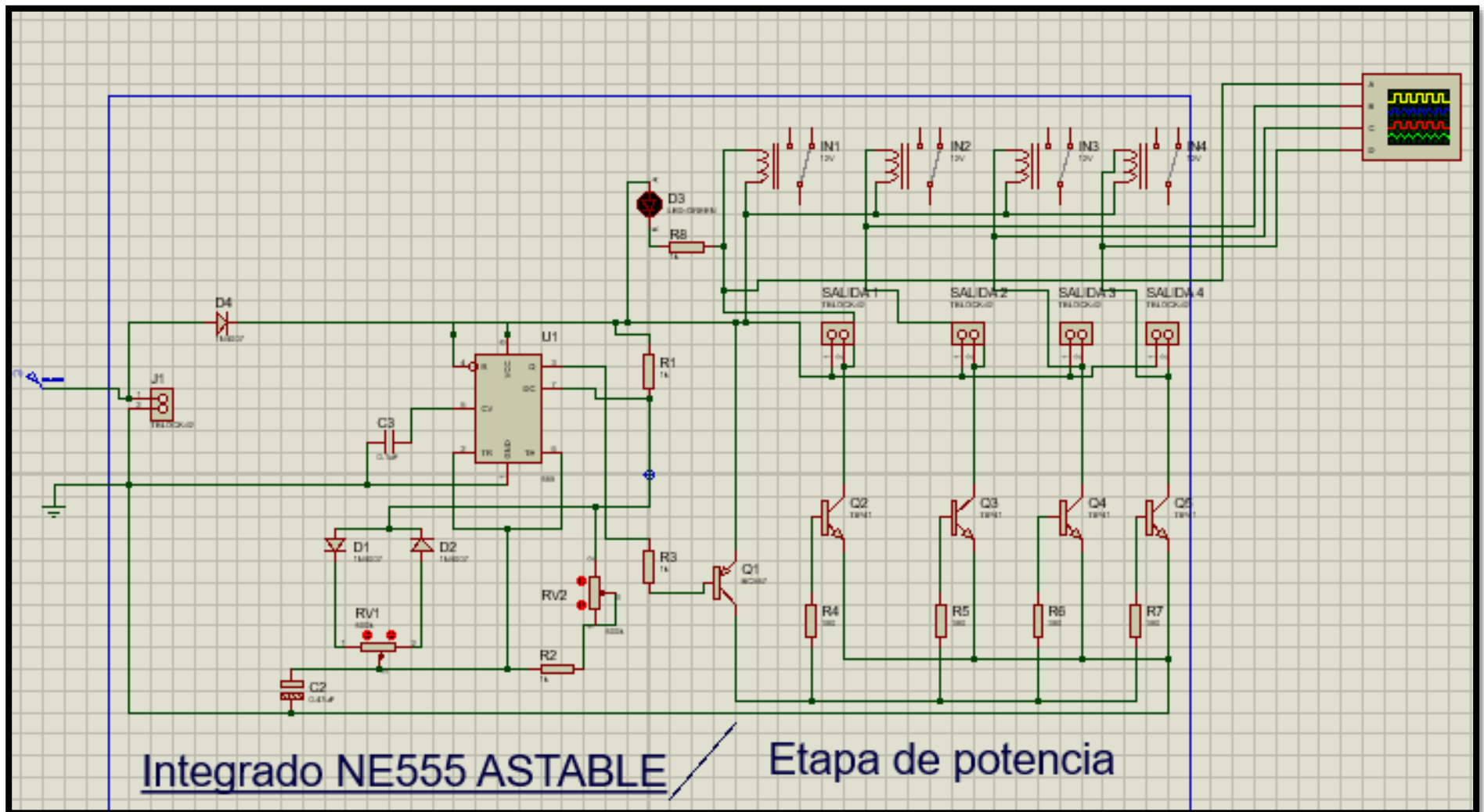
**ORDERING INFORMATION**

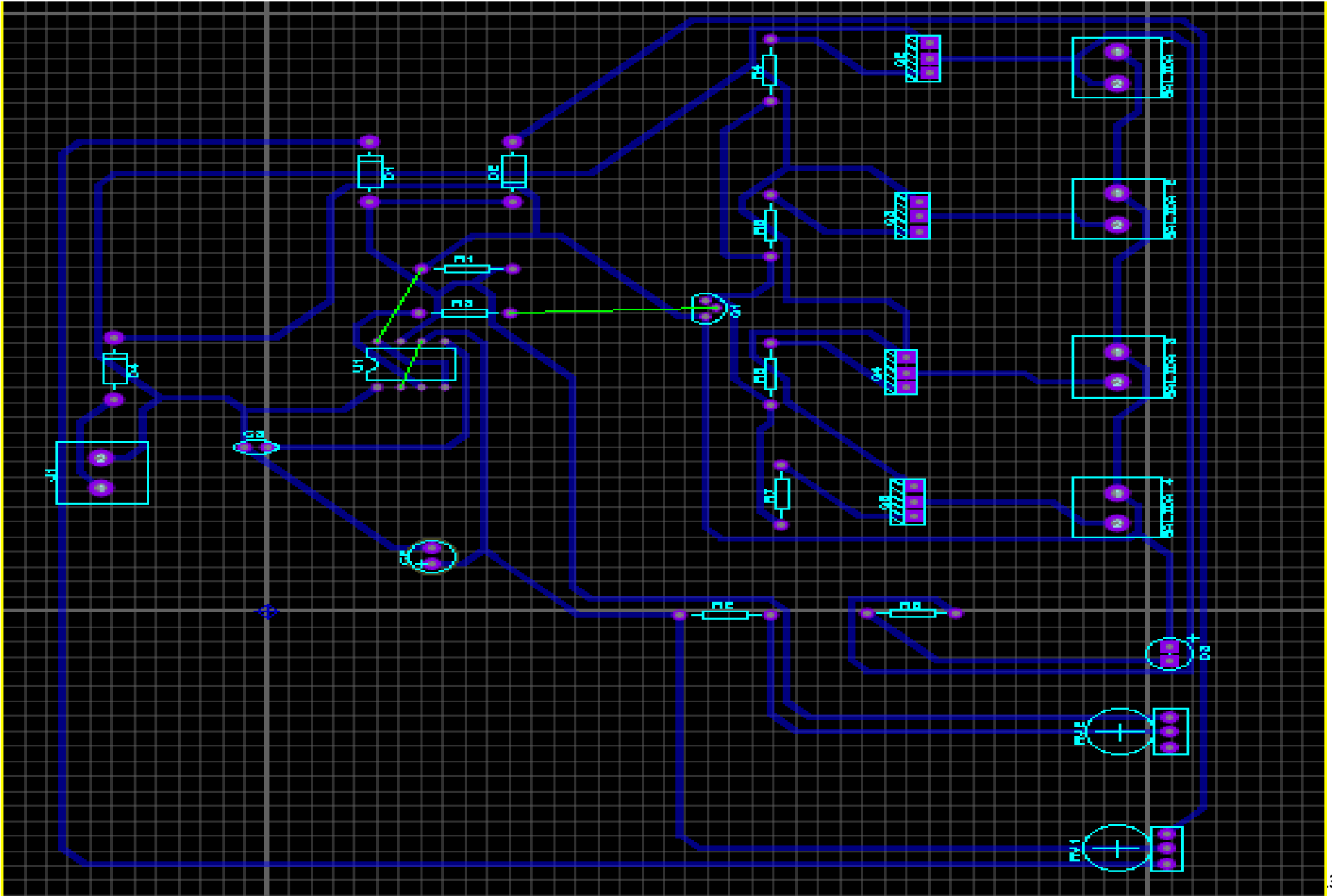
See detailed ordering and shipping information on page 6 of this data sheet.

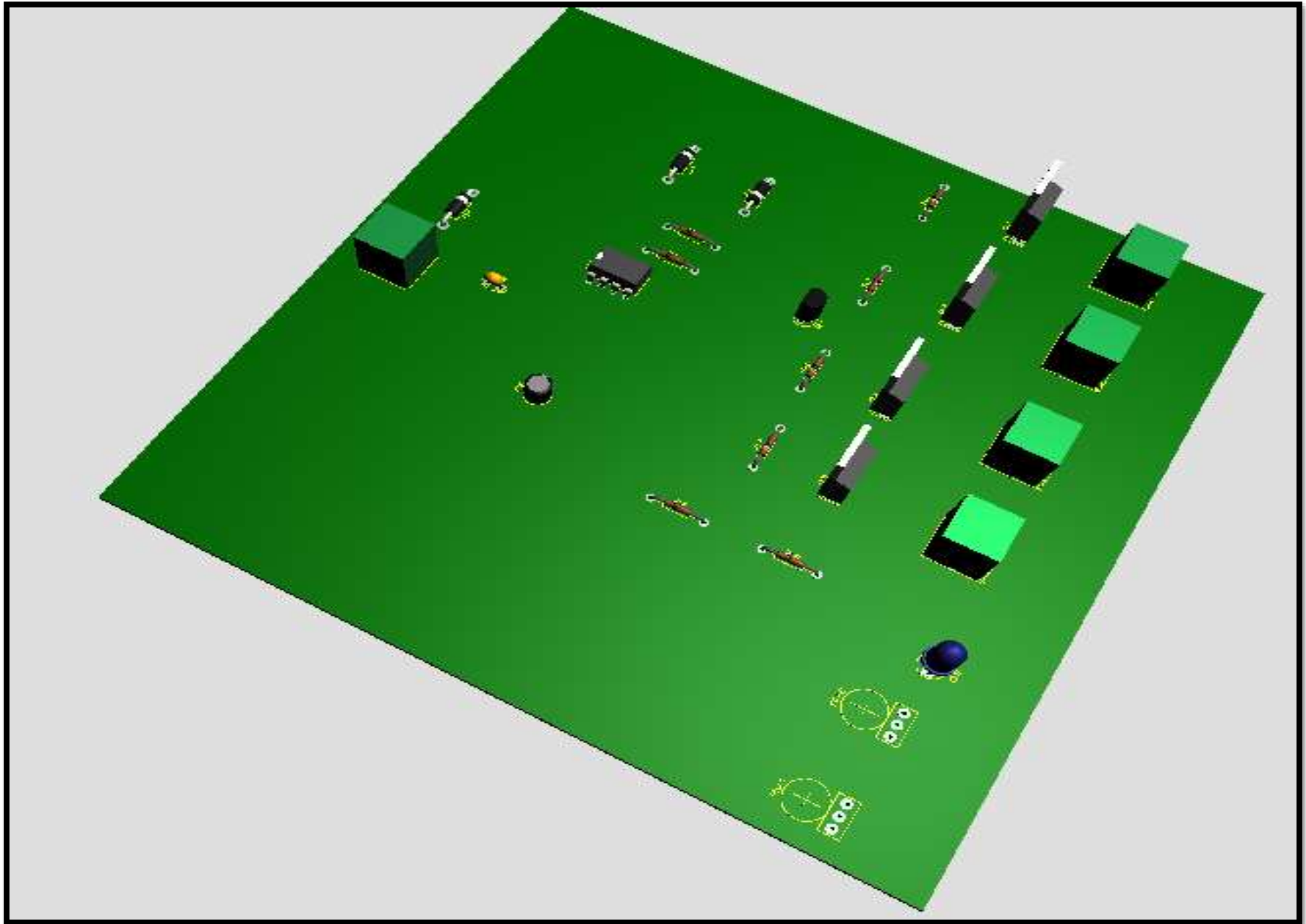
6.5. Manual STAG Go Fast



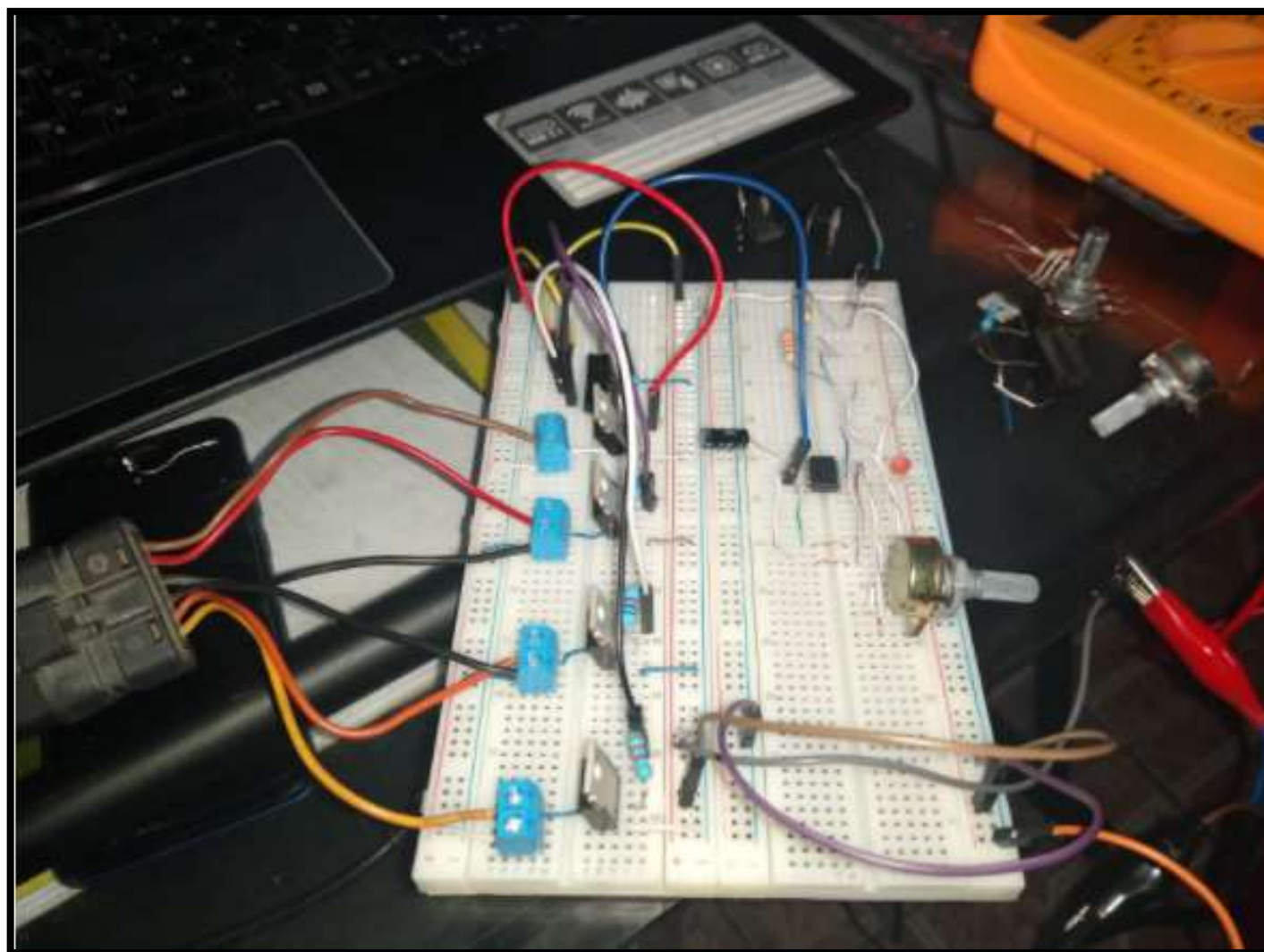
## 6.6. Diseño de circuito en Proteus 8 Professional







## 6.7. Construcción de circuito impreso





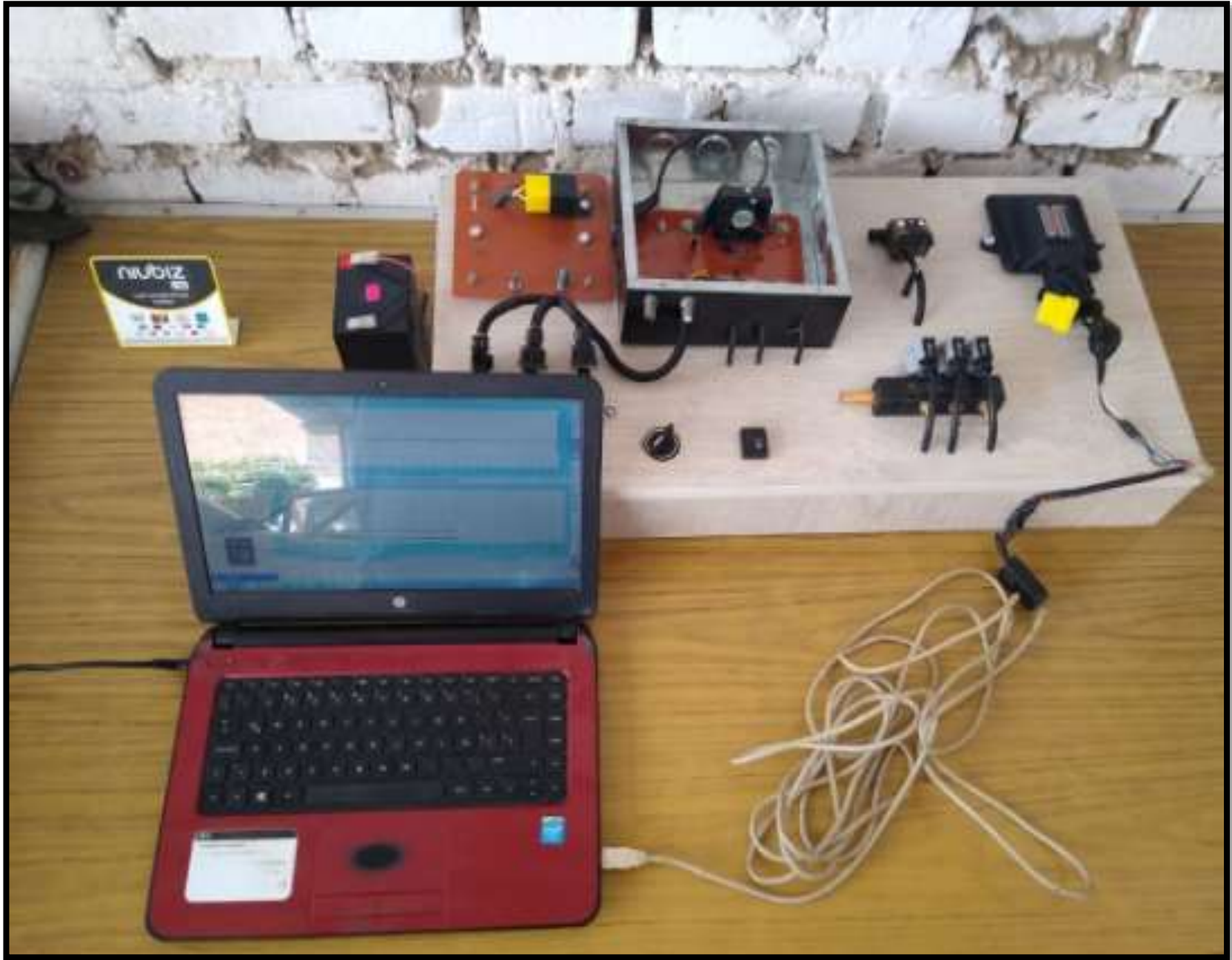






## 6.8. Módulo conectado y configuración de parámetros





**Instrucciones de uso de Módulo de  
configuración de parámetros y  
Autocalibración de Sistema GLP STAG 200  
Go Fast**



## I. Precauciones

- Antes de encender el módulo de prueba, manténgase en un lugar abierto.
- Utilizar sólo el cable de interfaz STAG original brindado por el proveedor, de utilizar un cable alternativo no se garantiza el buen funcionamiento del sistema.
- El software Stag 200 Easy debe ser instalado en una laptop que tenga como mínimo 2 Gb de memoria RAM para la fluidez del programa.
- Verificar que el fusible conectado en el interior del tablero sea de 15 amperios.
- Evitar que los componentes del módulo tengan contacto con agua porque provocaría la falla de estos.
- La prioridad de este manual de instrucciones es demostrar el funcionamiento del módulo de configuración de parámetros, por ello no se hace mayor énfasis a la configuración de parámetros del software Stag 200 Easy ya que éste cuenta con su propio manual el cual se encuentra en el siguiente enlace de AC: <https://www.ac.com.pl/centro-de-descargas-Instrucciones>.

## II. Datos Técnicos

Tipo de Corriente	Continua
Voltaje de trabajo	12 VDC
Cable Interface para conexión	USB/RS 232
Tipo de inyectores de gasolina	Convencionales
Rele de conexión	12 VDC/ 5 pines
Kit electrónico	STAG 200 Go Fast

### III. Funcionamiento del módulo

#### a. Conexión de batería

El primer paso para poder comunicar a la computadora de gas con la laptop es conectar la batería, el cable rojo con línea negra se conecta al polo positivo y el cable negro se conecta al polo negativo. La computadora Stag se conectará automáticamente.



Figura 1. Conexión de batería

#### b. Conectar Interface

Conectar el cable de interface en el enchufe retirando la tapa amarilla. El enchufe tiene una sola posición.



Figura 2. Conexión de cable interface

c. Ejecutar el software Stag 200 Easy

Buscar el ícono del software Stag y dar ejecutar para comprobar la conexión de la ECU.

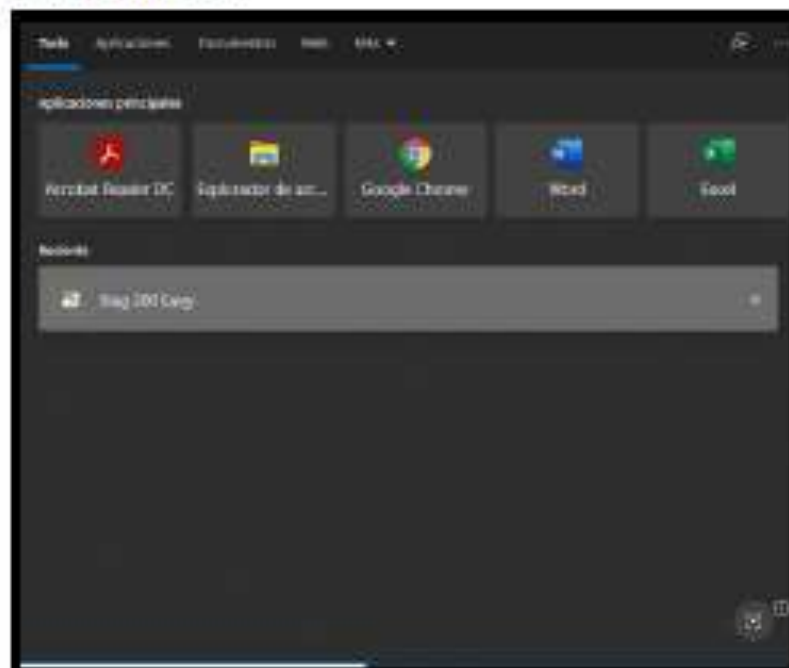




Figura 3. Software Stag 200 Easy

Para asegurarse de que la computadora de gas está conectada correctamente se verifica que en la parte inferior izquierda de la ventana principal indique la palabra "conectado". Cabe recordar que en el interior de módulo se encuentra un fusible de 15 amperios el cual debe reemplazarse si ocurre algún problema en la conexión.



Figura 4. Computadora conectada correctamente

Si la ECU de gas es nueva o se ha borrado la información de la configuración, la ventana del software se mostrará con una línea de multiplicador (línea naranja) totalmente horizontal como se muestra en la figura 5.

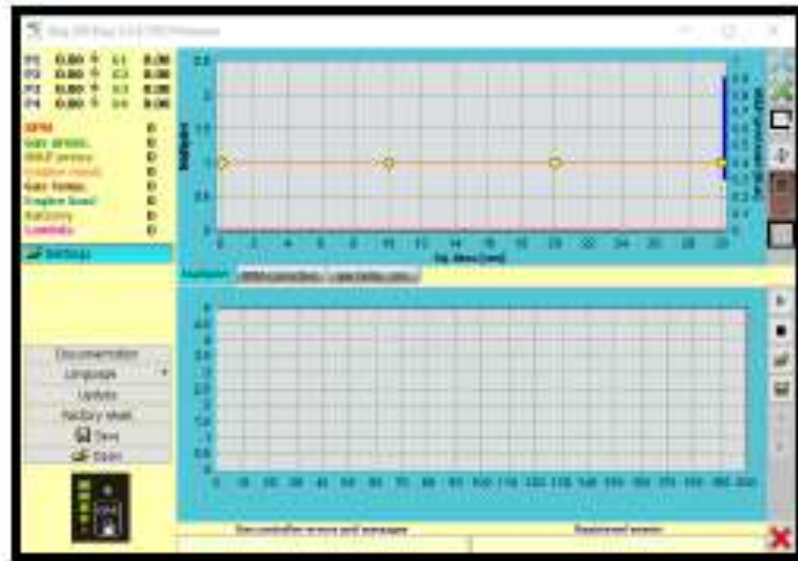


Figura 5. Computadora de gas sin funcionamiento

**d. Encendido de Módulo**

Para encender el módulo se debe manipular girando hacia la derecha el selector negro ubicado en la parte central inferior del tablero. Esto permite que de inicio el funcionamiento de los tiempos de inyección del módulo generador de pulsos.



Figura 6. Botón de encendido

**e. Primer funcionamiento**

Para comprobar que el sistema funciona correctamente en gasolina, es decir que los parámetros funcionan bien se verifica la lectura de las RPM y los tiempos de inyección.

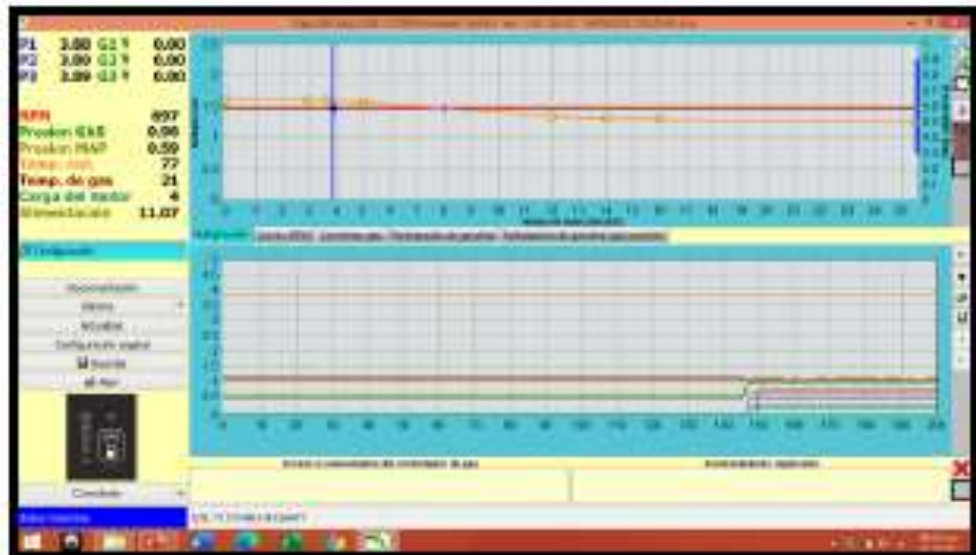


Figura 7. Funcionamiento de la computadora en gasolina

**f. Configuración de parámetros**

Con el selector negro apagado, es decir solo la batería conectada, ingresar en la pestaña configuración



Figura 8. Configuración de parámetros

En la ventana de configuración se puede seleccionar lo siguiente:

- Tipo de inyector
- Tipo de sensor de temperatura
- Tipo de sensor de nivel
- Tipo de motor
- Tipo de combustible
- Tipo de controlador de inyección

Esta ventana también permite configurar los parámetros de funcionamiento para el cambio de gasolina a gas y viceversa:

- RPM para cambio
- Temperatura para cambio
- Tiempo de cambio
- Configuración de sensor de nivel
- Conmutación de cilindro
- Retraso del llenado del reductor

**g. Regulación de ancho de pulso y RPM**

Después de haber configurado los parámetros de funcionamiento, de ser necesario se debe modificar el ancho de pulso y las RPM manipulando los reguladores ubicados la caja negra del módulo. Esto mejorará la Autocalibración de la computadora.



Figura 9. Reguladores de ancho de pulso y RPM

#### **h. Ajuste de presión de gas**

Este módulo no trabajará con un reductor de gas y por ende no utilizará gas real, sin embargo, la presión de gas en GLP debe trabajar entre 1 bar y 1.5 bar. Para regular la presión de gas se manipula el botón regulador que se encuentra en la parte izquierda del módulo, al lado izquierdo del generador de pulsos.



**Figura 10.** Regulador de presión de gas

La regulación de ancho de pulso, RPM y presión de gas se mostrará en la ventana del programa modificando los valores predeterminados.

#### **i. Autocalibración**

Después de realizar todos los ajustes indicados anteriormente, se ingresa al botón de Autocalibración.



Figura 11. Autocalibración

j. Cambio de gas a gasolina y viceversa

Para realizar el cambio de gasolina a gas y viceversa solo basta con presionar el botón conmutador que está ubicado en la parte central inferior del módulo.

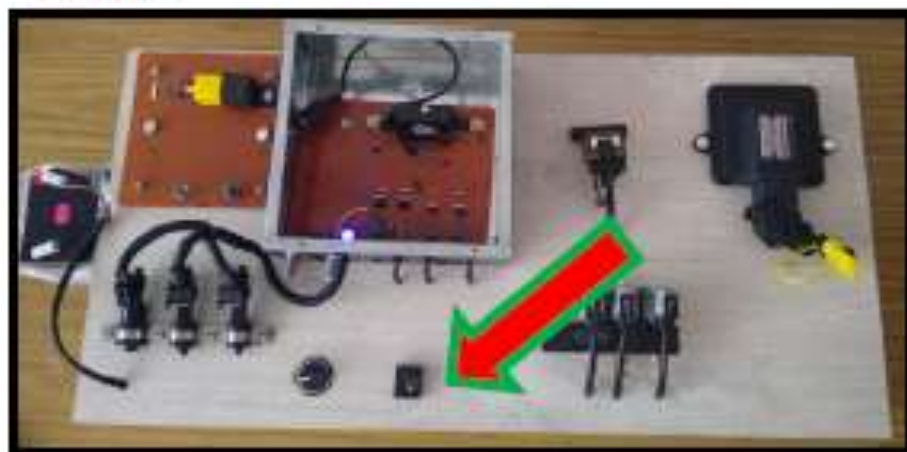


Figura 12. Conmutador de gas - gasolina