



Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**Diseño y Construcción de Módulo Didáctico Integral del Sistema de
Inyección Electrónica de Motor a Gasolina.**

Josué I. Durón Castro

Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Internacional SEK

Facultad De Ingenierías Y Ciencias Aplicadas

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz

Ing. Edilberto Llanes Cedeño, PhD.

20 de octubre de 2022

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Josué Israel Durón Castro, con cédula de identidad 115830973, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Josué Durón", is centered within a rectangular box. The signature is written in a cursive style.

C.I. 115830973

Josué Israel Durón Castro

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'E. Llanes', is written above a dashed horizontal line.

Ing. Edilberto Llanes Cedeño, PhD.

LOS PROFESORES INFORMANTES:

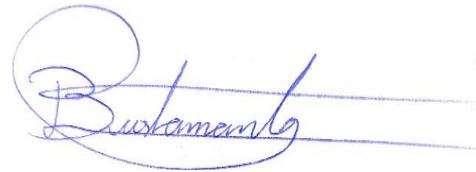
M.Sc. Jaime Vinicio Molina Osejos. Ing.

M.Sc. Diego F. Bustamante V. Ing.

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



Ing. Jaime Vinicio Molina Osejos.



Ing. Diego F. Bustamante V.

Quito, 30 de marzo de 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



A handwritten signature in black ink, reading "José Israel Durón Castro", is enclosed within a rectangular box. Below the box is a horizontal dashed line.

C.I. 115830973

José Israel Durón Castro

Dedicatoria

A Dios por permitirme estudiar en una maravillosa universidad, por encaminar mi vida cuando no tenía ninguna idea de qué hacer con mi futuro, enderezó mis pasos hacia la mecánica automotriz que siempre amé y desde hace 8 años, me ha ayudado para seguir estudiando y convertirme en un buen profesional.

A mis padres, por ser mi apoyo incondicional, para lograr esta meta de estudiar en el extranjero, económicamente y espiritualmente, han sido mi sustento y les debo mi vida entera. A mi padre, Fidel Durón Nuñez quien tuvo la iniciativa de buscar una beca aun sabiendo lo difícil que es y a mi madre Isabel Castro Blanco, por ayudarme en estos 4 años en mis viajes a Ecuador y ser quien creyó en mí, desde el principio.

A mi novia, Dariana, por acompañarme durante estos 4 años de estudios, por creer en mí y resistir todo este tiempo una relación a distancia, por causa de los estudios.

A mi ex compañero de colegio, Kevin Jiménez Alcocer, por siempre acompañarme en las buenas y en las malas.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por permitirme llegar a donde no pensé jamás que estaría, por permitirme estudiar, gracias por abrir puertas y acercarme a lo bueno, sin Dios no hubiera nunca llegado a estudiar.

Agradecimiento profundo a la Universidad Internacional UISEK, por darme la oportunidad de estudio mediante la beca, por además darme la oportunidad de realizar un intercambio a Brasil, gracias a la comunidad UISEK, por confiar en mí y darme su apoyo para hacer de mi experiencia por Ecuador y de mis estudios universitarios, la mejor experiencia y una de las mejores etapas de mi vida.

Gracias a todos los profesores, que, durante estos 4 años, han dado su mejor esfuerzo en las clases, para crear mejores profesionales, gracias por todos los consejos en mi paso por la Universidad Internacional UISEK. A mi director de tesis Edilberto Llanes Cedeño, por apoyarme y ser un excelente docente, siempre dando lo mejor en sus clases y además ser un buen amigo. Agradecimiento al ingeniero Diego Bustamante, por su incondicional ayuda durante este semestre.

A las mujeres que estuvieron en el puesto de Relaciones Interinstitucionales e Internacionales, en la Universidad Internacional UISEK, Michelle Montoya, María de los Ángeles Batson y Karen Garzón-Sherdek, ya que cada una influyó en mi llegada al Ecuador, ellas fueron mis protectoras en Ecuador y me ayudaron en procesos de visado, estadía, intercambio a Brasil y protección en tiempos del COVID-19.

A mis padres Fidel Durón Nuñez e Isabel Castro Blanco, por siempre estar presentes a la distancia y darme todo su apoyo, durante mis estudios en Ecuador y Brasil, gracias por confiar en mí y ayudarme a concluir este proceso.

Resumen

Los bancos didácticos son medios de enseñanza y aprendizaje ampliamente utilizados en las unidades educativas, en lo referente al área de la ingeniería automotriz son de gran apoyo para la interpretación de los diferentes mecanismos y sistemas electrónicos según sea su alcance. El presente trabajo tuvo como objetivo construir un módulo didáctico integral del sistema de inyección electrónica del motor a gasolina por medio de sensores y actuadores, para el mejoramiento del aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz en la Universidad Internacional SEK del Ecuador. Para el desarrollo del trabajo se emplea el método cuantitativo, ya que involucra el estudio de voltajes y estimaciones de corrientes eléctricas. Se utiliza la electrónica de Nissan Sentra B14 de 1996 con motor GA16DE, al construir un módulo didáctico con dicha electrónica se colocan sus componentes principalmente la ECU, los inyectores, bujías y sensor de posición de punto muerto superior. Como resultado se obtiene en un banco didáctico la representación física del sistema de inyección permitiendo tener una mejor comprensión del funcionamiento de un motor de cuatro cilindros en su interior con inyección electrónica; visualizando la inyección de gasolina dosificada y el arco voltaico o chispa de encendido. Se concluye que el uso del banco didáctico para el funcionamiento de la inyección electrónica permite al estudiante hacer uso de medios de medición como el multímetro y el osciloscopio para observar las principales señales como: el pulso de inyección, punto muerto superior, el primario y secundario de la bobina; facilitando el estudio de estos componentes.

Palabras clave: Inyección, Nissan Sentra, motor GA16DE, ECU, módulo didáctico, banco de pruebas, motores a gasolina, bujías, inyectores, osciloscopio, bobina, punto muerto superior y sensor óptico.

Abstract

Didactic benches are widely used teaching and learning media in educational units, in relation to the area of automotive engineering they are of great support for the interpretation of different electronic mechanisms and systems according to their scope. The present work aimed to build an integral didactic module of the electronic injection system of the gasoline engine by means of sensors and actuators, for the improvement of the learning of the students of the Automotive Engineering career at the SEK International University of Ecuador. For the development of the work the quantitative method is used, since it involves the study of voltages and estimates of electric currents. The electronics of Nissan Sentra B14 of 1996 with GA16DE engine are used, when building a didactic module with said electronics its components are placed mainly the ECU, injectors, spark plugs and top neutral position sensor. As a result, the physical representation of the injection system is obtained in a didactic bench, allowing a better understanding of the operation of a four-cylinder engine inside with electronic injection; the metered-dose gasoline injection and the voltage arc or ignition spark are displayed. It is concluded that the use of the didactic bench for the operation of the electronic injection allows the student to make use of measurement means such as the multimeter and the oscilloscope to observe the main signals such as: the injection pulse, top dead center, the primary and secondary of the coil; facilitating the study of these components.

Keywords: Injection, Nissan Sentra, GA16DE engine, ECU, didactic module, test bench, gasoline engines, spark plugs, injectors, oscilloscope, coil, top dead center and optical sensor.

Índice de contenido

Portada.....	1
Declaración Juramentada	2
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Resumen.....	8
Abstract	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras	17
Introducción	30
Problemática.....	31
Preguntas de investigación	31
Objetivo.....	31
Objetivos específicos.	32
Justificación.....	32
Marco Teórico.....	33
1.1 Inyección Electrónica.....	33
1.1.1 Historia.....	33
1.1.2 Funcionamiento.....	36
1.1.3 Clasificación.....	38
1. Según el lugar de la inyección.....	38

2.	Por la cantidad de inyectores.....	39
3.	Según la cantidad de inyecciones.....	41
4.	Por las características de funcionamiento.	42
1.2	Unidad de control electrónico ECU.....	46
1.2.1	Historia.....	46
1.2.2	Funcionamiento.....	46
1.	Control del tiempo de inyección.	48
2.	Control de distribución de válvulas.....	49
3.	Control de la bomba de combustible.....	49
4.	Control auto – diagnóstico.	49
5.	Control ralentí.	49
6.	Control de ignición.....	50
7.	Límite de revoluciones.	50
1.2.3	Clasificación.....	50
	• Computadoras Normales.....	50
	• Computadoras Programables.	50
1.3	Arnés.....	51
1.3.1	Historia.....	51
1.3.2	Funcionamiento.....	52
1.3.3	Clasificación.....	52
1.4	Captador de la señal PMS.	53

1.4.1	Historia.....	53
1.4.2	Funcionamiento.....	54
	• Sensor Inductivo.....	54
	• Sensor Óptico.....	55
	• Sensor de efecto Hall.....	56
1.4.3	Clasificación.....	58
	• Sensor de posición del cigüeñal/Crankshaft Position Sensor (CKP).....	58
	• Sensor posición árbol de levas/Camshaft Position Sensor (CMP).....	58
1.5	Bobina.....	58
1.5.1	Historia.....	58
1.5.2	Funcionamiento.....	60
1.5.3	Clasificación.....	60
	Sistema Convencional.....	60
	Sistema DIS.....	61
	Sistema COP.....	62
1.6	Bujías.....	63
1.6.1	Historia.....	63
1.6.2	Funcionamiento.....	64
1.6.3	Clasificación.....	66
	Grado térmico.....	66
	Material de construcción.....	67

Cantidad de electrodos.....	67
1.7 Inyectores.....	68
1.7.1 Historia.....	68
1.7.2 Funcionamiento.....	69
1.7.3 Clasificación.....	70
• Inyectores de baja impedancia.....	70
• Inyectores de alta impedancia.....	71
Metodología	73
Inyección.....	73
Unidad de control electrónico ECU.....	74
Ensamblaje.....	78
Conexiones de alimentación y masas del módulo didáctico.....	107
Fuente de voltaje.....	125
Captador Punto muerto superior módulo didáctico.....	130
Cables de bujía del módulo didáctico.....	134
Identificación de Sensores.....	136
Sensor ECT “Engine Coolant Temperature”.....	137
Sensor EGR “Exhaust Gas Recirculation”.....	139
Sensor TPS “Throttle Position Sensor”.....	141
Sensor MAF “Mass Airflow Sensor”.....	142
Sensor IAT “Intake Air Temperature”.....	144

Sensor CMP “Camshaft Position Sensor”.....	145
Resultados	146
CMP.....	147
Trigger.....	147
Señal 360 grados cigüeñal.....	148
Señal punto muerto superior.....	149
Señales del distribuidor.....	150
Bobina.....	151
Resistencia del primario y secundario de la bobina.....	151
Señal del primario de la bobina.....	153
Señal del secundario de la bobina.....	155
Consumo de la bobina.....	157
Inyectores.....	159
Resistencia de los inyectores.....	159
Señal de inyección.....	160
Bomba de gasolina.....	163
Consumo de la bomba de combustible.....	163
Simulador con potenciómetro para sensor ECT (Engine coolant temperature).....	164
Señal del sensor ECT.....	164
Consumo electroventilador.....	165

Simulador con potenciómetro para sensor Mass Airflow Sensor (Sensor de flujo de aire).	166
Señal del sensor de flujo de aire.	166
Simulador con potenciómetro para sensor TPS Throttle Position Sensor (Sensor de posición de la mariposa de aceleración).	167
Señal del sensor TPS.	167
Simulador con potenciómetro para sensor IAT Intake air temperature sensor (Sensor de temperatura del aire en admisión).	168
Señal del sensor IAT.	168
Simulador con potenciómetro para Sensor EGR Exhaust Gas Recirculation sensor....	169
(Sensor de temperatura del aire en admisión).	169
Señal del sensor EGR.	169
Consumo general del sistema.	170
Consumo total del sistema.	170
Consumo línea directa de alimentación.	171
Consumo línea directa de ignición.	172
Consumo línea directa del relé principal ECCS.	173
Discusión.....	175
Conclusiones	176
Recomendaciones.	177
Bibliografía	178

Anexos..... 179

Índice de figuras

Figura 1.	
Dibujo del carburador Vauers de principios del siglo XX.	33
Figura 2.	
Bendix ElectroJector.	35
Figura 3.	
Inyección Mono – Jetronic Bosh.	36
Figura 4.	
Inyección Directa.	38
Figura 5.	
Inyección indirecta.	39
Figura 6.	
Inyección Mono punto.	40
Figura 7.	
Inyección Multipunto.	41
Figura 8.	
Inyección Mecánica K-Jetronic.	43
Figura 9.	
Inyección Electromecánica KE-Jetronic.	44
Figura 10.	
Inyección Electrónica Motronic.	45
Figura 11.	
Unidad de control Nissan Sentra 2001.	48
Figura 12.	
ECU programable.	51

Figura 13.	
Calibre automotriz.	53
Figura 14.	
Sensor inductivo.....	55
Figura 15.	
Disco ranurado del sensor óptico.....	56
Figura 16.	
Diagrama Sensor Hall.	57
Figura 17.	
Efecto Hall.	57
Figura 18.	
Comparación de bobina seca y bobina húmeda de tipo botella.	59
Figura 19.	
Sistema Convencional.....	61
Figura 20.	
Sistema DIS (Direct Ignition System).	62
Figura 21.	
Sistema COP.	63
Figura 22.	
Partes de una bujía.	64
Figura 23.	
Bujía con exceso de suciedad en los electrodos.....	65
Figura 24.	
Grado Térmico bujías Bosh.	66

Figura 25.	
Bujía de iridio.	67
Figura 26.	
Bujía de cuatro electrodos.....	68
Figura 27.	
Interior de un inyector.....	69
Figura 28.	
Activación de un inyector.	70
Figura 29.	
Control de baja impedancia; con respecto a alta impedancia.	72
Figura 30.	
Motor GA16DE.	74
Figura 31.	
Computadora de fábrica Nissan Sentra usada en el módulo didáctico.	75
Figura 32.	
PinOut ECU Nissan Sentra B14.	75
Figura 33.	
Identificación de pines de la ECU.	76
Figura 34.	
Identificación de pines ECU.	76
Figura 35.	
Primera prueba de la inyección electrónica.	77
Figura 36.	
Pizarra para módulo didáctico.	79

Figura 37.	
Caja de Fusibles.	80
Figura 38.	
Platina sujeción riel de inyectores a la pizarra.	81
Figura 39.	
Riel de inyectores.	82
Figura 40.	
Unidad de control electrónico ECU en el módulo didáctico.	83
Figura 41.	
Guía para colocar componentes.	84
Figura 42.	
Prediseño del ensamblaje final.	85
Figura 43.	
Marca para perforaciones platinas distribuidor.	86
Figura 44.	
Platinas para sujeción de las bujías.	87
Figura 45.	
Bujías.	87
Figura 46.	
Bujías NGK BKR5E-11.	88
Figura 47.	
Platinas para sujeción del distribuidor.	89
Figura 48.	
Distribuidor.	90

Figura 49.	
Motor A/C.....	91
Figura 50.	
Faja de distribución entre el motor A/C y el rotor del distribuidor.	91
Figura 51.	
Motor A/C ORIENT.	92
Figura 52.	
Colocación del pedal regulador.	93
Figura 53.	
Pedal regulador.	93
Figura 54.	
Lámina interna del pedal.....	94
Figura 55.	
Ajuste final de lámina.	95
Figura 56.	
Depósito de los inyectores.	96
Figura 57.	
Retorno hacia el depósito principal.....	97
Figura 58.	
Depósito principal combustible.	98
Figura 59.	
Mangueras para el combustible.	99
Figura 60.	
Bomba de gasolina.....	99

Figura 61.	
Aceite “tres en uno”.....	100
Figura 62.	
Módulo didáctico.	101
Figura 63.	
Posición final del arnés.	102
Figura 64.	
Prensas para el arnés.	103
Figura 65.	
Guía para el orificio del electroventilador.	104
Figura 66.	
Posición del electroventilador.....	104
Figura 67.	
Electroventilador.....	105
Figura 68.	
Relés del módulo didáctico.....	106
Figura 69.	
Conexión “Ignition Switch”.....	107
Figura 70.	
Designación de cables.....	108
Figura 71.	
Fusibles del módulo didáctico.	109
Figura 72.	
Conexión “Start Signal”.....	110

Figura 73.	
Conexión relé ECCS.....	111
Figura 74.	
Conexión relé bomba de combustible.....	112
Figura 75.	
Conexión relé electroventilador.....	113
Figura 76.	
Soldaduras en pines hembras.....	114
Figura 77.	
Soldaduras en pines machos.....	115
Figura 78.	
Aplicación termo fundente.....	116
Figura 79.	
Fusible principal.....	118
Figura 80.	
Llavín.....	118
Figura 81.	
Conexión en llavín.....	119
Figura 82.	
Posiciones En llavín.....	119
Figura 83.	
Conexión a tierra general del sistema.....	120
Figura 84.	
Interruptor masa de refuerzo ECU.....	121

Figura 85.	
Interruptor masa relé bomba de combustible.....	122
Figura 86.	
Interruptor masa relé electroventilador.....	122
Figura 87.	
Tipo de cableado general.....	123
Figura 88.	
Conexión a masa en la fuente de poder.....	124
Figura 89.	
Conexión a positivo en la fuente de poder.....	125
Figura 90.	
Diagrama conexiones fuente de voltaje.....	126
Figura 91.	
Conexión a 110/220 V.....	126
Figura 92.	
Ventilador de la fuente de poder.....	127
Figura 93.	
Interruptor 110/220 voltios.....	128
Figura 94.	
Entrada de voltaje a la fuente poder.....	129
Figura 95.	
Reglaje fuente de poder.....	130
Figura 96.	
Conector Distribuidor pines del sensor óptico.....	131

Figura 97.	
Sensor Óptico Nissan B14 1996.	132
Figura 98.	
Verificación interna del distribuidor.	133
Figura 99.	
Limpieza tapa distribuidor.	133
Figura 100.	
Resistencia cable número 1.	134
Figura 101.	
Resistencia cable número 2.	135
Figura 102.	
Resistencia cable número 3.	135
Figura 103.	
Resistencia cable número 4.	136
Figura 104.	
Potenciómetros.	137
Figura 105.	
Líneas ECT.	138
Figura 106.	
Potenciómetro del ECT.	138
Figura 107.	
Conexión al conector del sensor ECT.	139
Figura 108.	
Líneas del sensor EGR.	140

Figura 109.	
Conexión al conector del sensor EGR.	140
Figura 110.	
Líneas del sensor TPS.	141
Figura 111.	
Conexión al conector del sensor TPS.	142
Figura 112.	
Líneas del sensor MAF.	143
Figura 113.	
Conexión al conector del sensor MAF.	143
Figura 114.	
Líneas del sensor IAT.	144
Figura 115.	
Conexión al conector del sensor IAT.	144
Figura 116.	
Conector sensor CMP.	145
Figura 117.	
Osciloscopio Hantek 1008C.	146
Figura 118.	
Pinza amperimétrica Hantek CC-65.	147
Figura 119.	
Señal Trigger.	148
Figura 120.	
Señal 360 grados cigüeñal.	149

Figura 121.	
Señal PMS.....	150
Figura 122.	
Señales del distribuidor Nissan B14 1996.	151
Figura 123.	
Resistencia primario de la bobina.	152
Figura 124.	
Secundario de la bobina.	152
Figura 125.	
Saturación de la bobina.	154
Figura 126.	
Relación 5:1.	154
Figura 127.	
Tiempo de quemado.....	155
Figura 128.	
Secundario de la bobina.	156
Figura 129.	
Señal de secundario y carga de la bobina.	156
Figura 130.	
Carga de la bobina.	157
Figura 131.	
Relación carga y primario de la bobina.	158
Figura 132.	
Detalle señal primario de la bobina.	158

Figura 133.	
Resistencia de los inyectores.	159
Figura 134.	
Pulso de inyección mínimo.	161
Figura 135.	
Pulso de inyección máximo.	161
Figura 136.	
Consumo del inyector.	162
Figura 137.	
Relación consumo y pulso del inyector.	162
Figura 138.	
Consumo de la bomba de combustible.	163
Figura 139.	
Simulación del sensor ECT.	164
Figura 140.	
Simulación del sensor ECT.	165
Figura 141.	
Consumo del electroventilador.	166
Figura 142.	
Simulación del sensor MAF.	167
Figura 143.	
Simulación del sensor TPS.	168
Figura 144.	
Simulación del sensor IAT.	169

Figura 145.	
Simulación del sensor EGR.	170
Figura 146.	
Consumo total del módulo didáctico.	171
Figura 147.	
Consumo línea principal.	172
Figura 148.	
Consumo línea ignición.	173
Figura 149.	
Consumo relé ECCS.	174

Introducción

Desde el año 1900 en los motores a gasolina se usaban carburadores para suministrar gasolina. El primer carburador fue inventado por Wilhelm Maybach en 1893, usado en los motores a gasolina 4 tiempos de ciclo otto; prepara la mezcla aire y gasolina para que el motor funcione de forma económica y tenga buena potencia, este dispositivo funciona bajo el principio Venturi (Vargas, 1999).

El funcionamiento Venturi es el aumento de la velocidad de un fluido mediante la reducción de paso por un conducto; esto ayuda a que la gasolina sea absorbida saliendo de un émbolo que está conectado al paso Venturi. De esta manera rudimentaria pero eficaz se absorbía la gasolina y se hacían funcionar los motores antiguamente, el resultado final de la combustión era deficiente, contaminante y no se aprovechaba al máximo el potencial del combustible.

Para los años ochenta, el carburador era bueno, pero con el aumento del octanaje que es una característica para evitar la auto detonación y las medidas internacionales para la protección del medio ambiente; el carburador es totalmente ineficiente (Jfuentesg, 2001).

A comienzos de los años 90, en el estado de California, Estados Unidos; se elevó tanto el nivel de contaminación por causa de los bajos precios de combustibles, la alta densidad de población y de un parque automotriz enorme; que se tenía que usar un control electrónico para bajar las emisiones contaminantes, está fue la gota que derramó el vaso para implementar el uso de inyección electrónica, además del invento del transistor, que fue lo que detonó el avance tecnológico eléctrico en los vehículos.

Es importante aclarar que la implementación de controladores y procesadores con el uso de varios sensores y actuadores; ayudaron a pasar del carburador a una inyección electrónica mucho más avanzada; misma que permite una mejor dosificación del combustible, mayores potencias en el motor, aun con cilindradas menores y con un estricto control en las emisiones (Kienke y Nielsen, 2005).

Problemática

En la Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, de la Universidad Internacional SEK, donde se imparten asignaturas como, electrónica automotriz, motores a gasolina, máquinas eléctricas y autotrónica, entre otras no se cuenta con materiales didácticos para realizar estudios experimentales y prácticas de laboratorio, generalmente los estudios se imparten mediante el uso de la plataformas virtuales y trabajos menores como arduino y proyectos eléctricos a baja escala, pocas veces se realizan prácticas con vehículos en funcionamiento o módulos didácticos disponibles para un fin parecido. La ausencia de prácticas más detalladas con osciloscopio y multímetro para ver el funcionamiento de un solenoide, que es igual a un inyector; mismo que crea un vacío de aprendizaje en los alumnos, en algo que es esencial como parte del aprendizaje automotriz inclusive la falta de una enseñanza de cómo es que se da el encendido de un vehículo y el control de combustible electrónico.

Preguntas de investigación

¿Se podrá diagnosticar problemas de inyección y encendido, por medio de la creación de un módulo didáctico de inyección electrónica para mejorar el aprendizaje?

Objetivo

Construir un módulo didáctico integral del sistema de inyección electrónica del motor a gasolina por medio de sensores y actuadores, para el mejoramiento del aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz en la Universidad Internacional SEK del Ecuador.

Objetivos específicos.

- Diseño del módulo didáctico; por medio de un esquema en la pizarra del módulo para la colocación de cada uno de los componentes.
- Seleccionar los componentes del sistema de inyección mediante el diagnóstico de su estado técnico para la interconexión en la pizarra del módulo didáctico.
- Construir el banco didáctico a partir del diseño establecido para la colocación de los componentes del sistema de inyección
- Comprobar el funcionamiento de los inyectores y la bobina de encendido empleando el sensor CMP y simulando mediante el uso de potenciómetros los sensores que lo permitan para la adquisición de todas las señales posibles del módulo didáctico mediante el uso de osciloscopio.

Justificación

La propuesta de un módulo integral de inyección electrónica de un motor a gasolina es en beneficio de los estudiantes para tener un medio didáctico para las lecciones, prácticas y hasta exámenes, además del mejoramiento comprensivo y práctico de los estudiantes; al ver de otra manera cómo es que funciona el sistema de inyección; sus principales componentes y cómo diagnosticar de una manera más didáctica.

El beneficio es para la Universidad y en bienestar de la calidad de los estudiantes para prácticas en materias como electrónica, autotrónica y motores a gasolina. Este proyecto como tal elevaría la calidad de estudio en las áreas pertinentes de automotriz; ya que brinda una mejor comprensión de la inyección electrónica y además las posibles prácticas que se puedan realizar en el elevarían la práctica en la formación del estudiante.

Marco Teórico.

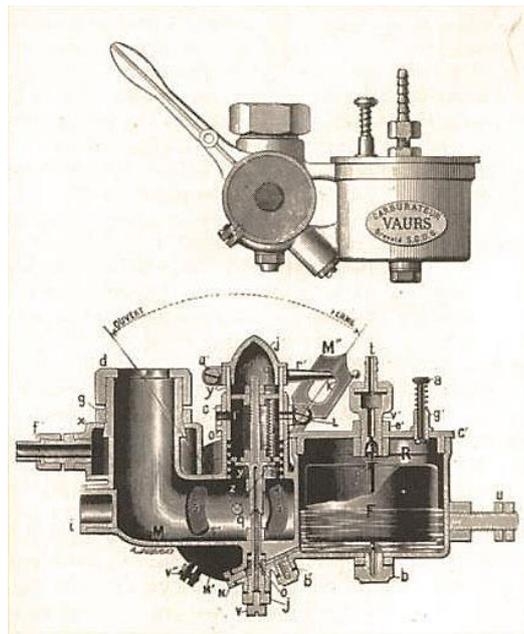
1.1 Inyección Electrónica.

1.1.1 Historia.

Los primeros carburadores como se muestra en la figura 1; suministraban la gasolina a los motores de 4 tiempos; son los fiables y rudimentarios; en sí está ciencia de la carburación comenzó en 1795 con Robert Street al lograr la evaporación de la trementina y el aceite de alquitrán en un motor atmosférico. En 1875 Wilhelm Maybach lograba por primera vez hacer funcionar un motor a gas con gasolina; luego de este paso se crearon múltiples diseños del carburador; hasta que en 1886 Carl Benz mejoraba el diseño del carburador agregándole una válvula de flotador; para así mantener un nivel constante de combustible, así mismo Maybach inventaba su propio carburador con cámara de flotador y en 1892 se creaba el carburador con rociador, que es la base para todo carburador existente (Santander, 2006).

Figura 1.

Dibujo del carburador Vaurs de principios del siglo XX.



Nota. Uno de los primeros diseños en carburadores, con flotador, de una sola boca (Santander, 2006).

El carburador era bueno, pero no servía para la aviación; ya que no permite la versatilidad necesaria en la aeronave; ya que el carburador necesitaba un flotador; además existe el riesgo de que se congele el combustible, esto hace referencia a que la invención de la inyección electrónica viene de la mano a la necesidad de mejorar el suministro de combustible en los aviones y aplicarlo en los coches. En 1912 se realizaron los primeros ensayos con bombas de inyección de gasolina basadas en las bombas de aceite de engrase; en 1932 se realizaron ensayos de inyección a gasolina para motores de aviación. Ya para 1937 se aplicaba la inyección de gasolina en serie para motores de aviación y en 1945 se daba la aplicación en serie de la inyección de gasolina para vehículos. Los sistemas de inyección de gasolina hasta esta época de 1945 hasta 1960; eran meramente sistemas mecánicos como los sistemas de inyección de diésel con bombas mecánicas; en el caso de los sistemas a gasolina tenían más componentes y eran más complicados de reparar (Norbye, 1994).

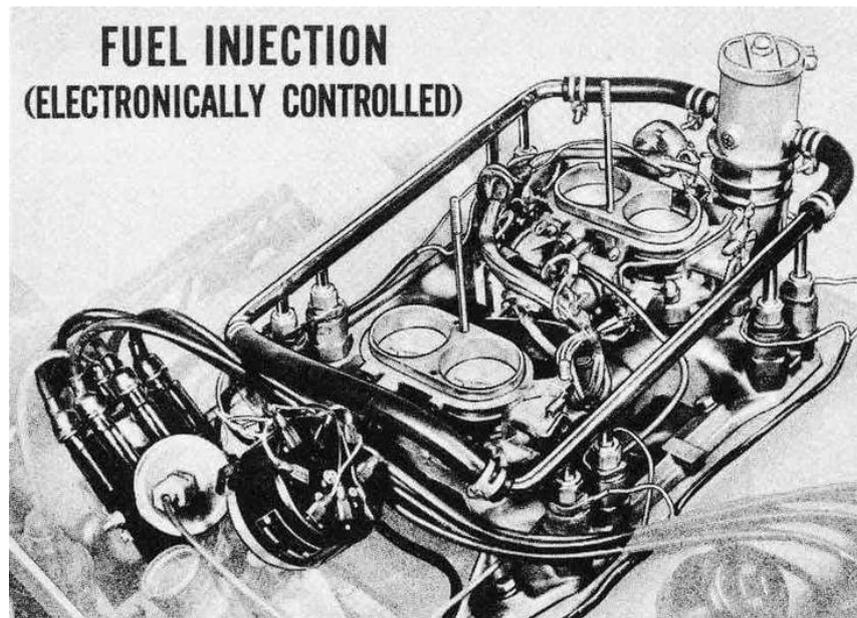
El comienzo de la inyección electrónica viene a partir de su antecesor el sistema Ramjet; que utilizaba una bomba de alta presión para poder llevar el combustible del tanque de combustible a los inyectores; que rociaban el combustible constantemente delante de la válvula de admisión. Cuenta con un diafragma de control que monitorea la presión del múltiple de admisión y la carga del motor; este diafragma se conectaba a su vez con una palanca que controlaba la posición de un émbolo para operar una válvula; un cambio de posición en esta válvula cambiaba la cantidad de combustible a inyectar; desviando como un retorno la gasolina sobrante al tanque de combustible, esto era lo que controlaba la relación de aire y combustible para satisfacer las necesidades del motor (Norbye, 1994).

Al tiempo que se desarrollaba el sistema Ramjet iba evolucionando el sistema EFI (Electronic Fuel Injection); que su fin era usarlo en serie en todo vehículo; su desarrollo comenzó desde 1952 en la Eclipse Machine; división de la corporación Bendix; este sistema se patentó en 1961 como Bendix Electrojector como se muestra en la figura 2. El proyecto fue

declarado como muerto y la empresa lo archivo; este sistema nunca llegó a ser producido en masa, pero es el antecesor de todos los modelos modernos en inyección electrónica (Norbye, 1994).

Figura 2.

Bendix ElectroJector.

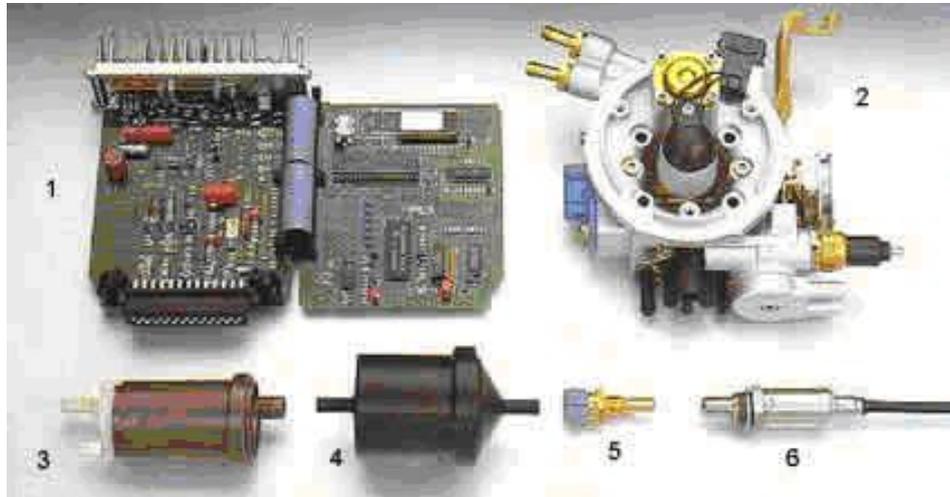


Nota. Ilustración de lo que venía a ser la inyección electrónica de Bendix, el antecesor de cualquier tipo de inyección electrónica actual (Norbye, 1994).

El sistema fue rescatado gracias a que la compañía Bendix comenzó a otorgar patentes en especial a la compañía Bosch; en 1967 se realizó el primer sistema electrónico de inyección a gasolina llamado D-Jetronic utilizado en los Volkswagen tipo 3, 1973 surge la inyección K-Jetronic; luego en 1976 surge otra evolución que cuenta con control de Lambda. A partir de 1981 contamos con inyección electrónica de gasolina con medidor de caudal de aire por hilo caliente LH-Jetronic; luego vino la inyección continua de gasolina con control electrónico KEJetronic; ya para 1987 llega el sistema centralizado de inyección Mono-Jetronic como se muestra en la figura 3 (Norbye, 1994).

Figura 3.

Inyección Mono – Jetronic Bosh.



Nota. Componentes: 1. ECU, 2. Cuerpo de mariposa de aceleración, 3. Bomba de combustible, 4. Filtro de combustible, 5. Sensor temperatura refrigerante, 6. Sonda lambda. (Norbye, 1994).

1.1.2 Funcionamiento.

Su principio de funcionamiento es muy sencillo; el sensor de posición del punto muerto superior que puede estar ubicado en el cigüeñal o en el árbol de levas; emite una señal que activa los inyectores que están conectados a un riel de inyección, donde se acumula el combustible que se encuentra a alta presión, los solenoides, que serían los inyectores son accionados por la unidad electrónica con un tiempo de apertura totalmente controlado; según la carga del motor, las revoluciones y factores de mezcla; significa que la cantidad de combustible que entra al motor es controlada por la unidad de control ECU (Electronic Unit Computer) a la exactitud, considerando todos los factores posibles para entregar la cantidad de combustible necesaria; factores como arranque en frío, presión en múltiple de admisión, posición del acelerador o del cuerpo de aceleración, temperatura ambiente y presión

barométrica. El sistema trabaja siempre con presión constante de gasolina en el riel, pero con una inyección variable (Norbye, 1994).

El sistema usa datos de varios sensores ubicados en el motor y calcula cuánto combustible tiene que añadir al aire de admisión en cada momento. La bomba eléctrica envía el combustible del depósito al motor a través de una tubería a una presión que un regulador mantiene constante; entre 2 y 3 bares de presión. Tendremos tantos inyectores como cilindros tenga el motor y se abren y cierran según fuese necesario. Como la presión es constante la cantidad de combustible inyectada depende de cuánto tiempo estén abiertos los inyectores; el tiempo es calculado por la ECU (Electronic Control Unit), la computadora de la inyección; en función de las señales captadas por los sensores (Vargas, 1999).

El sistema suministra el combustible al motor de una manera más eficiente; este proporciona una mezcla aire– combustible mucho más estequiométrica con una relación de 14:1; 14 partes de aire en peso por una de combustible; otorgando una mejor eficiencia energética que se traduce en mejor consumo y mayor potencia, esto se da gracias a que el combustible se entrega a mayor presión durante la carrera de compresión; al ponerse en contacto con el aire que está a una elevada temperatura en la cámara de combustión se enciende la mezcla provocando la combustión. Desde los inicios de esta tecnología, el principal proveedor de componentes en la industria es Bosch (Norbye, 1994).

Al contar con un control más preciso de gasolina inyectada por la cantidad de aire que entra al motor; los gases contaminantes se reducen en gran manera en cada régimen del motor y carga.

1.1.3 Clasificación.

La inyección electrónica se clasifica según cuatro características:

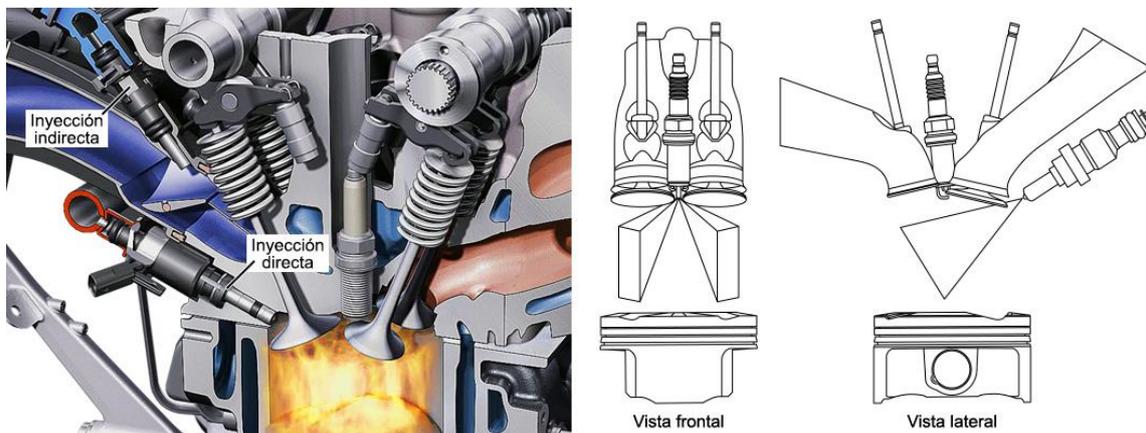
1. Según el lugar de la inyección.

Inyección Directa.

Como se ve en la figura 4; se introduce el combustible directamente en la cámara de combustión; el inyector está en el cabezote y no antes de la lumbrera de admisión, este sistema es el más reciente y novedoso para motores de gasolina; conocido como GDI (Gasoline Direct Injection) usado por primera vez por Mitsubishi. Este sistema elimina pérdidas y mejora sustancialmente el rendimiento, la exactitud mejora aún más con una inyección temporizada aún más precisa, que requiere de pistones con una forma especial, una bomba de combustible de mucha más presión e inyectores de alta presión (Martyr, 2007).

Figura 4.

Inyección Directa.



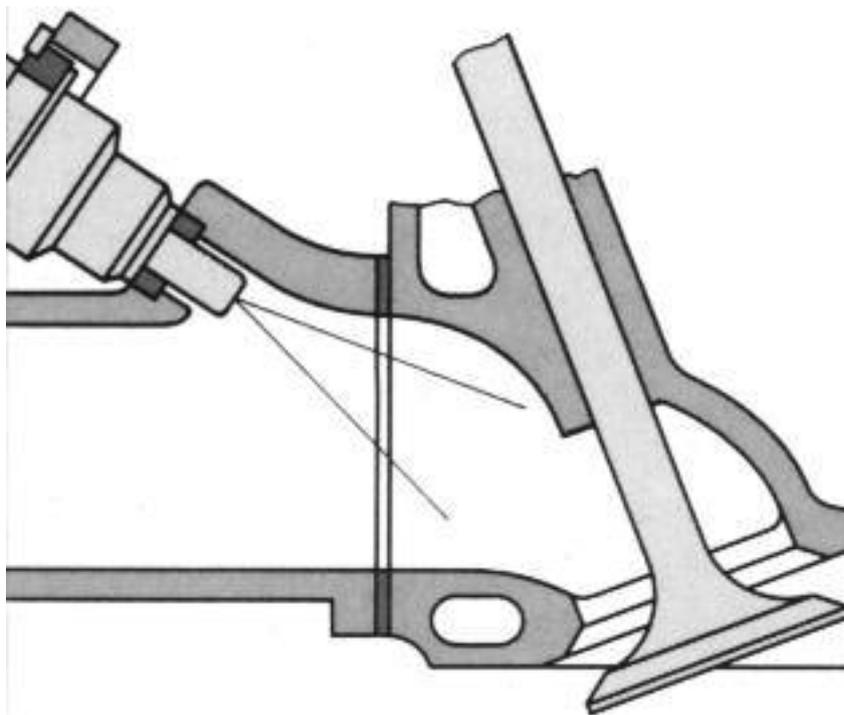
Nota. A diferencia de la inyección indirecta, que se da antes de la válvula de admisión, el inyector inyecta directamente sobre el pistón (Verdaguer, 2005).

Inyección Indirecta.

En la figura 5 se ve el inyector en el colector de admisión; antes de la válvula de admisión, este sistema es el más común y usado en la industria (Ruiz y Santos, 2008).

Figura 5.

Inyección indirecta.



Nota. Inyector colocado en la admisión antes de la válvula de admisión y fuera del cabezote (Ruiz y Santos, 2008).

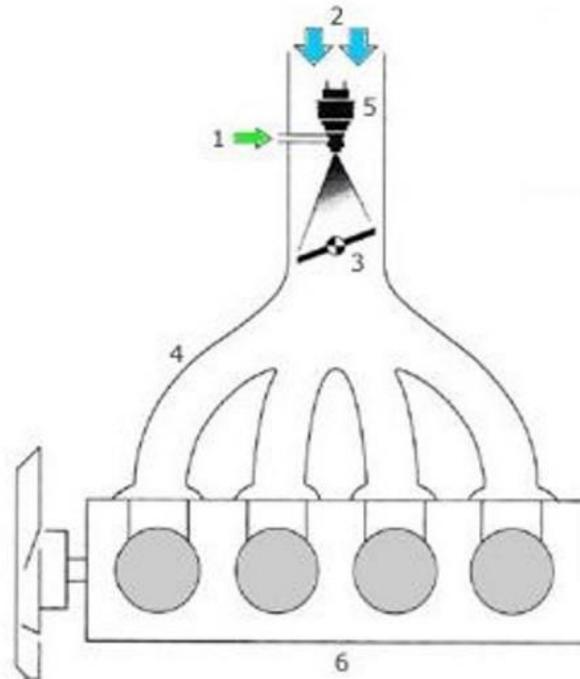
2. Por la cantidad de inyectores.

Inyección Mono punto.

En la figura 6 se muestra uno de los primeros sistemas de inyección donde se usaba solo un inyector; colocado antes de la mariposa en la admisión, se usaba en vehículos turismo de baja cilindrada cumpliendo con normas de contaminación (Verdaguer, 2005).

Figura 6.

Inyección Mono punto.



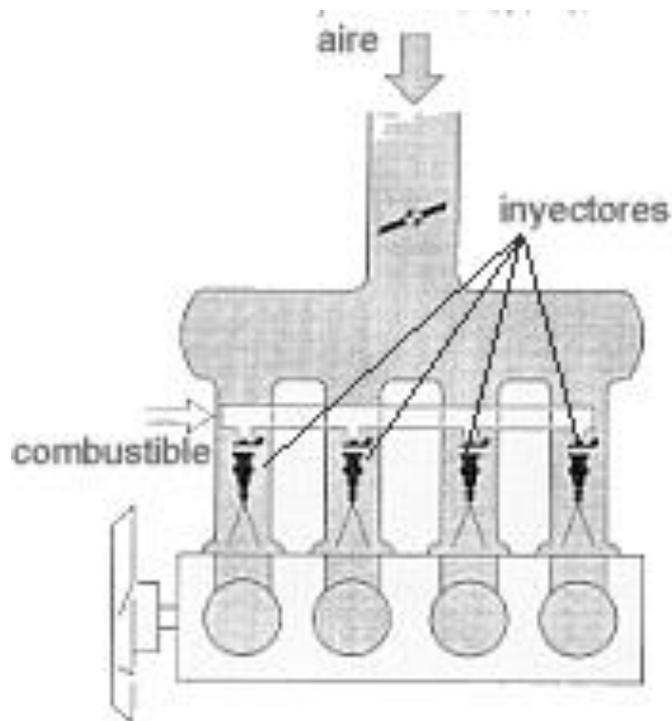
Nota. Un solo inyector para todos los cilindros (Verdaguer, 2005).

Inyección Multipunto.

Se cuenta con un inyector por cada cilindro como se ve en la figura 7; mejorando el caudal de gasolina para cada cilindro, pueden estar colocados en el cabezote como inyección directa o indirecta fuera del cabezote; es la inyección más usada para cilindradas medias o altas (Ruiz y Santos, 2008).

Figura 7.

Inyección Multipunto.



Nota. Inyector para cada cilindro; inyección independiente para cada pistón (Ruiz y Santos, 2008).

3. Según la cantidad de inyecciones.

- Inyección Continua.

Los inyectores introducen de manera continua el combustible en la admisión; dosificado y con presión que puede ser constante o variable.

- Inyección Intermitente.

Los inyectores se activan de manera intermitente conforme a la orden que, de la unidad de control, abriéndose y cerrándose intermitentemente, esta inyección se divide en tres:

- Inyección Secuencial.

Se inyecta el combustible con la válvula de admisión abierta; quiere decir que los inyectores funcionan uno por uno de manera sincronizada.

- Semi Secuencial.

Se activan los inyectores de forma que funcionen de dos en dos.

- Simultánea.

Se activan los inyectores al mismo tiempo, abren y cierran de manera idéntica cada uno (Vargas, 1999).

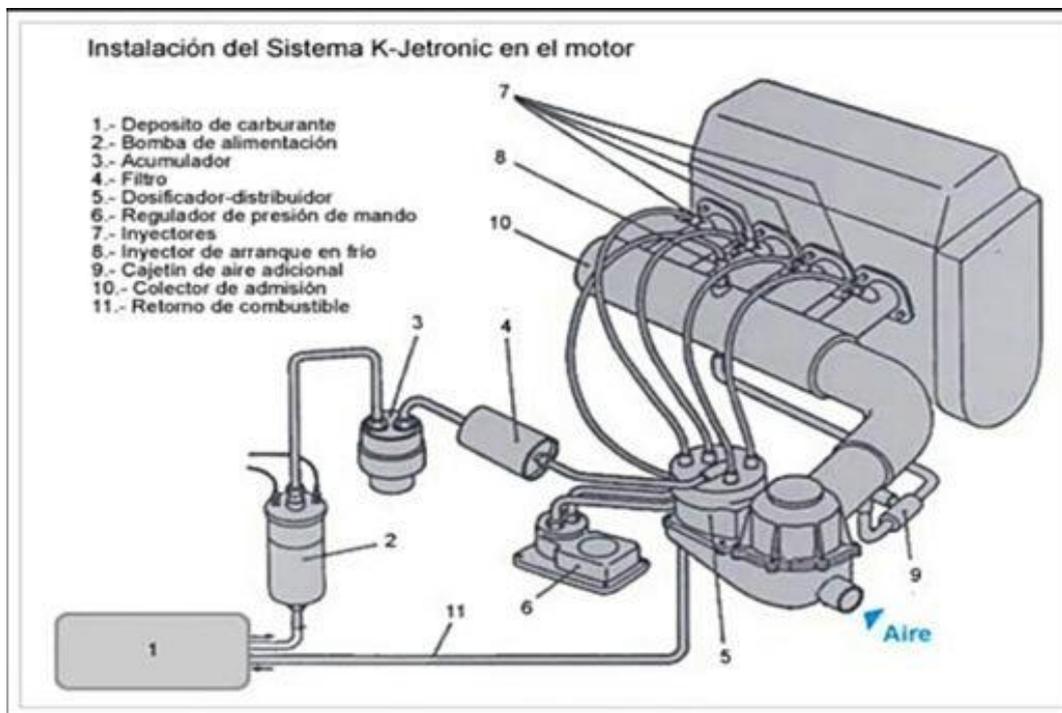
4. Por las características de funcionamiento.

Inyección Mecánica K-Jetronic.

Inyección completamente mecánica, se suministra el combustible según el vacío que se genera al presionar el pedal del acelerador y moverse la mariposa de aceleración; el vacío mueve un plato sonda que va hacia el dosificador distribuidor; el movimiento del plato sonda controla la cantidad de combustible que va hacia los inyectores. Este sistema proporciona un caudal variable de combustible según las revoluciones del motor; pero todos sus componentes son mecánicos; incluyendo los inyectores, como se ve en la figura 8 se asimila mucho a un sistema de inyección antigua de Diesel, con bomba mecánica (Vargas, 1999).

Figura 8.

Inyección Mecánica K-Jetronic.



Nota. Este sistema no cuenta con una unidad de control electrónica, la entrega de combustible es plenamente mecánica (Vargas, 1999).

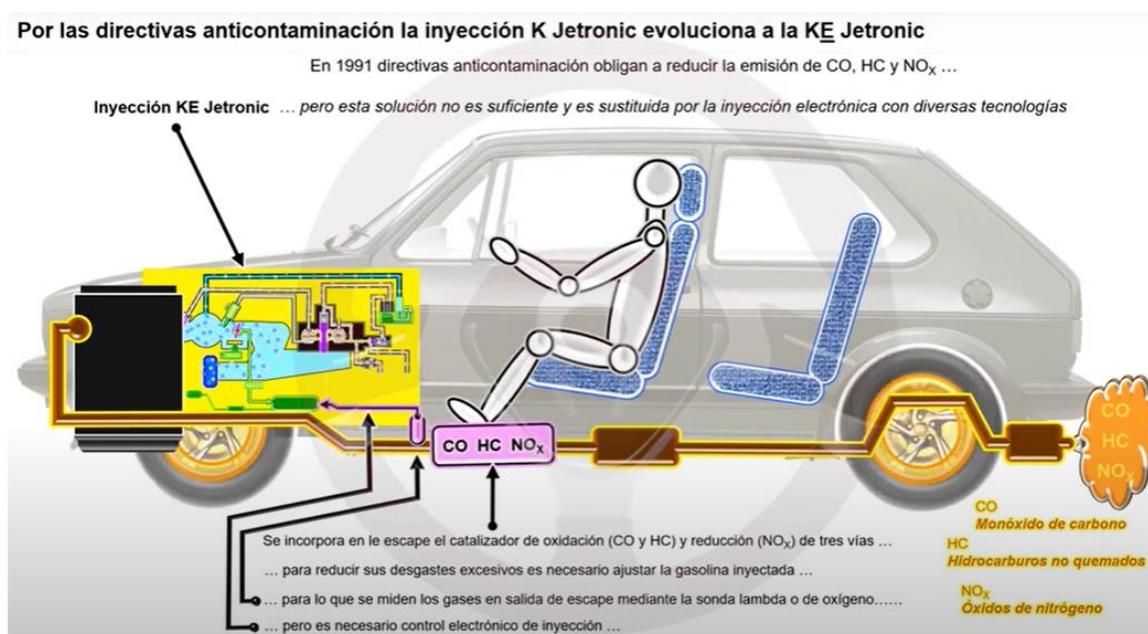
Inyección Electromecánica KE-Jetronic.

Es una evolución del sistema K-Jetronic, la E hace referencia a que cuenta con unidad de control electrónico (ECU), por causa de las medidas de contaminación en 1991 se tuvo que introducir obligatoriamente un catalizador de tres vías como se ve en la figura 9; esto significa que tiene que darse la oxidación del monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados y la reducción de óxidos de nitrógeno; además de la incorporación de una sonda lambda que se encarga de medir el exceso o falta de oxígeno en los gases salientes para advertir a la unidad de control que la mezcla de combustible está enriquecida de combustible o pobre de gasolina. La entrega de combustible sigue siendo mecánica pero controlada electrónicamente en el

dosificador distribuidor; proporcionando una aceleración más moderada con el fin de reducir gases contaminantes. Este sistema fue sustituido por uno más moderno eliminando toda la parte mecánica del mismo; porque no cumplía con las normas de contaminación (Kienke y Nielsen, 2005).

Figura 9.

Inyección Electromecánica KE-Jetronic.



Nota. Este sistema intenta cumplir con las nuevas medidas de anti contaminación, pero al tener gran número de componentes mecánicos; no satisface por completo las necesidades de las nuevas normativas (Kienke y Nielsen, 2005).

Inyección Electrónica Motronic.

Este sistema es el más moderno y usado hasta la época; cuenta con una unidad de control electrónico y múltiples sensores con el fin de realizar un cálculo de dosificación muy preciso.

Como se aprecia en la figura 10 la gran diferencia y evolución de este sistema a sus antecesores; es que usa inyectores de bobina, tipo solenoides y que en su electrónica puede controlar la cantidad de combustible y el momento de encendido exacto; tomando en cuenta

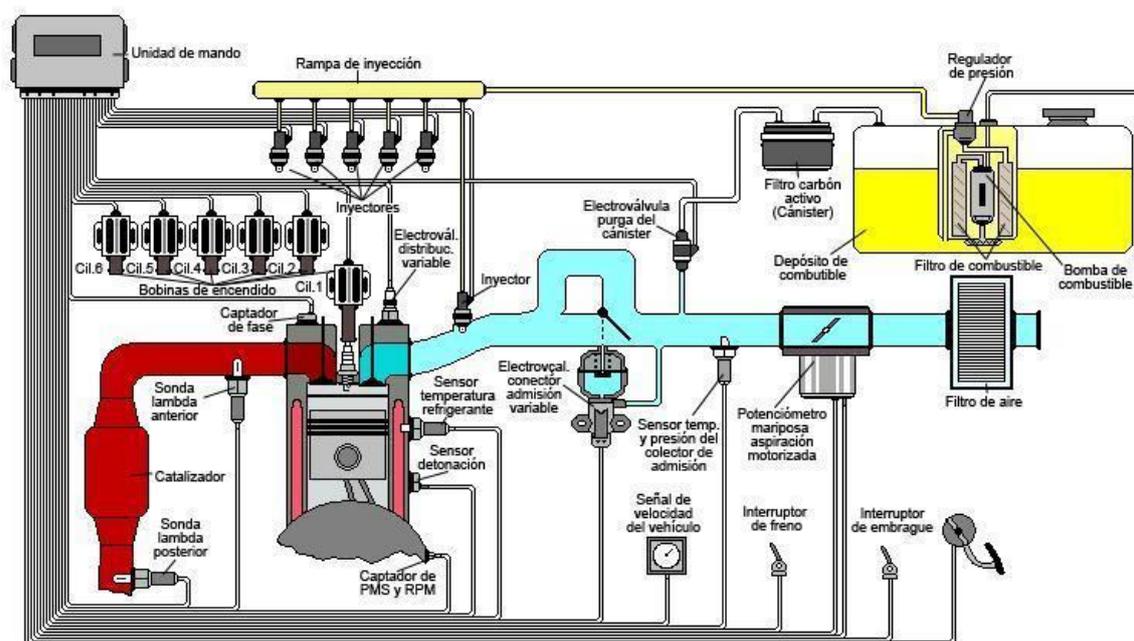
todas las variables que influyen en la combustión del motor; esto permite el máximo rendimiento de combustible y del performance del motor.

Con esta evolución ya no se usan los sistemas de avance de encendido mecánicos; el encendido es de tipo integral; determinado el ángulo de encendido por los valores calculados por la unidad de control (Santander, 2006).

Parte de las mejoras que se fueron integrando a este sistema fueron; un sistema de encendido dinámico con distribuidor de la alta tensión para el encendido, un encendido estático de doble bobina y un encendido estático de bobina independiente por cada cilindro (Santander, 2006).

Figura 10.

Inyección Electrónica Motronic.



Nota. Control de dosificación de combustible y control de encendido totalmente electrónico (Santander, 2006).

1.2 Unidad de control electrónico ECU.

1.2.1 Historia.

Las primeras ECU, unidades de control electrónico, eran muy sencillas controlando solo la cantidad de combustible a inyectar; actualmente controlan el sistema de encendido y la totalidad de los sistemas de los vehículos o existen varias computadoras según las características que tenga el vehículo. La evolución de las computadoras viene con varias características como por ejemplo el indicador de autodiagnóstico que sería la luz de advertencia cuando hay alguna falla en el sistema de inyección; además del aumento de computadoras según la cantidad de funciones que tenga el vehículo, para eliminar la cantidad de cables y computadoras; Bosch en 1980 creó el sistema de bus de datos (CAN BUS); para el intercambio de información entre las distintas unidades reduciendo la cantidad de cableado, peso y costes (Cuello, 2002).

1.2.2 Funcionamiento.

La computadora recibe la señal de referencia que veremos más adelante en detalle; esta señal que se puede generar a partir de diferentes tipos de sensores siendo digital o analógica; proporciona el mismo objetivo, avisar a la ECU cuando el pistón está en punto muerto superior; así sabrá en qué punto activar los inyectores y el control de avance de encendido; para que se realiza de la mejor manera la combustión valorando múltiples factores como presión barométrica, densidad del aire y carga del motor. Se reciben las señales de los diferentes sensores del automóvil; estas señales se comparan con la información almacenada en la memoria RAM o memoria de acceso aleatorio; esta memoria tiene 3 funciones principales, la primera es que funciona como libreta de apuntes de la ECU, cada momento que se necesita realizar un cálculo matemático la ECU usa la RAM (Cuello, 2002).

La segunda función es almacenar información cuando el motor está apagado o en lazo abierto; lazo abierto es cuando aún no entra en funcionamiento el sensor de oxígeno; esto es

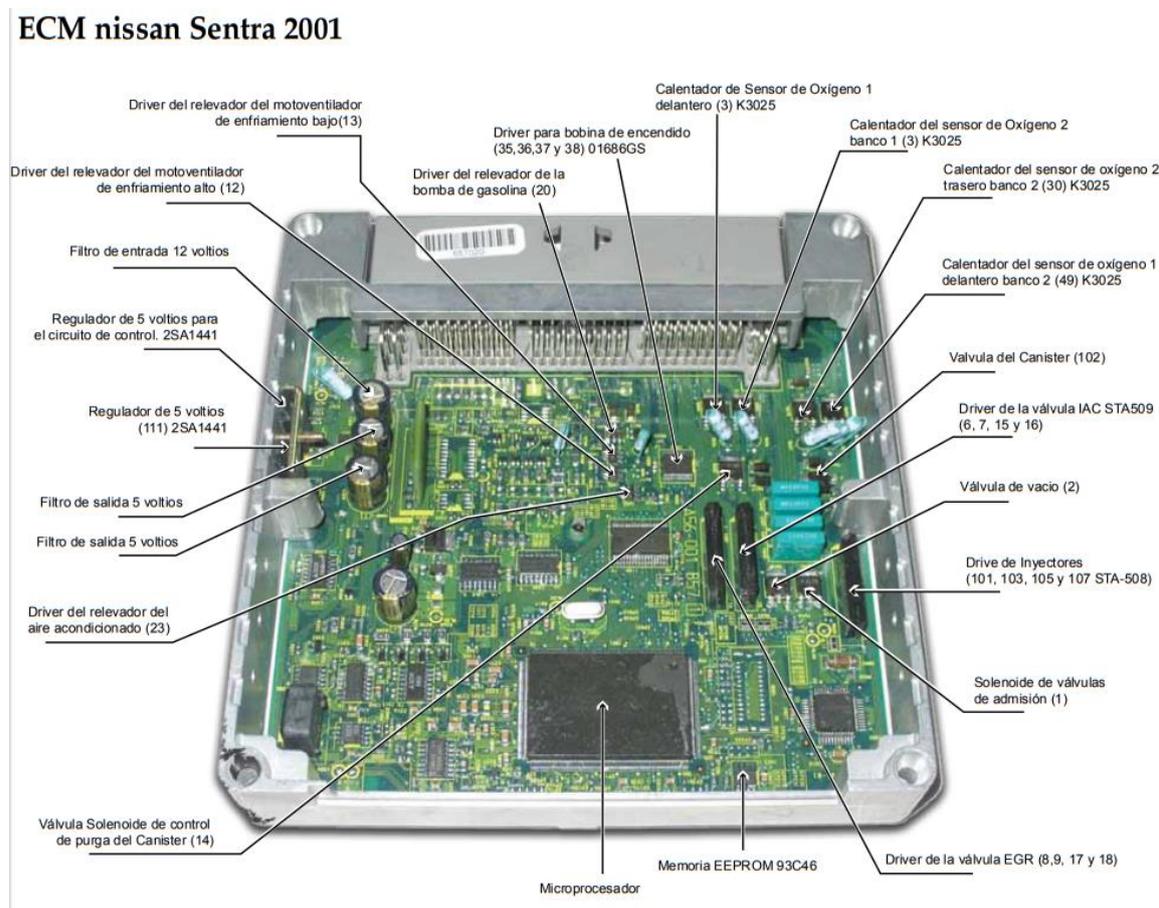
para mantener un aprendizaje constante y recordar parámetros de cuando el vehículo fue encendido la última vez. La tercera función es guardar los códigos de diagnóstico cuando falla algo en el sistema de inyección; estos códigos son almacenados para tener un registro de las fallas y cuando sucedió. En comparación de las memorias ROM y PROM; la memoria RAM es volátil, ósea cambiante (Hidalgo, 2021).

Memoria ROM; es una memoria de lectura y de información fija; lo que almacena no es volátil ósea aun desconectando la energía no se borra el contenido en el microprocesador. Esta memoria almacena las instrucciones principales que básicamente le dicen a la ECU; cuando veo que esto ocurra, tengo que hacer que esto otro suceda; por ejemplo, cuando gira el motor y llega la señal de referencia debo activar los inyectores inyectando cierta cantidad de gasolina (Cuello, 2002).

Memoria PROM; de manera de ejemplo como se ve en la figura 11; es una memoria programable de solo lectura con la información de calibración de ajuste exacto de control de combustible y del tiempo de encendido para un momento en específico, funciona en conjunto con la memoria ROM. Esta memoria es no volátil, almacena información como tamaño del motor, tamaño y peso del automóvil, resistencia de rodamiento, coeficiente de arrastre, tipo de transmisión y relación final de tracción (Hidalgo, 2021).

Figura 11.

Unidad de control Nissan Sentra 2001.



Nota. Ejemplo del interior de una computadora Nissan Sentra del 2001 (Ponce, 2020).

Según su antigüedad puede controlar de menos a más funciones del vehículo, pero esencialmente la inyección de gasolina y el tiempo de encendido son las principales; generalmente los principales controles de la ECU serían:

1. Control del tiempo de inyección.

Para este módulo didáctico este control es el más relevante de todos ya que administra el funcionamiento de los inyectores activándolos para que ingrese cierta cantidad de combustible según ciertas condiciones; como posición del acelerador o temperatura del motor. El control de la ECU es más preciso y variable según las condiciones, tiene un sistema de aprendizaje que

le permite una mezcla ideal de gasolina y aire en todo momento en ralentí y en la aceleración; tomando en cuenta la cantidad de aire que entra al motor y monitoreando mediante el sensor de oxígeno; que tan rica o pobre está la mezcla en gasolina (Verdaguer, 2005).

2. Control de distribución de válvulas.

En motores más modernos se puede controlar desde el retraso o adelanto de apertura de válvulas mediante solenoides que dan apertura o cierre de presión de aceite que permiten manipular el árbol de levas. Además, hay otro sistema que permite controlar la alzada de la válvula, mejorando aún más el llenado del cilindro según sea para bajas o altas revoluciones; mejorando el flujo de aire que entra al cilindro lo que se traduce en mayor potencia y mejora la combustión a cualquier rango de revoluciones (Verdaguer, 2005).

3. Control de la bomba de combustible.

En sistemas más modernos se controla la presión de combustible mediante el control de la corriente que consume la bomba de gasolina; en estos sistemas ya no hay regulador de presión en el riel de combustible ya que la regulación de presión de gasolina ya no es de manera mecánica como antiguamente era sino de manera eléctrica mediante la ECU, lo que se traduce en bombas de combustible más silenciosos y menos consumo eléctrico (Verdaguer, 2005).

4. Control auto – diagnóstico.

Mediante la información almacenada en las memorias ROM y PROM; se verifica la información que suministran los sensores a la ECU y también verifica la posición de los actuadores; ósea revisa las entradas y salidas de la ECU (Verdaguer, 2005).

5. Control ralentí.

Control de marcha mínima del motor según diferentes condiciones; como la carga de las luces encendidas o el aire acondicionado (Verdaguer, 2005).

6. Control de ignición.

Los motores a gasolina necesitan de una chispa de encendido para crear la combustión; el sistema de encendido es el encargado de esto el cual es controlado por la ECU en vehículos más modernos, la ECU puede ajustar el tiempo exacto del salto de la chispa de encendido que llega a la bujía esto comúnmente se llama tiempo de ignición; todo esto se realiza con el fin de tener la mejor potencia con el menor consumo de combustible. Si hay una auto detonación que se llama también como cascabeleo; por medio del knock sensor para detectar este tipo de falla la ECU puede retrasar el tiempo de encendido para evitar el cascabeleo (Verdaguer, 2005).

7. Límite de revoluciones.

La ECU controla mediante el sistema de ignición o de inyección el máximo número de RPM que puede alcanzar el motor, superando el límite por ejemplo 7000 RPM; la ECU puede cortar la inyección o la chispa de encendido para evitar que sobrepase el límite (Santander, 2006).

1.2.3 Clasificación.

- **Computadoras Normales.**

Las computadoras que vienen con el vehículo desde la fábrica como la que se aprecia en la figura 14 de Nissan Sentra; como la del módulo didáctico con parámetros de inyección y encendido preestablecidos y que pueden variar según al país que sea enviado el vehículo; por ejemplo, no es igual el mapa de inyección de un Nissan Sentra que va para Costa Rica al de un Nissan Sentra que va para Quito donde la altitud es muy superior (Santander, 2006).

- **Computadoras Programables.**

Son computadoras que se pueden adaptar generalmente a cualquier vehículo a gasolina y que tienen la posibilidad de que sus memorias principales como la ROM y PROM se puedan modificar fácilmente, dando la facilidad de cambiar parámetros del mapa de inyección o de ignición para mejorar el rendimiento o potencia del motor según lo deseado. Existen varios tipos de marcas; como se ve de manera de ejemplo en la figura 12 (Cuello, 2002).

Figura 12.

ECU programable.



Nota. Computadora programable de la marca AEM (Cuello, 2002).

1.3 Arnés.

1.3.1 Historia.

Se necesita un medio que facilite una conexión eléctrica de un punto a otro para activar un consumidor, desde los primeros vehículos existe el uso del cableado eléctrico, sea para el sistema de iluminación, el tablero de instrumentos o alguna extra como vidrios con descenso eléctrico, en sistemas más modernos encontramos una red eléctrica que puede llegar a pesar desde 30 kg a 50 kg; para asimilar la cantidad de cables que actualmente hay en coche. El arnés está formado por varios cables; que a su vez están conformados por un conjunto de alambres

en cobre trenzado formando una cuerda; siempre usando de cubierta un material aislante (Verdaguer, 2005).

1.3.2 Funcionamiento.

Brindar por medio de un puente físico conductor como el cobre; el constante flujo de electrones que alimentan un consumidor para su correspondiente funcionamiento, el arnés eléctrico del motor conecta los sensores a la computadora y reciben voltaje además de su correspondiente masa, el arnés transporta la señal de todos los sensores a la unidad de control principal y a la vez el arnés conecta la unidad de control a los actuadores correspondientes, el arnés brinda de corriente a todo componente que lo requiera, es una red de cableado que une todo lo necesario para hacer funcionar toda la electrónica de la inyección; según el consumidor que se va a activar se usa un cableado específico, esto puede variar según el amperaje a consumir determinando un calibre específico para el cableado (Verdaguer, 2005).

1.3.3 Clasificación.

Como se aprecia en la figura 13 existen varios calibres para el cableado en el arnés, el AWG (American Wire Gauge) que significa el calibre de alambre estadounidense; determina que entre mayor sea el número menor es la cantidad de hilo de alambre; por ende, su diámetro también será menor. En el arnés del motor generalmente se usan calibres 8, 10, 12, 14, 16, 18; entre menor sea el número más grande será el diámetro del cable, por ende, la corriente que pase por él tiene que ser proporcional al calibre a usar (Verdaguer, 2005).

Figura 13.*Calibre automotriz.*

AMPERAJE - CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2 THWN-2
Nivel de temperatura	60°C	75°C	90°C
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

Nota. Descripción del calibre y el amperaje que puede soportar (Crolla D., Foster D., Kobayashi T. y Vaughan N., 2015).

1.4 Captador de la señal PMS.

1.4.1 Historia.

Desde 1911 la chispa de encendido o arco voltaico se genera en la bobina; al pausar la carga en el arrollamiento primario desaparece el campo magnético; induciendo en el arrollamiento secundario una alta tensión que se dirige a las bujías y se transforma en un arco voltaico o chispa de encendido; para controlar este proceso se usaban los platinos en el distribuidor que mecánicamente se abrían y cerraban según el movimiento en el distribuidor que estaba conectado y sincronizado al movimiento del cigüeñal; estos platinos fueron reemplazados por el transistor pasando de una activación mecánica a una electrónica (Kienke y Nielsen, 2005).

Cuando se introdujo al mercado automotriz el sistema de encendido transistorizado se necesitaba un medio para activar la base del transistor, esto se hace por medio de una señal de referencia o captador de PMS (punto muerto superior del pistón); esta señal indica al módulo de encendido que el pistón está en el punto ideal para generar el arco voltaico (Kienke y Nielsen, 2005).

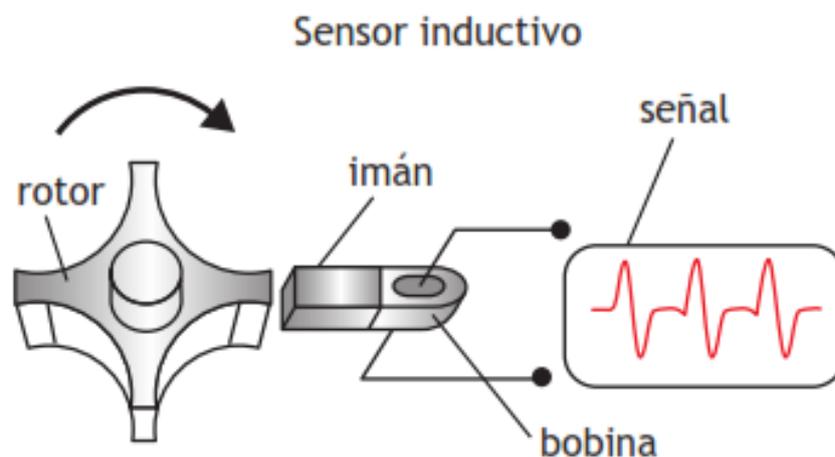
En los sistemas más modernos de inyección, el módulo de encendido está integrado en la ECU y por medio de la señal de referencia se activan los inyectores y el sistema de ignición, Nissan utiliza generalmente tres tipos de generadores de PMS: Sensor inductivo, sensor óptico y sensor de efecto Hall; este módulo didáctico usa un sensor óptico (Kienke y Nielsen, 2005).

1.4.2 Funcionamiento.

- **Sensor Inductivo.**

Se encuentra en el distribuidor y por medio de una bobina captadora, un rotor y un imán permanente como se aprecia en la figura 14; cada vez que pasa un diente del rotor por la bobina captadora se puede inducir corriente alterna en el arrollamiento de la bobina captadora; al crear una fluctuación del campo magnético del imán se genera movimiento de electrones en la bobina captadora (Nissan, 1995).

El voltaje alterno que se crea sirve de señal para activar la base del transistor que está en el módulo de encendido o directamente en la ECU; al activar la base del transistor se envía a masa la corriente del primario de la bobina de encendido; al término de esta señal ya no se activa la base del transistor y por ende ya no se aterriza a masa la corriente del primario, lo que induce una alta tensión en el arrollamiento secundario de la bobina generando una alta tensión que se dirige hasta la bujía (Santander, 2006).

Figura 14.*Sensor inductivo.*

Nota. Composición básica de un sensor inductivo acoplado al distribuidor y la señal que emite (Santander, 2006).

- **Sensor Óptico.**

Se utiliza un diodo emisor de una luz infrarroja; también un disco ranurado y por último un fotodiodo. El diodo emisor emite una luz infrarroja que primero entra en contacto con el disco ranurado; este disco cuenta con dos tipos de ranuras diferentes como se muestra en la figura 16; hay 360 ranuras continuas en la parte externa del disco que son para lectura de revoluciones por minuto del cigüeñal y 4 ranuras internas colocadas a 90 grados que son para determinar el punto muerto superior del pistón número 1 (Verdaguer, 2005).

Generalmente hay dos luces infrarrojas, cuando el haz de luz infrarroja pasa por estas ranuras y entran en contacto con el fotodiodo se genera una señal digital; esto bajo el principio de pantalla-ventana; pantalla cuando el haz de luz no atraviesa la ranura, ventana cuando atraviesa la ranura; los leds y fotodiodos están alimentados con 12 voltios; al detectar luz el fotodiodo circula la corriente a masa por ende el voltaje de referencia de 5 voltios no aterriza a

masa y envía de señal los mismos 5 voltios a la ECU; caso contrario, cuando no detecta luz el fotodiodo; no deja circular corriente por ende el voltaje de referencia de 5 voltios aterriza a masa enviando 0 voltios hacia la ECU (Nissan, 1995).

Figura 15.

Disco ranurado del sensor óptico.



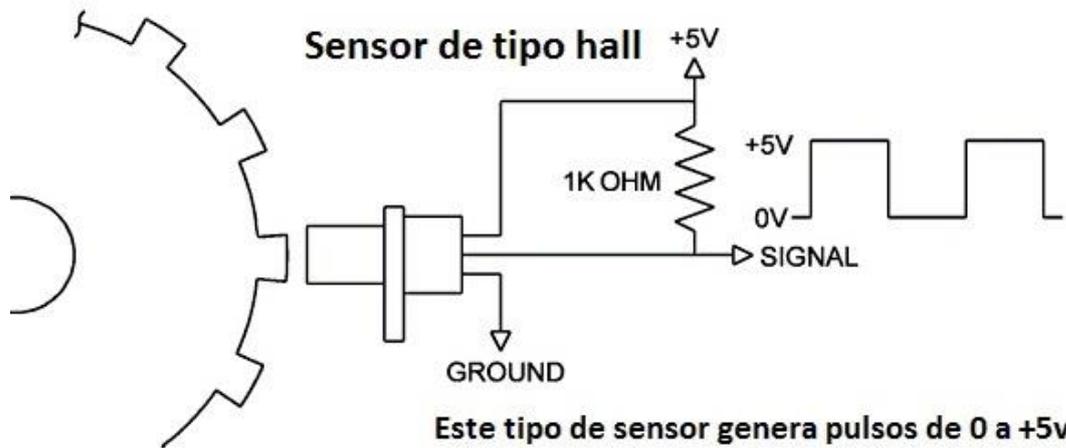
Nota. 360 ranuras externas para RPM y 4 ranuras internas para punto muerto superior cilindro 1 (Verdaguer, 2005).

- **Sensor de efecto Hall.**

Detecta y genera tensión en la presencia de un campo magnético; para determinar una posición; es de 3 cables como se aprecia en la figura 16; está alimentado por 12 voltios, una masa y una salida de señal que suele ser digital de 0 voltios a 5 voltios, al pasar una corriente por el sensor y estar próximo a un campo magnético que está vertical al sensor; en el sensor se crea un voltaje saliente proporcional al resultado de la fuerza del campo magnético, como se aprecia en la figura 17 (Cuello, 2002).

Figura 16.

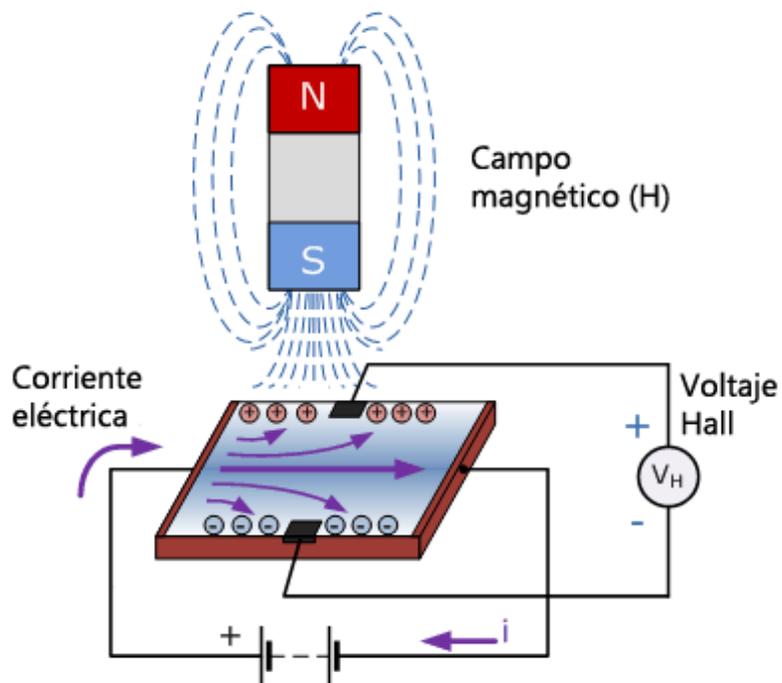
Diagrama Sensor Hall.



Nota. Composición básica de un sensor Hall y la señal que emite (Verdaguer, 2005).

Figura 17.

Efecto Hall.



Nota. Diagrama explicativo del efecto hall (Cuello, 2002).

1.4.3 Clasificación.

- **Sensor de posición del cigüeñal/Crankshaft Position Sensor (CKP).**

Sensor encargado de informar a la ECU la posición en grados del cigüeñal y las RPM del motor. En el caso de Nissan B14 esta señal se genera por uno de los sensores ópticos en el distribuidor usando el disco ranurado que tiene 360 ranuras que forman las 360 señales digitales que se interpretan como las RPM del motor; esta señal se llama de un grado ya que cada ranura sería un grado de giro del cigüeñal (Cuello, 2002).

- **Sensor posición árbol de levas/Camshaft Position Sensor (CMP).**

Encargado de informar a la ECU la posición del punto muerto superior de cada uno de los pistones; reconociendo en especial al cilindro #1. En el distribuidor tendremos dos sensores ópticos; el segundo interactúa con las ranuras internas del disco ranurado que son 4 ranuras una por cada cilindro; generando 4 señales digitales que indican los respectivos PMS “Punto Muerto Superior” de cada cilindro; cada ranura se encuentra colocada a 90 grados, ya que 90 grados del árbol de levas serían 180 grados del cigüeñal, cada 90 grados debería salir una alta tensión de encendido (Nissan, 1995).

1.5 Bobina

1.5.1 Historia.

El primer sistema de encendido lo inventó Franklin Kettering aproximadamente en el año 1911; este sistema usaba los platinos para aterrizar la corriente de la bobina que es la encargada de generar la alta tensión que enciende la mezcla de aire y combustible en los motores a gasolina; a partir de una baja tensión en el arrollamiento primario se induce una alta tensión en el arrollamiento secundario.

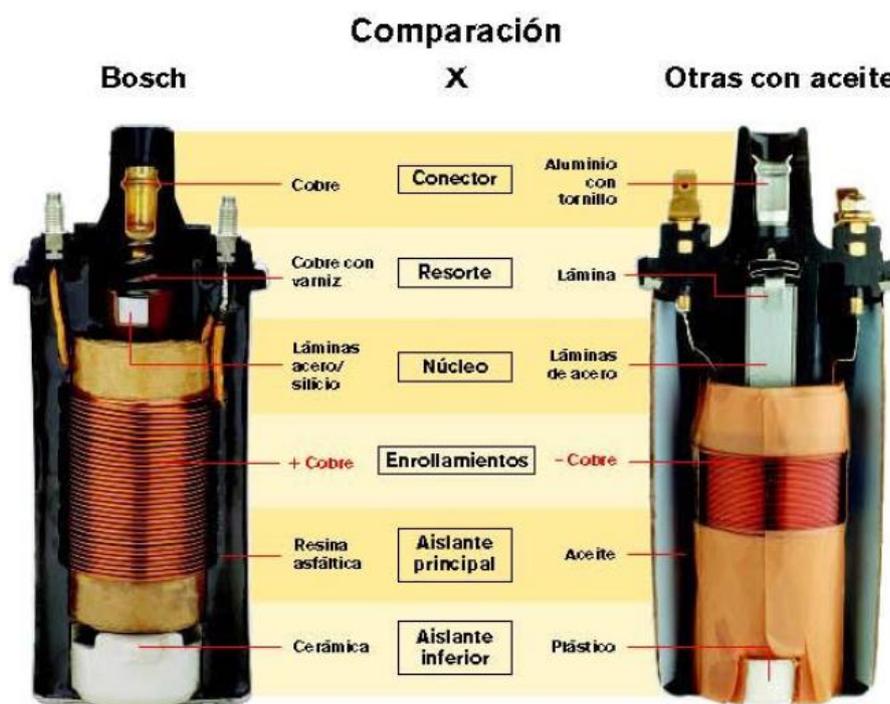
Antiguamente se usaban las bobinas del tipo botella como se aprecia en la figura 18 con aceite dieléctrico que ayuda de lubricante aislante a altas temperaturas; estas bobinas pueden generar tensiones de hasta 15 KV (kilovoltios) pero actualmente estas bobinas de botella ya no

llevan aceite si no otro material aislante como resina asfáltica esto para proporcionar mayor resistencia y seguridad ante las elevadas temperaturas y proporcionar voltajes de más de 20 KV (Cuello, 2002).

Actualmente se utilizan bobinas más pequeñas y modernas dejando a un lado el uso de bobinas de botella, para reducir pesos y aprovechar el espacio las bobinas ya no son tan grandes como en los coches antiguos, Nissan usa desde bobinas de botella, sistema DIS (Direct Ignition System) y bobina por cilindro COP (Coil On Plug), (Cuello, 2002).

Figura 18.

Comparación de bobina seca y bobina húmeda de tipo botella.



Nota. Comparación interna de una bobina tipo seca y de una bobina tipo húmeda con aceite dieléctrico como aislante principal (Cuello, 2002).

1.5.2 Funcionamiento.

La bobina se encuentra constantemente alimentada por voltaje de batería 14 – 12 voltios y por medio de un transistor de poder se controla la generación de alta tensión; el transistor permitirá el paso de la corriente por la bobina hasta una masa o polo negativo de la batería; mientras el transistor esté activado estará saturando la bobina, tiempo de carga y creación del campo magnético en el embobinado primario; en el momento que se desactiva la base del transistor se corta el paso de la corriente y esto genera una caída en el campo magnético en el embobinado primario esto induce una alta tensión en el embobinado secundario.

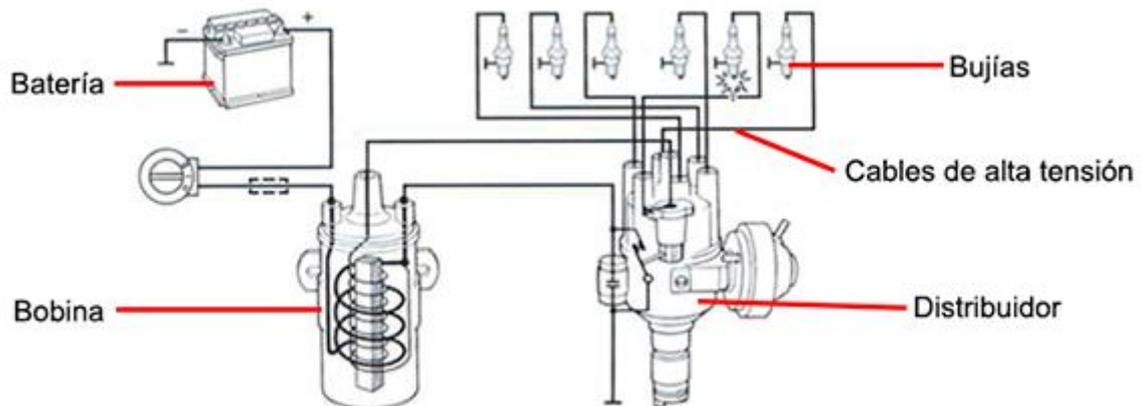
Generalmente el voltaje de inducción de apertura en el bobinado primario es de 200 voltios a 400 voltios y en el bobinado secundario el voltaje inducido puede llegar a los 40.000 voltios aproximadamente según el sistema de encendido que se use en el vehículo (Ruiz S. y Santos L, 2008).

1.5.3 Clasificación.

Sistema Convencional.

Sistema antiguo donde contamos con un distribuidor movido mecánicamente por el movimiento del árbol de levas generalmente; para distribuir la chispa de encendido hacia los cables de bujía y luego hacia las bujías de encendido. Este sistema es más rudimentario para el adelanto o retraso del encendido; moviendo el distribuidor para un sentido para adelantar o para retrasar hacia el lado contrario; es menos preciso y cada cierto kilometraje hay que reemplazar piezas que se desgastan como el rotor del distribuidor o la tapa del distribuidor.

Como se aprecia en la figura 19; la bobina puede estar dentro del distribuidor o puede estar fuera de él, esto varía según la marca del sistema de encendido; además el transistor generalmente viene aparte del distribuidor (Ruiz S. y Santos L, 2008).

Figura 19.*Sistema Convencional.*

Nota. Sistema que se encuentra en los vehículos más antiguos (Ruiz S. y Santos L, 2008).

Sistema DIS.

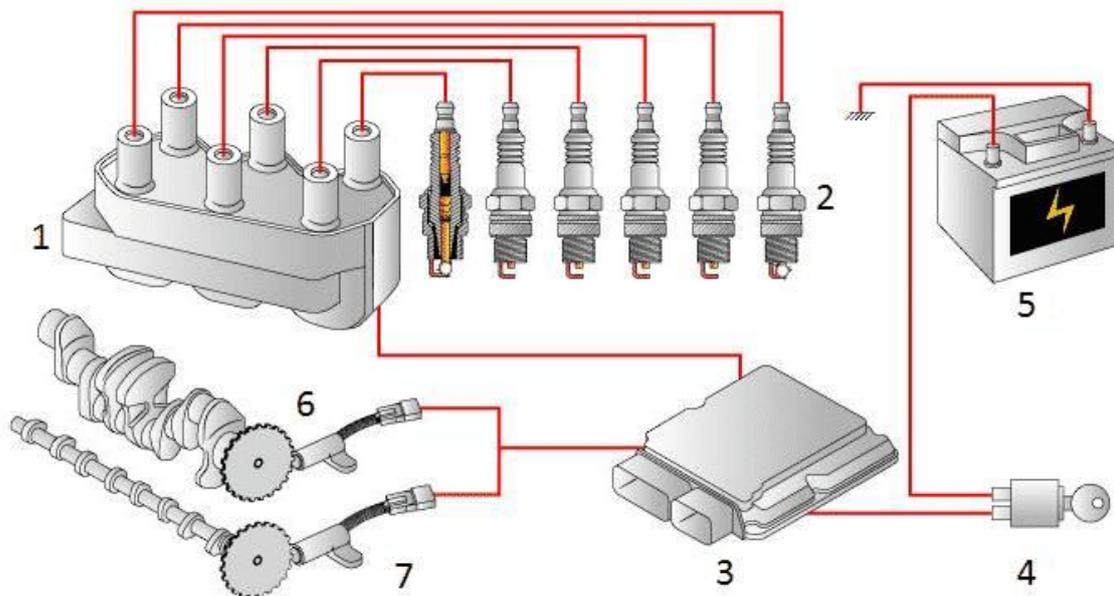
Conocido como sistema de chispa perdida (Direct Ignition System) ya que produce dos chispas al mismo tiempo; vienen dos bobinas en un mismo cuerpo y el transistor viene integrado dentro del conjunto; ya no se necesita movimiento del árbol de levas ni distribuidor ni partes que se desgastan por movimiento; más moderno y eficiente; permite un control más efectivo sobre el adelanto o retraso del encendido mayormente controlado por la unidad de control electrónico (ECU) (Ruiz S. y Santos L, 2008).

Mantiene el uso de los cables de encendido hacia las bujías como se ve en la figura 20, pero mejora el control sobre el encendido y las emisiones disminuyen; proporcionalmente aumenta la potencia. En un motor cuatro cilindros, al generar la chispa de encendido para el cilindro número 1 en el momento exacto de encendido; se genera otra alta tensión al mismo tiempo en el cilindro hermano que sería el cilindro número 4; en ese momento en este último cilindro se encuentra en carrera de escape, aun realizada la carrera de explosión quedan residuos de combustible sin quemar y antes de salir por el escape esta chispa de encendido perdida en el

cilindro hermano número 4 ayuda a encender estos residuos de gasolina sin quemar antes (Ruiz S. y Santos L, 2008).

Figura 20.

Sistema DIS (Direct Ignition System).



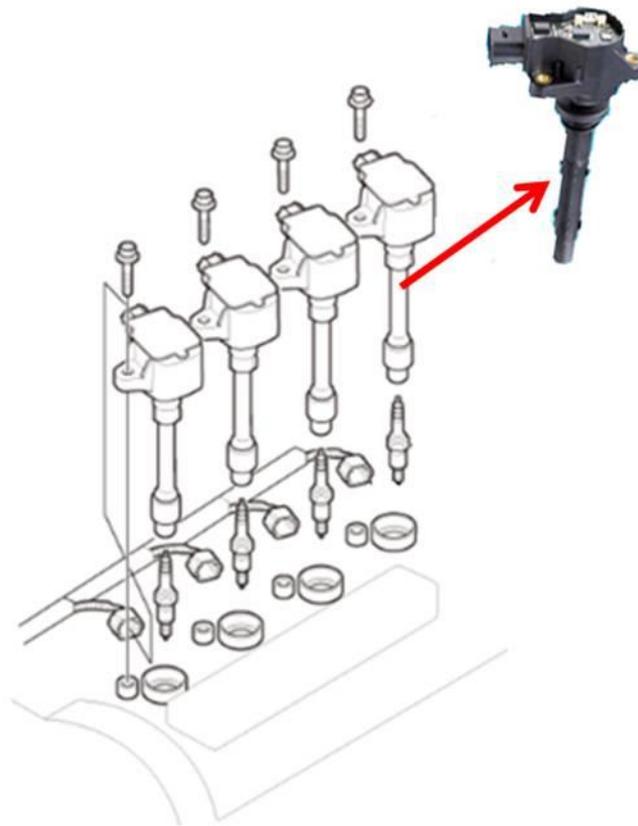
Nota. Conjunto de una sola pieza donde encontramos dos bobinas y el transistor de poder integrado, activado por la unidad de control (ECU), (Ruiz S. y Santos L, 2008).

Sistema COP.

Se le conoce por ser el sistema de bobina por bujía (Coil On Plug) como se aprecia en la figura 21; no cuenta con partes móviles mecánicamente igual que el sistema DIS, es totalmente eléctrico y controlado por la unidad de control, tiene la enorme ventaja de crear altas tensiones individuales por cada cilindro y un control individual por cada cilindro; además no cuenta con la resistencia de los cables de bujía ya que la bobina va directamente conectada a la bujía (Pérez, 2011).

Figura 21.

Sistema COP.



Nota. En un motor cuatro cilindros tendremos cuatro bobinas por cilindro (Ruiz S. y Santos L, 2008).

1.6 Bujías.

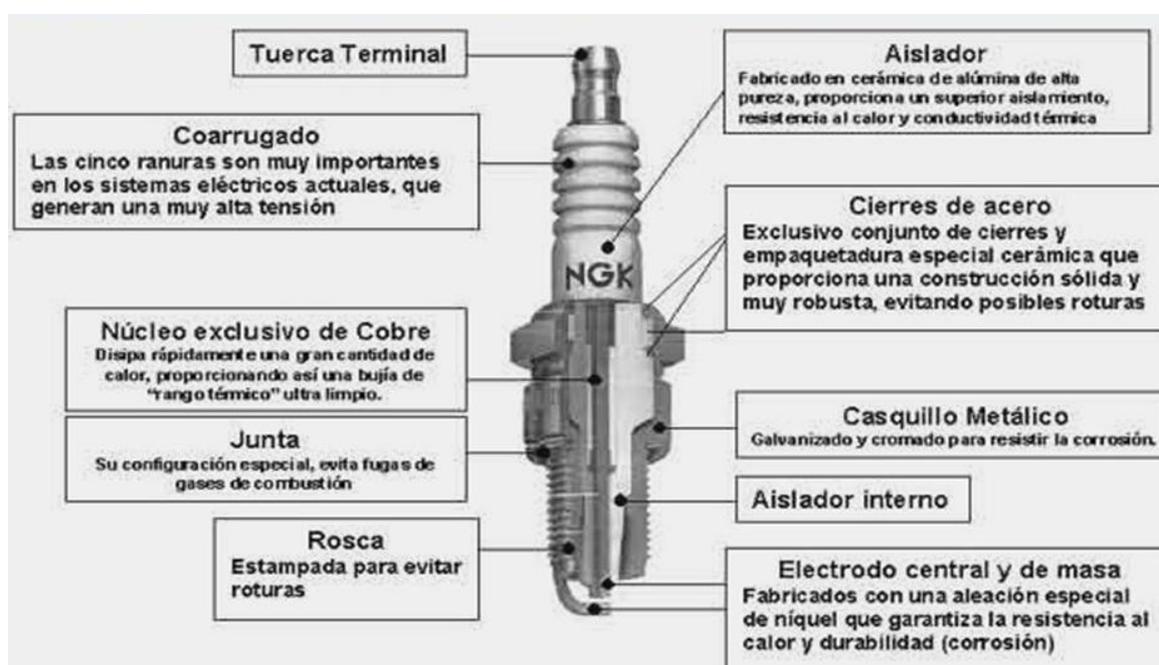
1.6.1 Historia.

La creación de la bujía se remonta a un 7 de enero de 1902 cuando Bosh registra una patente de un magneto para alta tensión combinado con una bujía de encendido, antes de esta patente se dice que en Francia; Renault patentó la primera bujía; pero quien las comenzó a fabricar en masa para los automóviles fue Bosh. Este invento asegura el funcionamiento correcto del encendido; al encender la mezcla de aire y gasolina en la cámara de combustión.

La bujía es un elemento que forma parte del sistema de encendido; se encuentra siempre roscado en el cabezote de los motores; lleva dos electrodos y entre ellos siempre hay un espacio que se calibra según cada motor por el fabricante; generalmente este espacio es de 0,6 milímetros a 1,2 milímetros; es la distancia entre cada electrodo como se aprecia en la figura 22 (Bosch, 2012).

Figura 22.

Partes de una bujía.



Nota. Las bujías usan diferentes materiales en su composición, desde acero, cobre y cerámica (Bosch, 2012).

1.6.2 Funcionamiento.

A partir de la generación de la alta tensión de encendido; que según el sistema de encendido puede recorrer desde la bobina, el distribuidor, cables de bujía hasta la misma o directamente como en el sistema COP; al llegar la alta tensión a la bujía salta de un electrodo a otro; el otro electrodo está directamente conectado a masa; en otras palabras al polo negativo de la batería

por medio de la carcasa metálica de la bujía que hace contacto con el cabezote que a la vez en algún sitio tiene conectado o atornillado un cable proveniente del polo negativo de la batería; de esta manera entre el espacio de los electrodos se observa saltar una chispa, conocida como la chispa de encendido que da inicio a la combustión de la mezcla aire y gasolina (Bosch, 2012).

Al alcanzar temperaturas de funcionamiento normales dentro de la cámara de combustión; dentro los 360 y 850 grados centígrados las bujías activan su característica de autolimpieza que ayuda a que la suciedad que se genera de la combustión no se acumule en los electrodos; si existe algún problema mecánico o referente a la mezcla de aire y gasolina; la autolimpieza no es suficiente y la bujía se ensucia más de lo normal y es cuando se observa bujías llenas de aceite o muy negras como en la figura 23 (Bosch, 2012).

Figura 23.

Bujía con exceso de suciedad en los electrodos.



Nota. Se tienen que realizar revisiones cada 15 mil kilómetros para observar el estado de las bujías y realizar el ajuste entre los electrodos si es necesario (Bosch, 2012).

1.6.3 Clasificación.

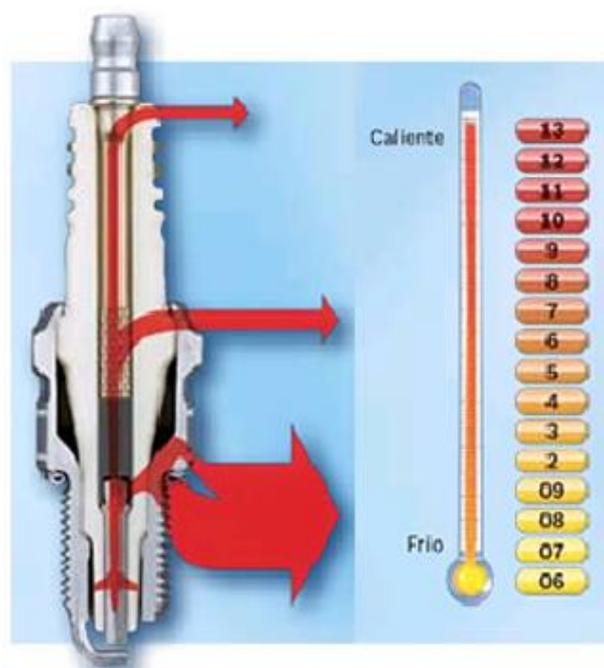
Las bujías se clasifican según el tipo de material de construcción, la cantidad de electrodos y el grado térmico.

Grado térmico.

Cada fabricante prueba mediante ensayos de laboratorio aplicando excesos de calor a la bujía hasta lograr un autoencendido; a partir de este resultado se clasifican con un número entre 45 para bujías calientes y 500 para bujías más frías. Las bujías calientes son más capaces de transmitir el calor más rápido mientras que las bujías frías transmiten el calor más despacio, se aprecia en la figura 24 el grado térmico según Bosh (Bosch, 2012).

Figura 24.

Grado Térmico bujías Bosh.



Índice de "grado térmico" utilizado por BOSCH

Nota. En el caso de Bosh; el grado térmico va desde 13 para bujías calientes y hasta 6 para la bujía más frías (Bosch, 2012).

Material de construcción.

Las bujías en su gran mayoría están construidas en tres tipos de materiales; las bujías de platino, iridio y cobre. Las bujías de platino e iridio tienen menor conductividad lo que mejora su resistencia y se compensa su calidad de chispa de encendido mediante un electrodo central en forma de punta como se aprecia en la figura 25; que ayuda a un mejor salto de corriente, su precio suele ser más elevado. Las bujías de cobre son las tradicionales con mejor conductividad y menor precio, para altas potencias no son las ideales en comparación a las anteriores (Pulkrabek, 2003)

Figura 25.

Bujía de iridio.



Nota. El electrodo central tiene forma de punta que compensa su menor conductividad (Bosch, 2012).

Cantidad de electrodos.

La cantidad de electrodos ayuda principalmente en su durabilidad; ya que entre mayor cantidad de electrodos se aumenta la facilidad de transportar la electricidad y sufre menos desgaste, mientras que la bujía de un solo electrodo la electricidad tiene un solo camino por lo

que sufre más trabajo; pueden ir desde un electrodo hasta cuatro electrodos como se aprecia en la figura 26 (Bosch, 2012).

Figura 26.

Bujía de cuatro electrodos.



Nota. Este tipo de bujías tienen mayor durabilidad (Bosch, 2012).

1.7 Inyectores.

1.7.1 Historia.

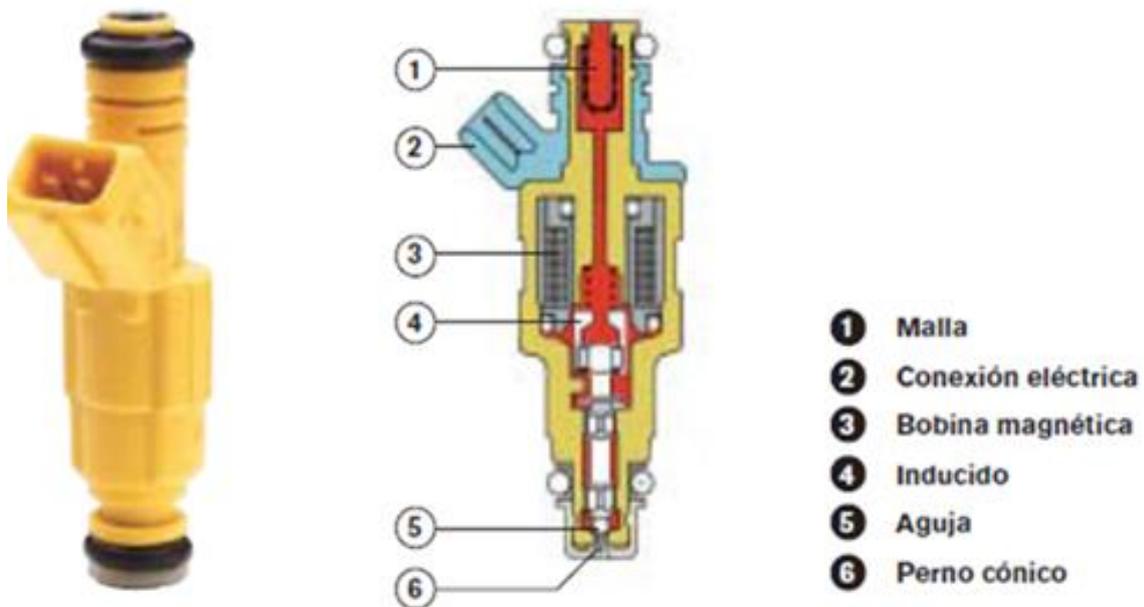
El inyector es un solenoide; su origen se remonta a él francés André-Marie Ampère quien fue la primera persona en usar el término solenoide en 1820; en ese entonces estaba investigando sobre las corrientes circulares (Norbye, 1994).

Un solenoide es una bobina que genera un campo magnético muy fuerte; como se aprecia en la figura 27; la bobina tiene forma cilíndrica y está compuesta por un hilo que es conductor que está enrollado en el cilindro; se crea un campo magnético intenso gracias al paso de corriente por este hilo; cerca de la bobina tendremos siempre algún material ferroso que tiene de compuesto principal hierro; al activarse el campo magnético se puede mover el material ferroso en forma de cilindro más pequeño que sería el inducido atrayéndolo hacia la bobina,

cuando se detiene el flujo de corriente el material ferroso vuelve a su posición inicial gracias a un resorte (Norbye, 1994).

Figura 27.

Interior de un inyector.



Nota. El inyector es un solenoide que transforma la energía eléctrica en un movimiento mecánico (Norbye, 1994).

1.7.2 Funcionamiento.

Conforma el sistema de inyección de gasolina y su principal función es suministrar gasolina a alta presión en el momento exacto de la compresión en la cámara de combustión; el combustible sale pulverizado; de forma que se mezcle más fácil con el aire que va a ingresar a la cámara de combustión para luego ser comprimido y se incendie mediante el arco voltaico o chispa de ignición (Norbye, 1994).

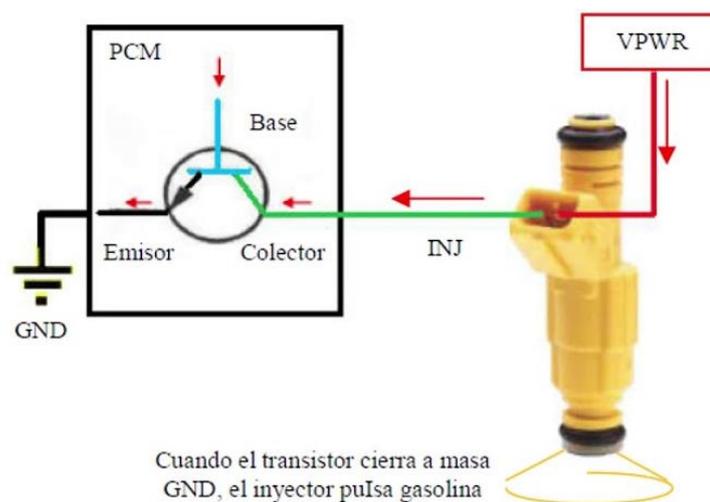
Según el tipo de inyección el inyector suministra el combustible en el conducto de admisión o directamente en la cámara de combustión; de forma que el combustible ingrese de la forma más homogénea posible y sin goteos, para cada régimen del motor; proporcionado un caudal

muy exacto de combustible para cada cilindro. Este solenoide puede abrirse simultáneamente muchas veces con mucha rapidez y gran precisión por cada vez que se le proporcione un pulso eléctrico; liberando combustible sin goteo (Norbye, 1994).

Como se aprecia en la figura 28 mediante la activación de un transistor hace circular la corriente que activa la bobina y sube la aguja permitiendo la salida del combustible, al finalizar la activación del transistor deja de circular corriente y la aguja vuelve a su posición sellando la salida del inyector (Norbye, 1994).

Figura 28.

Activación de un inyector.



Nota. La unidad de control cuenta con un transistor de control por cada inyector que tenga el motor (Norbye, 1994).

1.7.3 Clasificación.

Los inyectores se clasifican según la resistencia eléctrica que tenga la bobina; esto indica cual va a hacer el tiempo de activación del inyector; se clasifican en dos tipos:

- **Inyectores de baja impedancia.**

Tienen una resistencia de 1.5 a 5 ohms; estos inyectores se controlan con el sistema de pico y retención; llamado también como carga regulada; este tipo de inyectores de baja resistencia necesitan de más corriente para su activación; en promedio de 4 a 5 amperios; el inyector no trabaja constantemente con esa cantidad de corriente ya que puede calentarse el circuito controlador; para ello existe un integrado en el circuito que ayuda a reducir la corriente después de la apertura del inyector; donde ya no necesita tanta corriente para funcionar; de ahí su nombre de control de pico y retención (Norbye, 1994).

Al lograr abrir el inyector con un pico inicial de corriente de aproximadamente 4 amperios el integrado reduce la corriente a un amperio para controlarlo y mantenerlo abierto según la duración del ancho de pulso; las unidades de control que cuentan con este sistema de pico y retención usan un controlador para dos inyectores; en este caso cada inyector consume máximo 2 amperios para su apertura y para su retención de apertura es de máximo 0.5 amperios (Norbye, 1994).

Como se aprecia en la figura 29; su principal característica con respecto al inyector de alta impedancia es que su tiempo de respuesta es mucho más rápido; mediante el pico inicial de alta corriente se crea la fuerza magnética suficiente para elevar la aguja del inyector; permitiendo un rango dinámico para controlarlo; siendo más preciso y rápido; estos sistemas se usan en motores de pequeñas cilindradas y en motores de gran potencia; con o sin turbo (Norbye, 1994).

- **Inyectores de alta impedancia.**

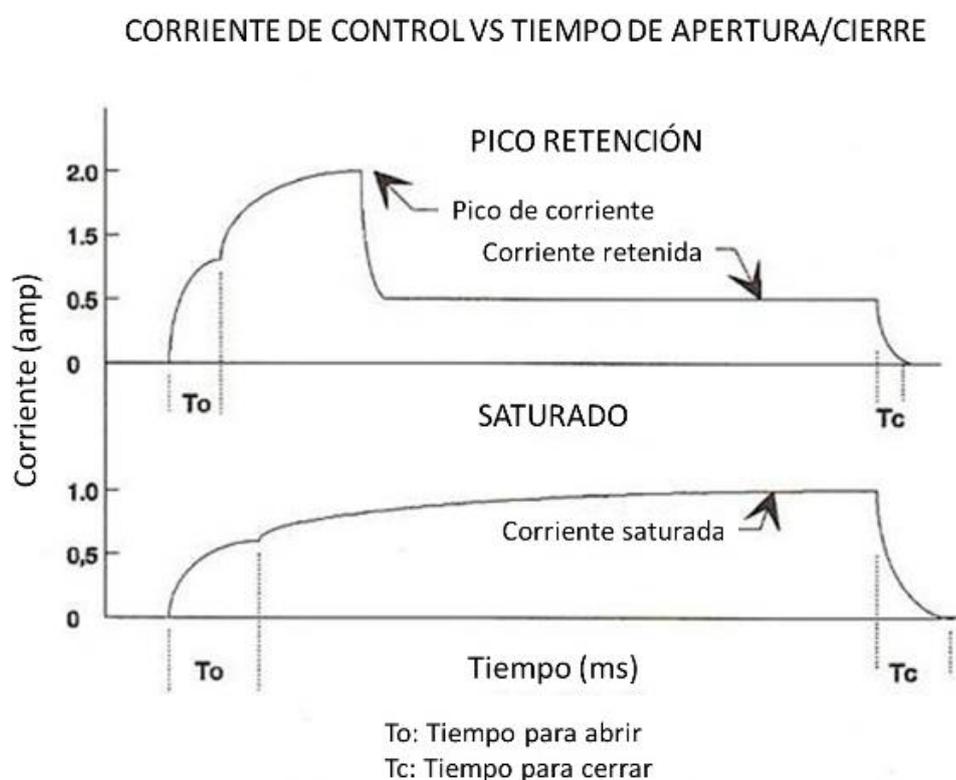
Tienen una resistencia generalmente de 8 a 17 ohms y se les llama inyectores con sistema de control saturado; tienen mayor resistencia en su bobinado lo cual permite que funcionen con corrientes más bajas; aproximadamente de 0.8 a 1 amperio; esto tiene la ventaja que el integrado que controla el sistema se mantenga más frío y tenga mayor durabilidad (Norbye, 1994).

Su gran desventaja es que al usar corrientes bajas para su activación la respuesta del inyector es más lenta proporcionando menor rango dinámico de control y menor precisión, no es recomendable intercambiar inyectores sin saber bajo qué sistema de control opera la unidad de control; ya que inyectores con baja resistencia en un sistema de control saturado puede causar sobrecalentamiento de los componentes por el amperaje adicional que necesitan para su funcionamiento; además que se pueden presentar fallas de inestabilidad del motor ya que el cierre y apertura del inyector no se pueden controlar con precisión (Norbye, 1994).

Es posible usar inyectores con alta resistencia en un sistema que cuente con control por pico y retención, ya que sus amperajes para funcionamiento están en los rangos del sistema y no sobrepasan los límites del integrado (Norbye, 1994).

Figura 29.

Control de baja impedancia; con respecto a alta impedancia.



Nota. El inyector de baja impedancia al tener menos resistencia es más rápido (Norbye, 1994).

Metodología

Este trabajo es de enfoque cuantitativo ya que mide y estima las magnitudes: en el pulso de inyección, en los bobinados primarios y secundarios y en los elementos pasivos y activos de la electrónica automotriz. El alcance de la investigación es de carácter correlacional por sus características de funcionamiento de la ECU en el módulo didáctico, siendo las mismas presentes en un vehículo convencional, realizando el proceso de dosificación de combustible y control del sistema de ignición

Inyección.

La inyección a usar proviene de un Nissan B14 1996 que usa un motor 1.6 litros llamado por Nissan GA16DE como se aprecia en la figura 30; tiene doble árbol de levas y con esta inyección produce 115 Hp de potencia al volante de inercia a 6400 RPM y 150 Nm de torque a las 4400 RPM al volante de inercia; posee levas más agresivas y control variable de tiempo en el árbol de admisión a diferencia de su hermano el GA16DNE (Ponce, 2020).

Toda la inyección proviene de un mismo vehículo; desde la ECU, el arnés, el distribuidor, cables de bujía, inyectores y riel de inyectores; todo importado desde Costa Rica; los demás componentes del módulo didáctico se compraron en Ecuador.

La inyección se comenzó a implementar desde 1990 en su tercera generación de Nissan Sentra; como inyección MULTIPORT que quiere decir que se usa un inyector por cilindro, Nissan para esta generación tiene dos tipos de inyección; una inyección simultánea que se usa solo al momento del arranque quiere decir que se accionan los cuatro inyectores al mismo tiempo para el encendido del motor y luego al estar encendido el motor usaba una inyección secuencial que es activada por la señal de referencia que llega a la unidad de control; la ECU activa los inyectores en un orden específico; para un motor de cuatro cilindros sería el orden de encendido 1-3-4-2 (Ponce, 2020).

Figura 30.

Motor GA16DE.



Nota. Motor de dieciséis válvulas y con inyección electrónica; esta versión de motor es totalmente japonés y cuenta con una válvula VTC – Variable Timing Control (Ponce, 2020).

Unidad de control electrónico ECU.

La ECU (Unidad Computarizada Electrónica) a usar en el módulo como se aprecia en la figura 31 y 32; cuenta con 118 conexiones, de los cuales se van a usar únicamente y exclusivamente los necesarios para lograr el funcionamiento de los inyectores y la bobina para lograr la visualización de la chispa de encendido o arco voltaico e inyección de gasolina.

Fue necesario revisar cada una de las conexiones eléctricas en el arnés como se aprecia en la figura 33 y 34 con el fin de lograr un buen funcionamiento y armar las conexiones eléctricas necesarias evitando cualquier cortocircuito o daño en la unidad de control; se buscó las líneas de alimentación de voltaje como batería directa, ignición y alimentación relé principal ECCS o Engine Concentrated Control System; este último provee voltaje a los principales sensores que necesitan voltaje superior a los 5 voltios.

Figura 31.

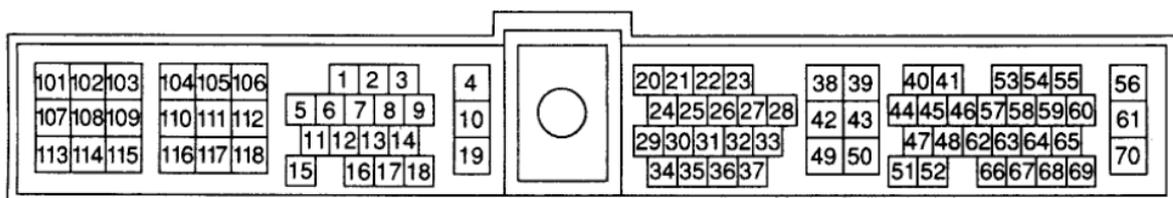
Computadora de fábrica Nissan Sentra usada en el módulo didáctico.



Nota. Computadora de fábrica de la marca Nissan; para el vehículo Nissan Sentra B14 (Ponce, 2020).

Figura 32.

PinOut ECU Nissan Sentra B14.



Nota. Parte posterior de la ECU del módulo didáctico; con la numeración de cada pin (Repaircenter TechAdvisor Home, 2023).

Figura 33.

Identificación de pines de la ECU.



Figura 34.

Identificación de pines ECU.



Obteniendo todos los diagramas eléctricos necesarios y descripción de cada cable en función de voltaje y conexión mediante la plataforma Mitchell. COM se identificaron todas las líneas del arnés, como se aprecia en las figuras 36, 37, 38, 39 y 40 y en los anexos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7; se puede localizar todos los cables mediante el color y voltajes; para poder realizar una primera prueba de todo el sistema y verificar su funcionamiento; mediante la identificación del color

de cada cable y su continuidad al conector de la unidad de control, se identificaron todas las líneas del arnés; sus alimentaciones de voltaje correspondientes y masas. Esta primera prueba como se aprecia en la figura 35 fue necesaria antes de continuar con el armado del módulo didáctico; ya que todos estos componentes se importaron desde Costa Rica y era necesario realizar una prueba en caso de necesitar comprar algún otro componente en Ecuador.

Figura 35.

Primera prueba de la inyección electrónica.



Nota. Primera prueba de la electrónica de inyección Nissan GA16DE, durante el proceso de construcción la cámara del celular está dañada por eso algunas fotos con desenfoque.

Ensamblaje.

Luego de verificar la integridad de los principales componentes electrónicos en una primera prueba de funcionamiento; se procede a ensamblar el módulo didáctico mediante el uso de una pizarra móvil como se aprecia en la figura 36 como base del módulo didáctico; al saber que la integridad de la inyección es correcta solo se necesita ordenar los componentes y colocarlos en la pizarra de tal forma que se asimile como si se estuviera trabajando en un vehículo. Además de realizar las conexiones eléctricas necesarias y protecciones en caso de alguna mala praxis que genere algún cortocircuito; como se aprecia en la figura 37 se utilizó una caja de fusibles universal con disponibilidad de 12 fusibles de los cuales solo se usaron los cinco primeros; del lado derecho de la pizarra se designó el espacio para la ECU, la caja de fusibles, el llavín, el relé de gasolina, el relé del electroventilador y el pedal que simula el acelerador.

Figura 36.

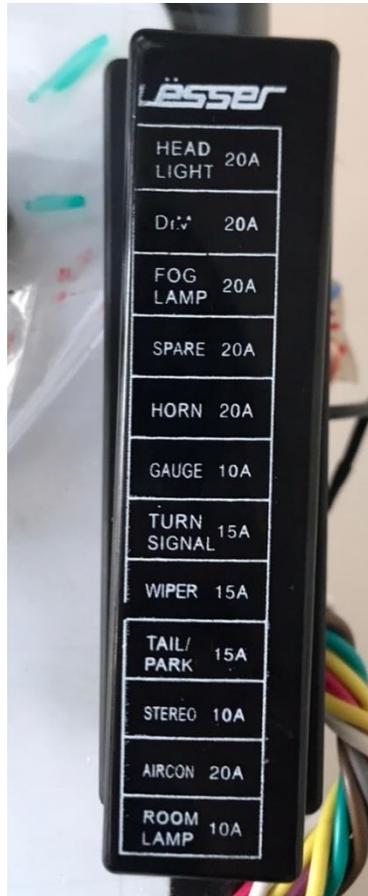
Pizarra para módulo didáctico.



Nota. La mayoría de fotografías parecen estar movidas y es porque al momento que se realizó la tesis la cámara del celular está defectuosa.

Figura 37.

Caja de Fusibles.



Nota. ADVERTENCIA ninguno de los nombres que salen en la tapa de caja de fusibles corresponde a lo que realmente es ni el tipo de fusible, la tapa es decorativa.

Para continuar el ensamble eran necesarias unas platinas de hierro como se aprecia en la figura 38, para sujetar el riel de inyectores con los inyectores a la pizarra se necesitaron 2 platinas de 140 mm de largo dobladas en forma de 'L' por 11 mm de ancho con 2 perforaciones para sujeción a la pizarra y una perforación para sujeción del riel de inyectores.

Figura 38.

Platina sujeción riel de inyectores a la pizarra.



Nota. En todas las platinas de hierro para sujeción de piezas se utilizó el mismo tipo de perno de hierro de 1/4" x 1 1/2" con su tuerca correspondiente; con arandela de 19 mm por ambos lados.

Luego de colocar el riel de inyectores como se aprecia en la figura 39; se colocó la unidad de control electrónico fijándose al lado derecho de la pizarra; como se ve en la figura 40; en la estructura metálica con tornillos autorroscantes de 12 mm de largo y arandela de 16 mm. Al tener la ECU fija a la pizarra y los inyectores también era posible dejar el arnés sobre la pizarra de tal forma de realizar dibujos de guía para visualizar dónde colocar los demás componentes de manera que quedarán ordenados de la mitad de la pizarra hacia la izquierda y la otra mitad

libre para explicación las señales de los sensores o en un futuro colocar más componentes y realizar cambios si así lo desean.

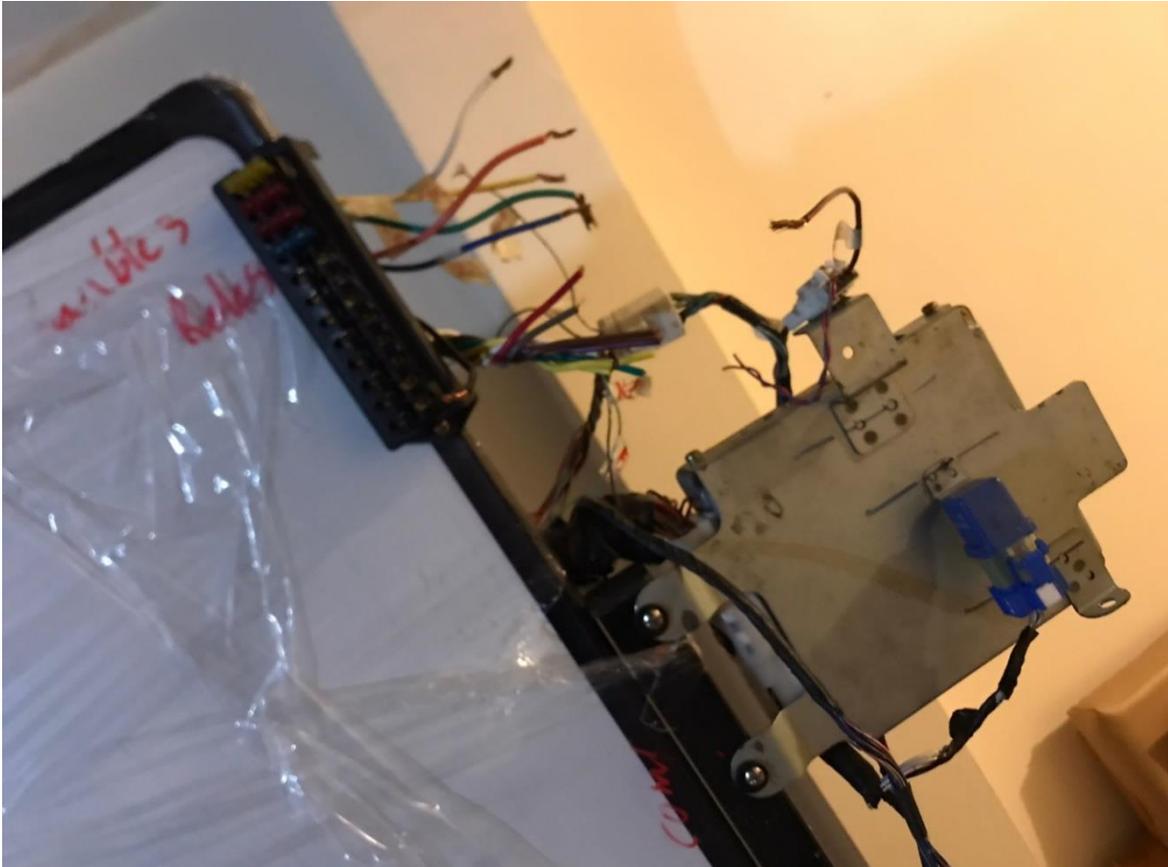
Figura 39.

Riel de inyectores.



Figura 40.

Unidad de control electrónico ECU en el módulo didáctico.



Como se aprecia en la figura 41 y la figura 42; se diseñó dónde estarían todos los componentes y ver donde sería la entrega de combustible de los inyectores; para poder señalar dónde estarían colocados el depósito donde cae el combustible inyectado simulando la cámara de combustión; las bujías en dirección a donde cae el combustible para ver la chispa de encendido por cada inyección y el distribuidor que contiene el sensor óptico, bobina y rotor.

Marcando la posición donde iría el distribuidor se puede marcar en la pizarra donde se puede colocar el motor eléctrico de corriente alterna (A/C), como se aprecia en la figura 43;

que movería el distribuidor; simulando el movimiento que tendría el mismo al estar engranado al árbol de levas del motor.

El motor GA16DE al entrar en movimiento mediante el motor de arranque y que está sincronizado desde el cigüeñal hasta el árbol de levas que está en el cabezote mediante una cadena de distribución; al moverse el árbol de levas mueve el rotor del distribuidor; este movimiento es el que detecta el sensor óptico y genera la señal que la computadora recibe para activar toda la electrónica que daría como resultado un motor encendido; que es lo que se busca simular con el módulo didáctico.

Figura 41.

Guía para colocar componentes.

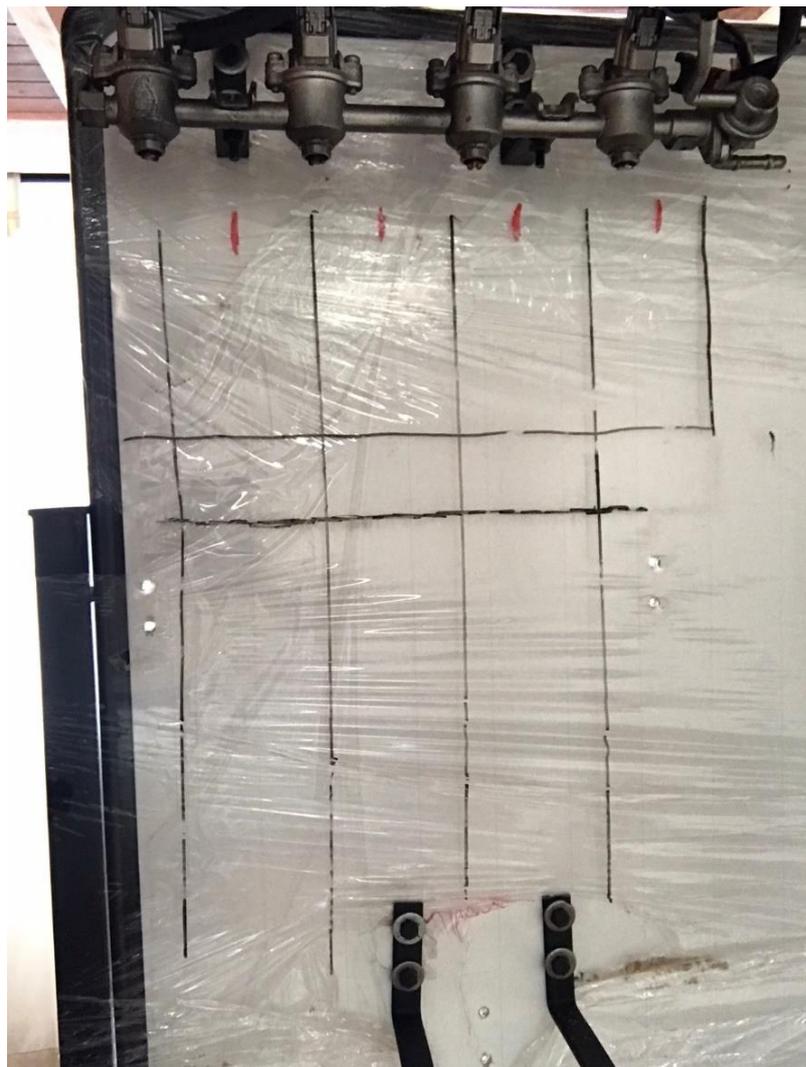


Figura 42.

Prediseño del ensamblaje final.

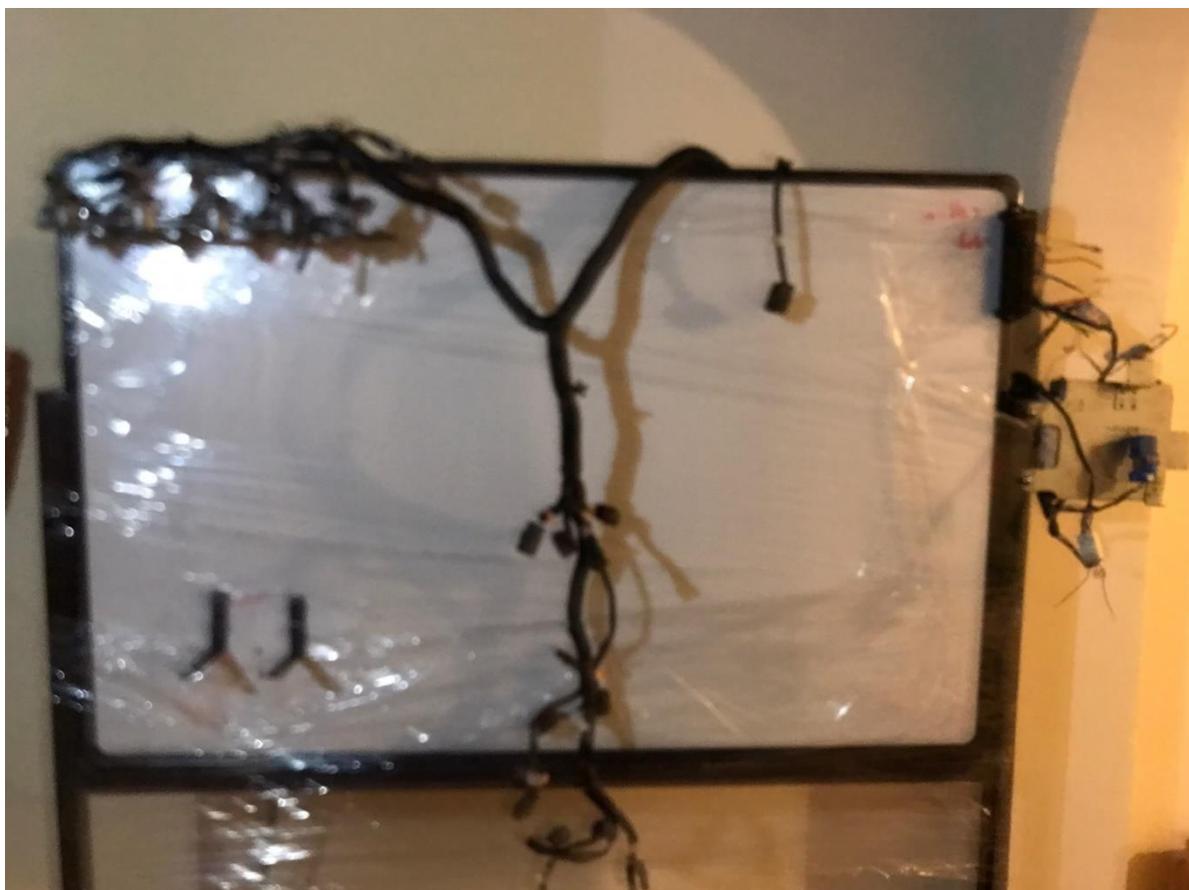
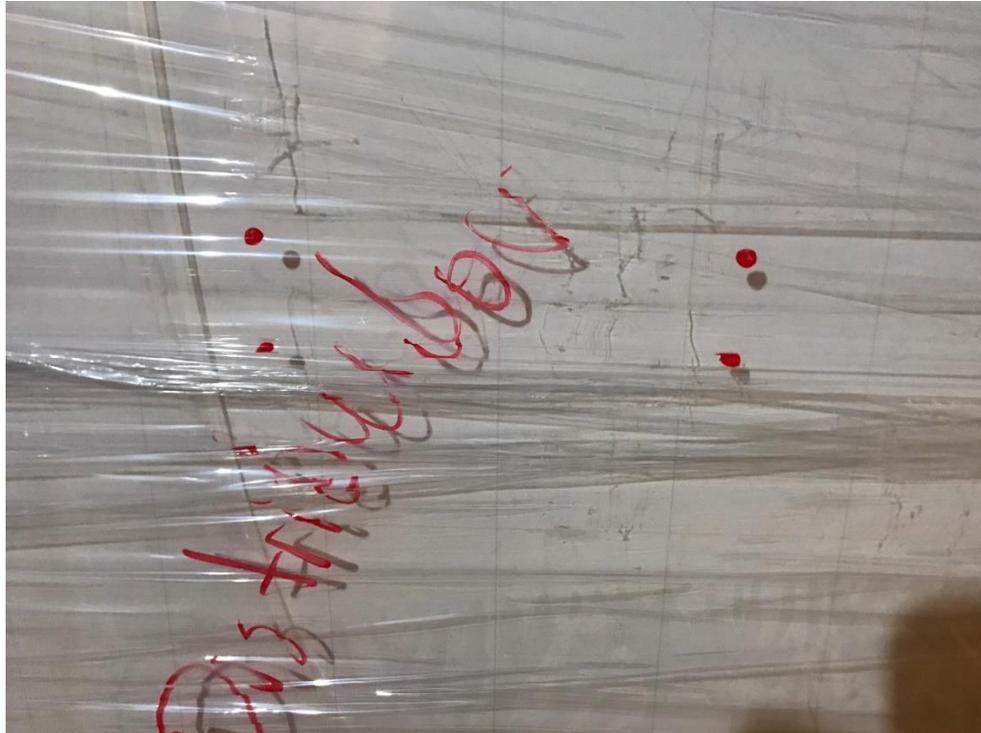


Figura 43.

Marca para perforaciones platinas distribuidor.



Nota. Todas las perforaciones se hicieron con la ayuda del cuadrículado que cuenta la pizarra para más exactitud.

Con las marcas en la pizarra se terminaron las platinas de sujeción para las bujías y el distribuidor; las platinas de sujeción para las bujías son 3; como se aprecia en la figura 44 son iguales a las de sujeción de los inyectores con la excepción que entre ambas platinas hay una rectangular de 340 mm por 38 mm de ancho unidas con remaches; en esta platina rectangular se hicieron 4 perforaciones alineadas en dirección a las líneas de la figura 41 para colocar las bujías en esa posición, como se aprecia en la figura 45; de tal forma que la inyección quede alineada con las bujías para fines didácticos.

Figura 44.

Platinas para sujeción de las bujías.



Figura 45.

Bujías.



Para la sujeción del distribuidor se usaron dos platinas como se aprecia en la figura 47; de 111 mm por 11 mm de ancho con 3 perforaciones; dos perforaciones para sujeción a la pizarra y la tercera para fijar el distribuidor; la tercera perforación tiene forma de “ojo chino” para poder manipular la posición final del distribuidor y poder darle ajuste a la faja de distribución que conecta el rotor del distribuidor con el motor A/C.

Para el módulo didáctico se usaron las bujías correspondientes que usa el motor Nissan GA16DE como se muestra en el anexo 11; que en su versión NGK corresponde a las BKR5E-11 como se aprecia en la figura 46.

Figura 46.

Bujías NGK BKR5E-11.



Nota. Estas bujías tienen un grado térmico de 5; lo que indica una bujía del tipo caliente.

Figura 47.

Platinas para sujeción del distribuidor.



Nota. Solo para la sujeción del distribuidor a la platina, se usaron arandelas de presión; ya que puede haber vibraciones que ocasionen que se aflojen las tuercas.

Luego de tener colocado el distribuidor como se aprecia en la figura 48; se procede a colocar en posición el motor A/C como se aprecia en la figura 49; para la sujeción de este motor se hacen 4 perforaciones en la pizarra con el fin de tener disponibilidad de movimiento en caso de tener que reemplazar la faja de distribución y que sea más corta o más larga; como se aprecia

en la figura 50 la faja de distribución es de máquina de coser; tanto el motor como el pedal es de una máquina de coser ya que puede girar hasta 6000 rpm lo cual es beneficioso para fines didácticos y simular la misma velocidad de giro de un motor.

Figura 48.

Distribuidor.



Figura 49.

Motor A/C.



Figura 50.

Faja de distribución entre el motor A/C y el rotor del distribuidor.



El motor A/C es de la marca ORIENT; como se aprecia en la figura 51; funciona a 110 voltios y puede girar hasta las 6000 Rpm; como se mencionó anteriormente es un motor de máquina de coser; su limitación es que no está diseñado para trabajar constantemente por más de una hora así que puede calentarse tanto el motor como el pedal regulador del mismo; se procede a colocar el pedal regulador del lado derecho inferior de la pizarra como se aprecia en las figuras 52 y 53.

Figura 51.

Motor A/C ORIENT.



Figura 52.

Colocación del pedal regulador.



Figura 53.

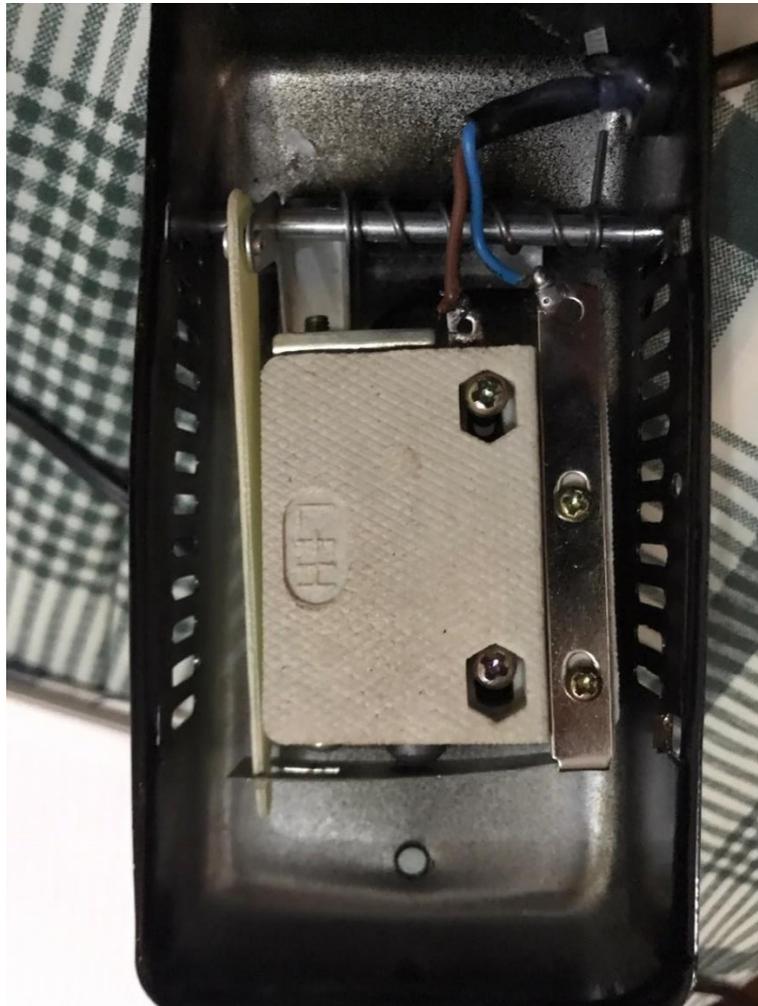
Pedal regulador.



El pedal regulador al ser de máquina tiene un ajuste internamente como se aprecia en la figura 54 puede ser necesario ajustarlo más adelante si se pierde sensibilidad en el pedal doblando y acercando lo más posible una lámina que hace contacto con una esfera, al hacer contacto es cuando pasa la corriente y cuando se presiona a fondo pasa corriente por la esfera y por el tornillo que está al lado de la esfera como se aprecia en la figura 55.

Figura 54.

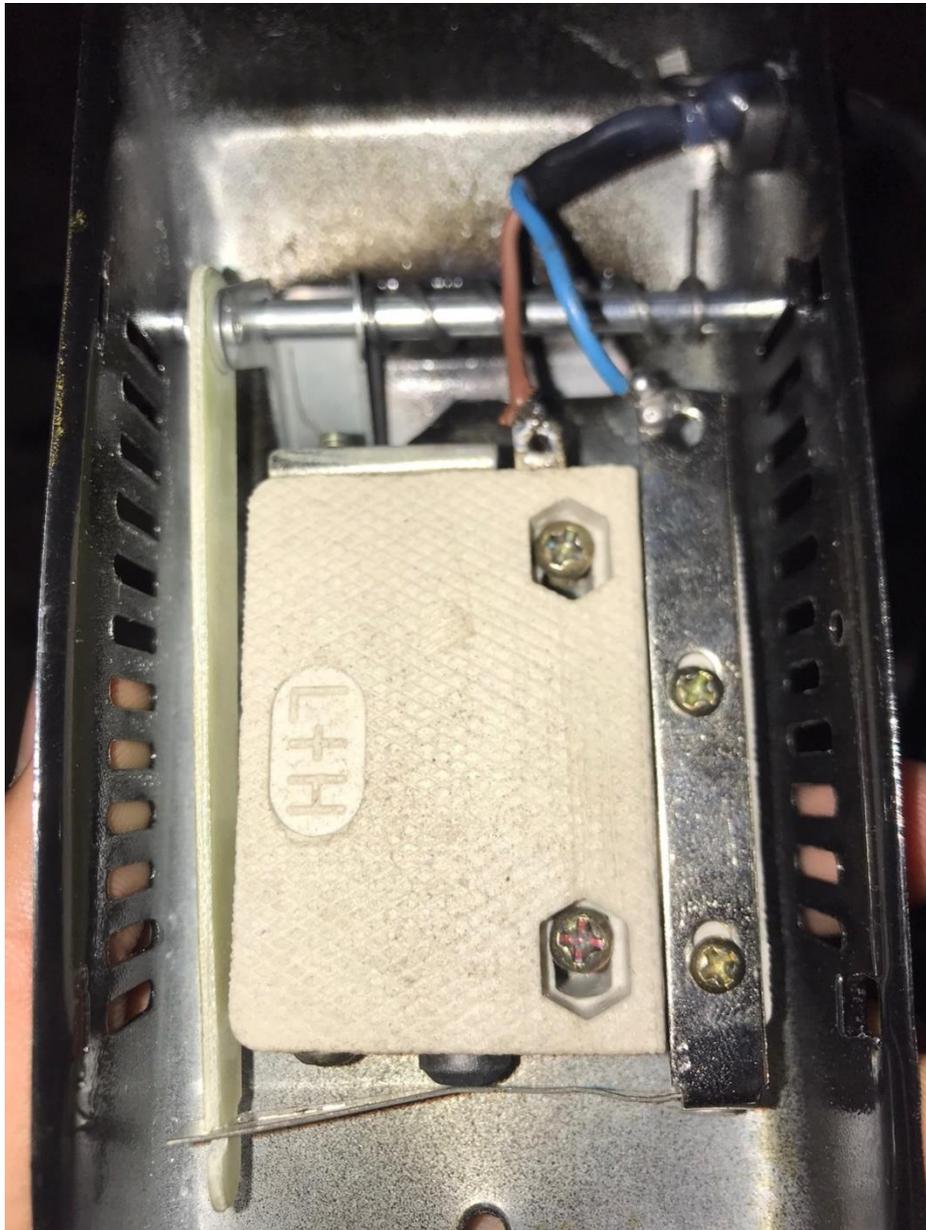
Lámina interna del pedal.



Nota. Al hacer presión sobre el pedal la lámina se mueve y hace presión sobre la esfera y el motor acelera. Si la lámina toca al tornillo de la esquina el motor acelera hasta las 6000 RPM.

Figura 55.

Ajuste final de lámina.



Nota. En caso de presentar problemas y no haber movimiento en el motor A/C, revisar el estado de los cables café y celeste; ya que por el calor generado del uso podrían desprenderse, el ajuste de la lámina es que siempre toque primero la esfera y en posición de máximo recorrido del pedal toque el tornillo que está al lado de la esfera; tal como se aprecia en la figura.

Se continúa colocando el depósito donde es inyectado el combustible proveniente de los inyectores; como se aprecia en la figura 56; este depósito es de 370 mm de largo; con una altura de 130 mm y de ancho 155 mm; debe tener una pequeña inclinación hacia el lado izquierdo para que cuando tenga líquido en su interior descienda por gravedad al depósito principal como se aprecia en la figura 57.

Figura 56.

Depósito de los inyectores.

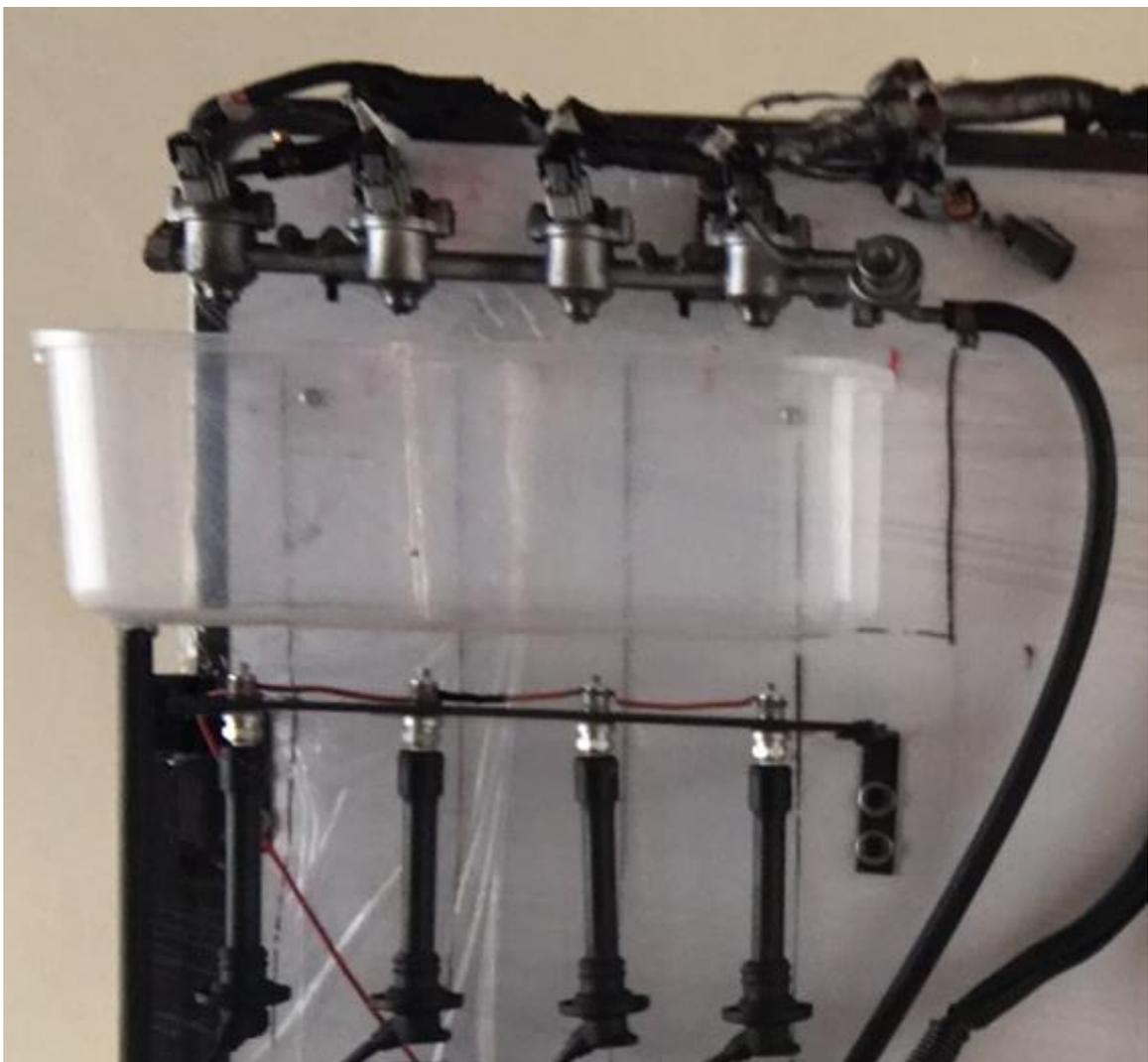


Figura 57.

Retorno hacia el depósito principal.



Para todo el sistema de alimentación de combustible y del retorno del mismo hacia el depósito principal como se aprecia en la figura 58; se usaron mangueras de uso automotriz como se aprecia en la figura 59 capaces de soportar hasta 200 PSI, en sistemas de inyección electrónica se usan bombas de gasolina que mantienen presiones de 30 PSI a 40 PSI; como se aprecia en la figura 60 se usa una bomba de gasolina universal para vehículo con inyección electrónica.

Figura 58.

Depósito principal combustible.



Nota. Al depósito principal llegan 3 mangueras, una es la línea principal de suministro conectada a la bomba de gasolina, la segunda es el retorno desde el riel de los inyectores y la última es el retorno de combustible desde el depósito de los inyectores. La base para el depósito principal proviene de las tapas del depósito de los inyectores; para evitar costes solo se colocaron ambas tapas una sobre otra atornilladas a la estructura metálica de la pizarra.

Figura 59.

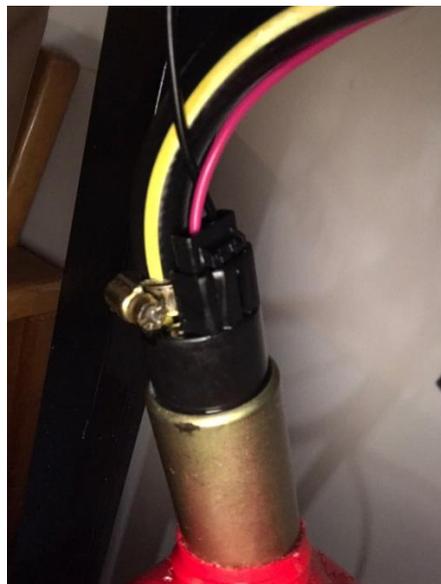
Mangueras para el combustible.



Nota. Manguera de uso automotriz para 200 PSI.

Figura 60.

Bomba de gasolina.



Nota. La conexión eléctrica de la bomba de gasolina se muestra en el anexo 1 y 4; al conector de la bomba llegan dos cables; el rojo es alimentación 12 voltios proveniente del relé de la bomba de gasolina y el negro es masa.

El módulo didáctico puede usar cualquier tipo de gasolina pero a la vez se puede usar agua mezclada con aceite “Tres en uno” y con lubricador “WD-40”; como especie de combustible alternativo ya que para fines didácticos no necesitamos encender un motor si no la operación eléctrica del sistema; de esta manera evitamos tener que comprar combustible para el uso del módulo didáctico, el agua mezclada con este tipo de aceite como se aprecia en la figura 61 evita que se oxiden los componentes o se dañen la bomba de combustible o los inyectores.

Figura 61.

Aceite “tres en uno”.



Nota. Se recomienda que para el uso del módulo didáctico; el depósito principal es de un galón, llenarlo de agua hasta sobrepasar la bomba de combustible; agregar 3 recipientes pequeños de aceite “3 en uno”.

El módulo didáctico ya va tomando forma y se puede apreciar en la figura 62 como van localizados los componentes en relación a los dibujos guía del comienzo.

Figura 62.

Módulo didáctico.



El arnés se termina de acomodar usando unas prensas y un tornillo autorroscante; como se aprecia en la figura 63 y 64; se da un espacio entre cada conector para que en un futuro puedan

instalar el sensor faltante para cada conector; es necesario aclarar que no todos los sensores se necesitaron para lograr hacer funcionar los inyectores y la bobina; por ejemplo no se están usando los dos sensores de oxígeno; el primero que es el que envía la señal de mezcla rica o pobre después de la combustión y el segundo sensor de oxígeno que verifica el funcionamiento correcto del catalizador.

Figura 63.

Posición final del arnés.



Figura 64.

Prensas para el arnés.



Para simular la función del electroventilador como cualquier vehículo convencional; se usó el diagrama eléctrico descrito en el anexo 1 y 7; como se aprecia en la figura 67; usando como electroventilador un motor convencional D/C para proyectos de arduino con una hélice de abanico conectado al relé del electroventilador; que es el segundo de arriba hacia abajo al costado derecho de la estructura metálica de la pizarra como se aprecia en la figura 68.

Primero se dibujó en la pizarra donde podría ir el electroventilador como se aprecia en la figura 65; luego se perforó como se aprecia en la figura 66 en la pizarra a un diámetro de 28 mm para poder ingresar el motor D/C que tiene un diámetro de 27 mm; para asegurar la carcasa del motor D/C a la pizarra se ingresó el motor al orificio con silicón en caliente.

Figura 65.

Guía para el orificio del electroventilador.



Figura 66.

Posición del electroventilador.



Figura 67.

Electroventilador.



Figura 68.

Relés del módulo didáctico.



Nota. De arriba hacia abajo; el relé azul es el relé principal de la unidad de control llamado como ECCS; el cual provee de voltaje a la unidad de control, al sensor de flujo de aire y al sensor óptico. El segundo relé de en medio es el que suministra de voltaje la bomba de gasolina y el último relé suministra de voltaje al electroventilador. Los diagramas eléctricos se muestran en los anexos 1, 2, 3, 4, 5.

Conexiones de alimentación y masas del módulo didáctico.

Para alimentar cada uno de los circuitos principales de la unidad de control y relés; se asignaron cables provenientes de la caja de fusibles para cada conexión como se aprecia en la figura 70; asignando las dos principales alimentaciones para el sistema; un cable de color amarillo el cual provee 12 voltios al cable de colores negro con rojo como se aprecia en la figura 69 el cual provee de voltaje a la unidad de control por el pin 38 como se aprecia en el anexo 19, a los inyectores y a la bobina como se aprecia en los anexos 1, 2, 3, 4;

Esta alimentación no es la señal de arranque como lo sería la ignición por el pin 20 como se aprecia en el anexo 18; si no a la alimentación principal del sistema; esta conexión esta relaciona al primer fusible como se aprecia en la figura 71; fusible número 1 de arriba hacia abajo de color amarillo para soportar 20 amperios como máximo.

Figura 69.

Conexión "Ignition Switch".



Figura 70.

Designación de cables.



Nota. Cable amarillo 12 voltios “Ignition Switch”, cable blanco 12 voltios “Start Signal”; no se recomienda que se deje llevar por las etiquetas en “tape”; asegúrese de las conexiones revisando el diagrama eléctrico en los anexos.

Figura 71.

Fusibles del módulo didáctico.

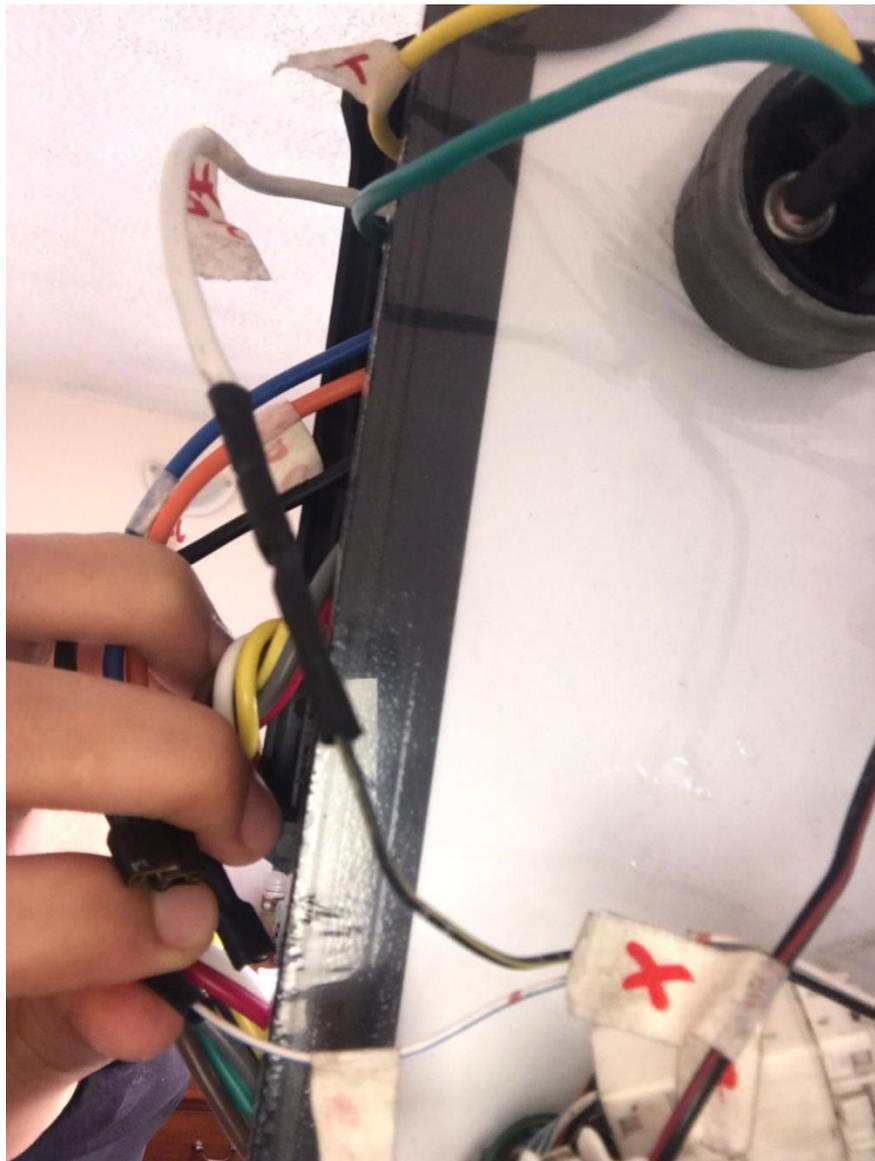


Nota. De arriba hacia abajo, fusible 1 20 amperios conectado a cable amarillo “Ignition Switch”; fusible 2 10 amperios conectado a cable blanco “Start Signal”; fusible 3 10 amperios conectado a cable azul relé ECCS; fusible 4 15 amperios conectado a cable naranja relé bomba gasolina y fusible 5 10 amperios conectado a cable negro relé electroventilador.

El cable blanco como se aprecia en la figura 72 está relacionado al fusible 2; conectado al arnés con el cable negro con amarillo que llega a la unidad de control por el pin 20; se llama como señal de ignición.

Figura 72.

Conexión "Start Signal".

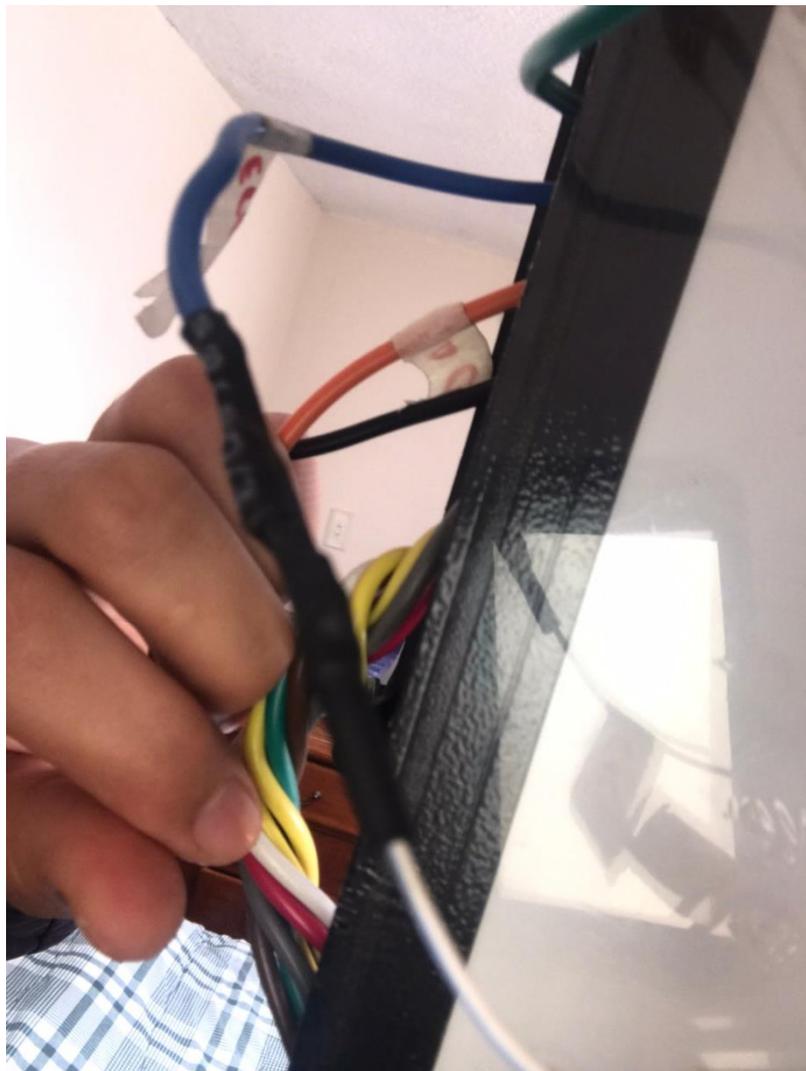


Nota. Cada conexión de alimentación está conectada al arnés de la ECU por medio de pines machos y hembras, con el fin didáctico de causar fallas o realizar exámenes a los estudiantes.

El cable azul relacionado al fusible 3 está conectado al cable blanco con azul como se aprecia en la figura 73; es la alimentación del relé ECCS; la unidad de control por el pin número 4 cable de color blanco con verde como se aprecia en el anexo 17; da la masa al bobinado del relé y lo activa.

Figura 73.

Conexión relé ECCS.

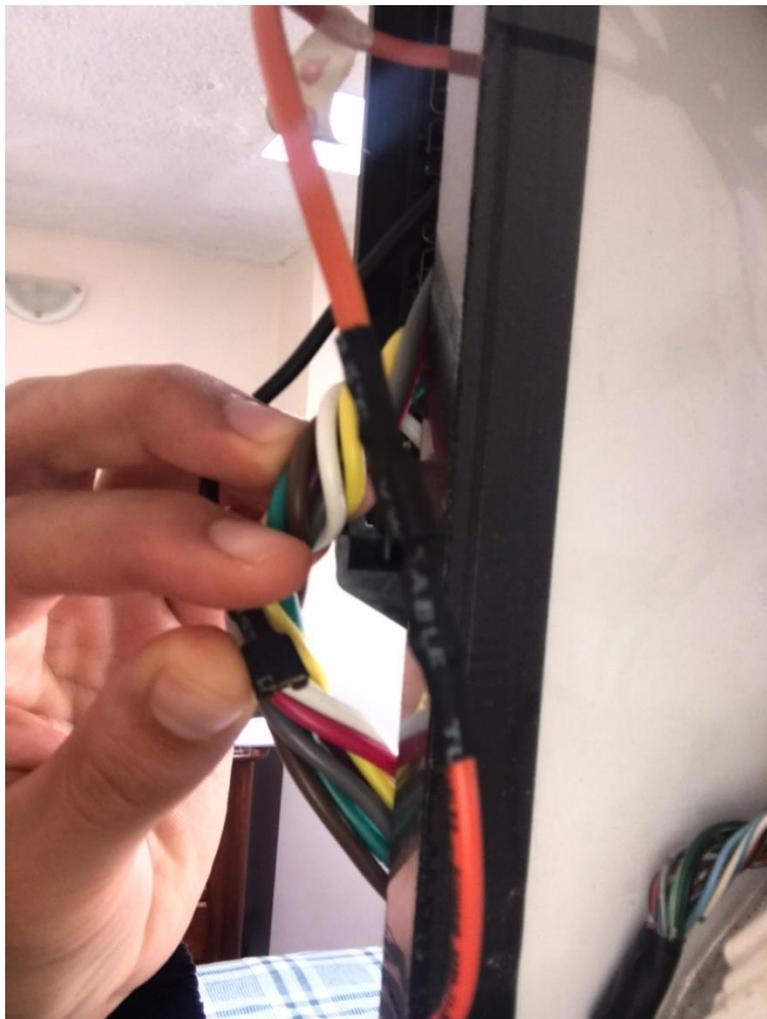


Nota. Las alimentaciones que usen fusibles de 10 amperios se pueden cambiar de conexión entre ellos, excepto la alimentación principal que usa el fusible de 20 amperios.

La alimentación del relé de la bomba de gasolina está relacionado al fusible número 4 de 15 amperios; el cual se conecta como se aprecia en la figura 74 al cable de color naranja a cable de color naranja que va al bobinado del relé de la bomba de combustible; la masa la provee la ECU por medio del cable negro con rosado que sale del pin 8 del conector de la computadora.

Figura 74.

Conexión relé bomba de combustible.

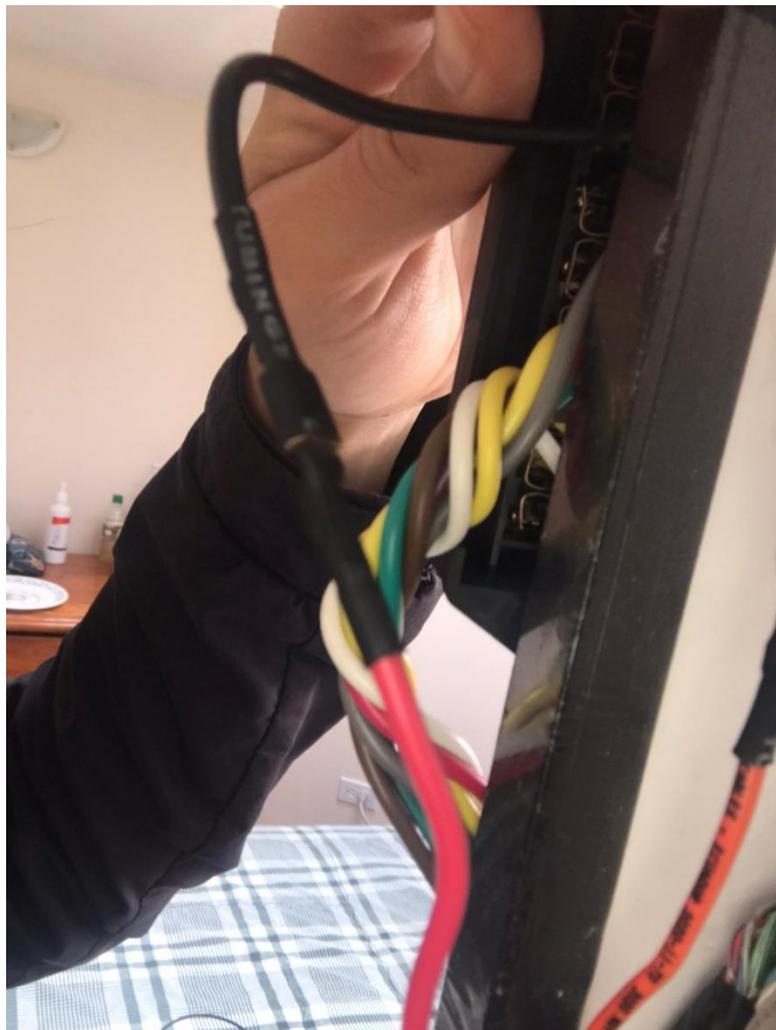


Nota. Como lo indica el anexo 8 la activación en ignición del relé de combustible dura 5 segundos; luego se apaga y vuelve a prender exclusivamente cuando hay movimiento del cigüeñal por medio de la señal del sensor óptico.

El cable de color negro como se aprecia en la figura 75; está relacionado al fusible número 5; está conectado al cable de color rojo que viene del relé del electroventilador y la masa que activa el bobinado de este relé proviene de la ECU del cable color verde claro con rojo que proviene del pin 14 como se aprecia en el anexo 17.

Figura 75.

Conexión relé electroventilador.

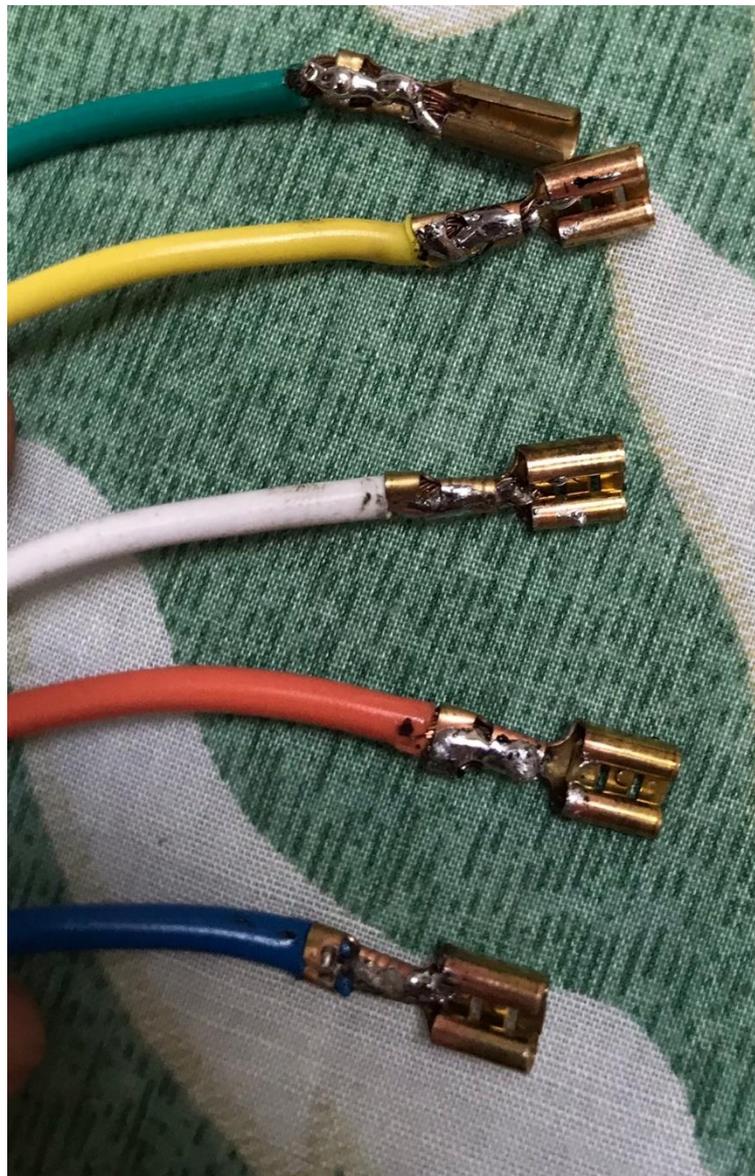


Nota. Para que el electroventilador funcione debe haber dos condiciones; giro en el cigüeñal ósea señal CMP y señal del sensor de temperatura con un voltaje aproximadamente de 1 voltio; que la unidad de control lo relacionaría a una temperatura de 85 grados Celsius aproximadamente.

Todas las conexiones eléctricas que se realizaron entre los cables y los pines machos y hembras; se realizaron con soldadura de estaño para garantizar funcionamiento como se aprecia en las figuras 76 y 77; además se cubrieron con termo fundente de 10 mm para evitar cortocircuitos y dar seguridad como se aprecia en la figura 78.

Figura 76.

Soldaduras en pines hembras.



Nota. Se aplicó estaño para todas las conexiones que se hicieron.

Figura 77.

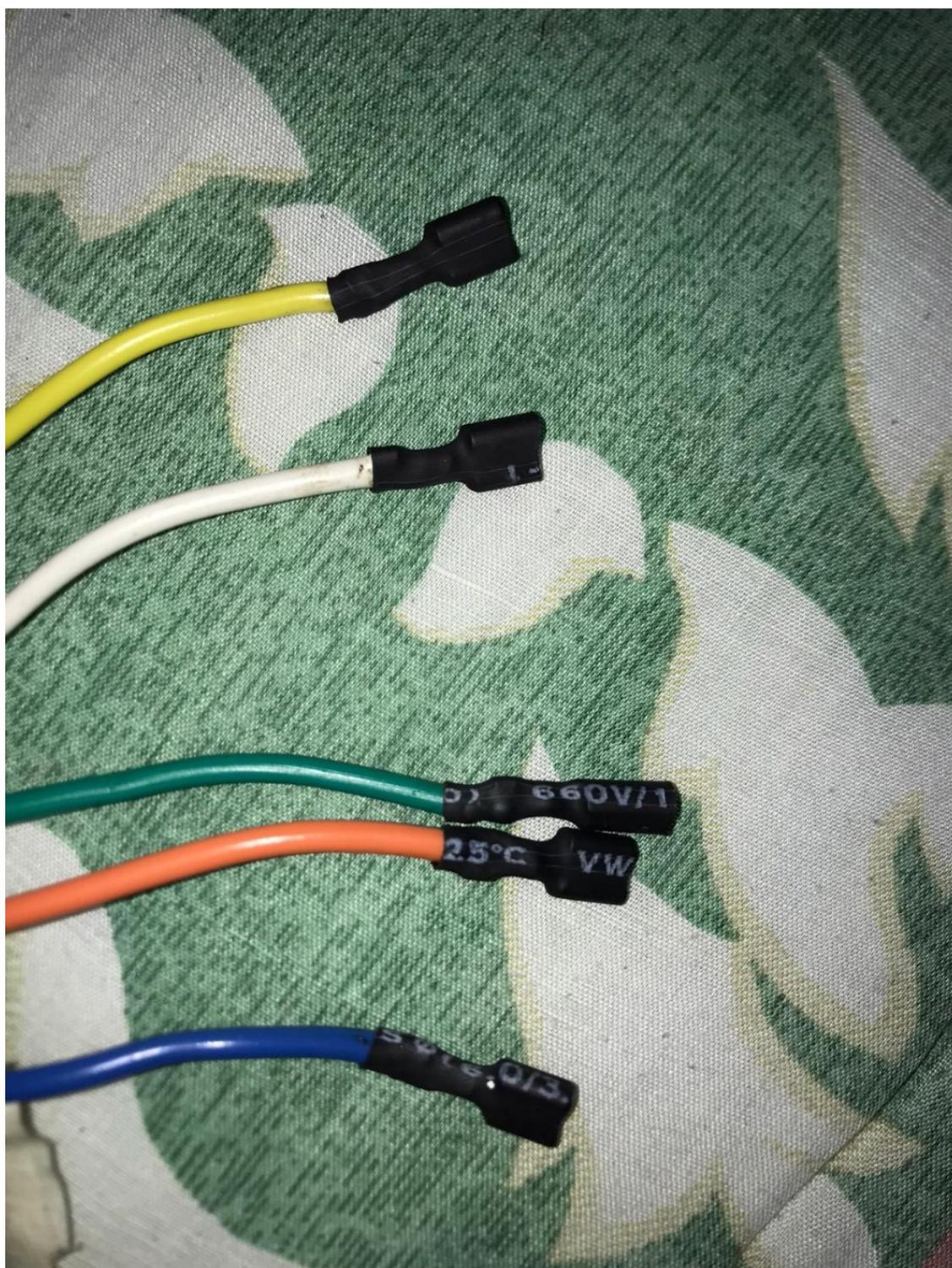
Soldaduras en pines machos.



Nota. Todos los pines machos tienen soldadura de estaño.

Figura 78.

Aplicación termo fundente.



Nota. El termo fundente soporta la temperatura de 125 grados Celsius provocada por el paso de hasta 660 voltios.

De las fuente de poder salen 3 cables; dos cables para masa común del sistema y uno para alimentación de voltaje principal; este último primero llega a un fusible como se aprecia en la figura 79; de 30 amperios de corriente máxima el cual es el fusible principal; retirando este fusible o que tenga algún daño no habrá corriente en el sistema eléctrico; este fusible se encuentra en un portafusibles universal con una base cerámica para evitar exceso de temperatura causada por el paso de corriente.

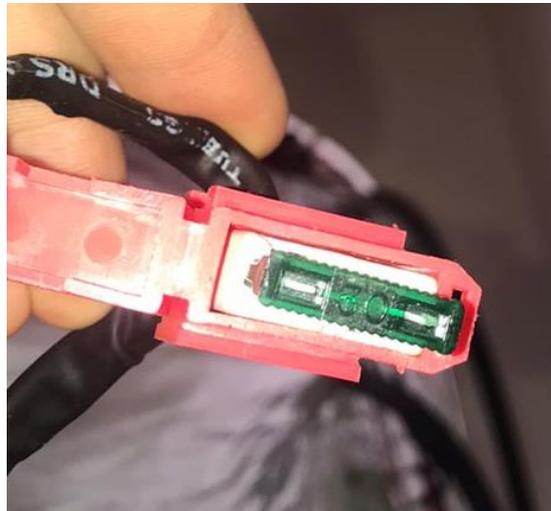
Luego del fusible principal el cable de voltaje para el sistema sigue hacía el llavín; el diagrama eléctrico del llavín se muestra en el anexo 4; como se aprecia en la figura 80 el llavín tiene 4 conexiones por la parte posterior; su función es dar paso de voltaje como un interruptor entre estas 4 conexiones; “BAT” es la conexión directa a batería en este caso sería el cable que proviene del fusible principal; “IGN” es la conexión entre el llavín y la caja de fusibles; hay paso de voltaje entre “BAT” e “IGN” al girar la llave a la derecha en la primera posición; esta sería la única posición del llavín para energizar el sistema; en este instante se debería activar la bomba de combustible como primera señal.

A partir que el sistema tenga voltaje solo faltaría simular el movimiento del motor al tener giro por parte del motor de arranque y eso sería presionando el pedal del motor A/C de máquina de coser. Como se aprecia en la figura 81 la conexión que debería tener el llavín serían dos cables nada más; uno en “BAT” proveniente del fusible principal y el otro en “IGN” que proviene de la caja de fusibles y es el que da voltaje a todos los fusibles.

El llavín tiene también conexión para accesorios “AC” en la primera posición a la izquierda; la cual no se usa; la posición “OFF” en este llavín sería al tener la llave en vertical como se aprecia en la figura 82 y la segunda posición final hacia la derecha sería para activar el motor de arranque como comúnmente está en un vehículo; en este caso no se usa.

Figura 79.

Fusible principal.



Nota. Este fusible de protección se puede retirar para causar la falla de falta de voltaje en el sistema teniendo la fuente de poder encendida, el estudiante deberá buscar cual es el problema con multímetro y dar una explicación.

Figura 80.

Llavín.



Nota. El docente puede intercambiar el cable verde que proviene de la caja de fusibles y que va conectado a "IGN" y conectarlo en "AC" para confundir al estudiante.

Figura 81.

Conexión en llavín.



Nota. El cable verde es la alimentación principal de la caja de fusibles; al girar la llave a la primera posición a la derecha hay paso de corriente entre el cable con termo fundente proveniente del fusible principal hacia el cable verde.

Figura 82.

Posiciones En llavín.



Nota. Con la llave en posición vertical estaría en “OFF”; hacia la izquierda esta “AC” de accesorios; la primera posición hacia la derecha es “IGN” de ignición que energiza el sistema y la última posición de la derecha es para activar el motor de arranque que no se necesita.

La conexión de tierras o masas de todo el sistema eléctrico previamente identificadas como lo muestran las figuras 36, 37, 38, 39 y 40 convergen en dos cables negros del arnés los cuales se encuentran atornillados en la parte trasera de la pizarra como se aprecia en la figura 83; en este punto están conectadas todas las masas del sistema, la masa del arnés de la unidad de control, la masa de la bomba de combustible y la masa del electroventilador.

Se colocó un interruptor como se muestra en la figura 84; en serie para una masa de la ECU que está en otro cable fuera del arnés principal identificado en los anexos 17 y 18 por los pines 10 y 19 del PinOut de la unidad de control; esta masa es para reforzar las masas de la unidad de control y evitar fallas.

Figura 83.

Conexión a tierra general del sistema.



Nota. ADVERTENCIA, no guiarse por colores para alimentaciones 12 voltios ni para las tierras del sistema; ya que para el ensamblaje se usó el mismo tipo de cable; para prácticas didácticas siempre revisar cableado con multímetro; punta lógica u osciloscopio y verificar con el diagrama eléctrico adjunto en los anexos.

Figura 84.

Interruptor masa de refuerzo ECU.

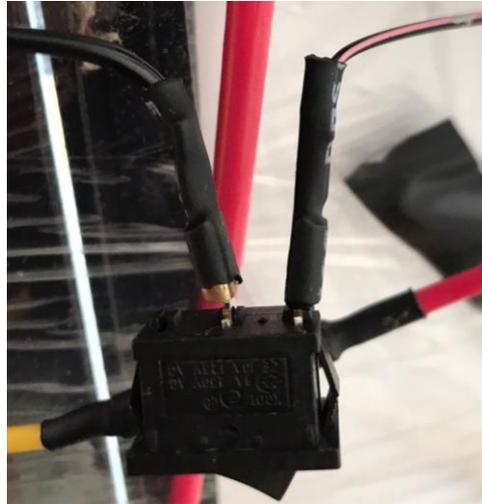


Nota. Los interruptores siempre estarán conectados en serie; cable negro proveniente de la unidad electrónica y que va hacia los pines 10 y 19 del PinOut; cable blanco hacia masa general del sistema.

Se conectaron también interruptores como se aprecian en las figuras 85 y 86 para quitar y poner continuidad en las masas que activan a los relés de bomba de combustible y electroventilador.

Figura 85.

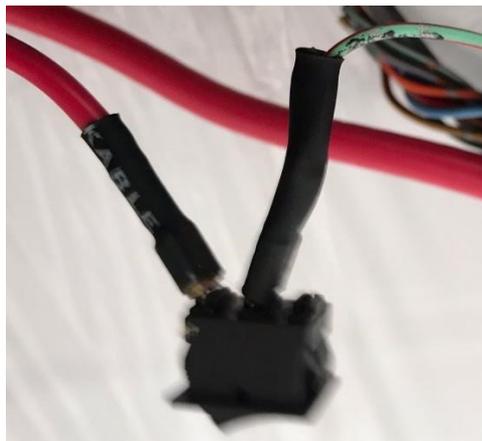
Interruptor masa relé bomba de combustible.



Nota. Del PinOut de la ECU por el pin 8 sale la masa que energiza el bobinado del relé de la bomba de combustible; es el cable negro con rosado como se muestra en los anexos 1 y 4; el cable negro va hacia el propio relé.

Figura 86.

Interruptor masa relé electroventilador.



Nota. Del PinOut de la ECU por el pin 14 sale la masa que energiza el bobinado del relé del electroventilador; es el cable verde claro con rojo como se muestra en los anexos 1 y 7; el cable rojo va hacia el propio relé.

Para el cableado general del sistema eléctrico como se muestra en la figura 87; se usó cable flexible TFF automotriz calibre 16 AWG que permite una carga eléctrica de 20 amperios; hay 3 colores diferentes en el módulo didáctico, rojo, naranja y blanco; se recomienda no guiarse por el color para cualquier conexión o prueba a realizar; siempre verificar con multímetro cada conexión. Para la masa general del sistema salen dos cables de la fuente de poder como se muestra en la figura 88, se usaron dos cables para permitir un flujo de corriente de hasta 40 amperios y como se muestra en la figura 89 la conexión a positivo es de un solo cable ya que se usó un cable calibre 8 AWG que permite una carga eléctrica de hasta 75 amperios.

Figura 87.

Tipo de cableado general.



Nota. El cableado de cobre tipo TFF es flexible con recubrimiento termoplástico resistente a la humedad.

Figura 88.

Conexión a masa en la fuente de poder.



Nota. El cableado se encuentra atornillado en dos de las 3 conexiones negativas que permite la fuente de poder y tiene un recubrimiento en estaño para reforzar.

Figura 89.

Conexión a positivo en la fuente de poder.



Nota. El cable a positivo está atornillado en 2 de las 3 conexiones positivas que permite la fuente de poder.

Fuente de voltaje.

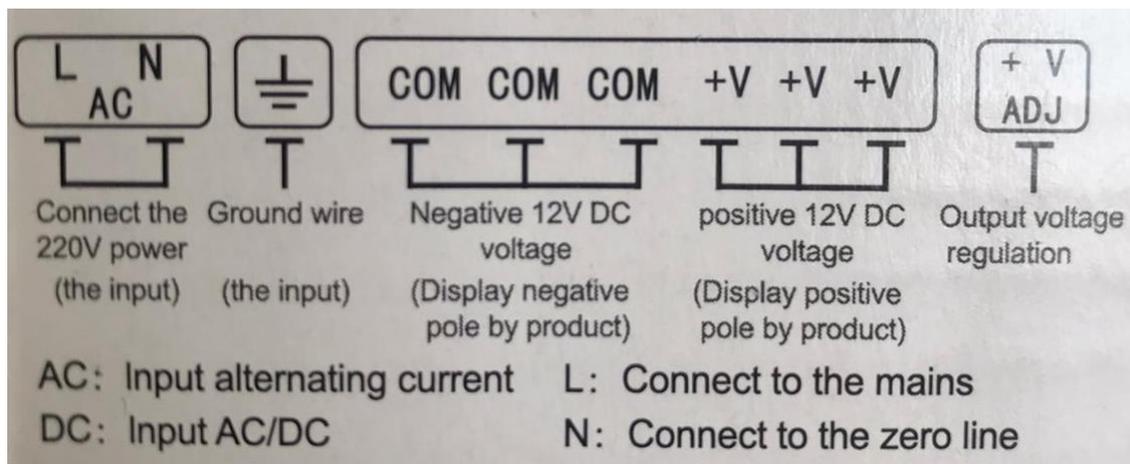
Se usó una fuente variable de voltaje universal que simula la batería del vehículo; capaz de suministrar desde 10 voltios a 15 voltios a corriente directa; con una entrega máxima de 30 amperios. Posee varias características por las cuales se decidió adquirir una fuente de este tipo; tiene protección en caso de cortocircuito, cuenta con ventilador para evitar sobrecalentamiento como se aprecia en la figura 92, protege en caso de exceso de corriente que sobrepase el límite de 30 amperios y protege en caso de exceso de voltaje cerrando el circuito de salida.

Tiene la ventaja de tener 3 salidas positivas y 3 salidas negativas como se aprecia en la figura 90; para su implementación se tuvo que adquirir cable para dispositivos de A/C; además

del conector para tomas de corriente universales 110/220 voltios como se aprecia en la figura 91.

Figura 90.

Diagrama conexiones fuente de voltaje.



Nota. La fuente de poder recibe corriente alterna 110/220 voltios y suministra en sus salidas corriente directa de 30 amperios a 10 voltios hasta 15 voltios. Al alimentarse de A/C los cables no tienen posición y pueden conectarse en "L" o "N".

Figura 91.

Conexión a 110/220 V.



Nota. Calibre AWG 14 capaz de suministrar hasta 48 A.

Figura 92.

Ventilador de la fuente de poder.



Nota. Conforme se disminuya el voltaje de la fuente a 10 voltios o se aumente el voltaje hasta 15 voltios; se escuchará que el ventilador disminuye o aumenta la velocidad en relación al voltaje de salida. ADVERTENCIA; si el ventilador no funciona reemplazar la fuente.

La fuente es capaz de usarse con 110 voltios o 220 voltios A/C; como se aprecia en la figura 93 mediante un interruptor, la conexión de entrada o “INPUT” se hace en las conexiones como se aprecia en la figura 94. Para simular un voltaje como en el vehículo la fuente se reguló a 13 voltios D/C como se aprecia en la figura 95.

Figura 93.

Interruptor 110/220 voltios.



Nota. La fuente puede funcionar con el interruptor en 110 V A/C y a 220 V A/C; pero es mejor asegurarse cuál es el voltaje a suministrar para cuidar la fuente de poder.

Figura 94.

Entrada de voltaje a la fuente poder.



Nota. “N” significa neutro y “L” la línea donde va conectada la fase de alimentación, cuando el interruptor está en 110 V A/C uno de los cables es la fase y el otro el neutro o conductor; cuando el interruptor está en 220 V A/C ambos cables son fase ósea 110 V cada uno sumando a la entrada los 220 V A/C.

Figura 95.

Reglaje fuente de poder.



Nota. Si desea aumentar el voltaje de salida de la fuente; mediante un desarmador “phillips” puede aumentar el voltaje girando a la derecha o lo contrario para disminuir. Al usar menor voltaje se puede escuchar en la bomba de combustible y en el electroventilador la falta de voltaje simulando una batería baja o deficiencia del alternador.

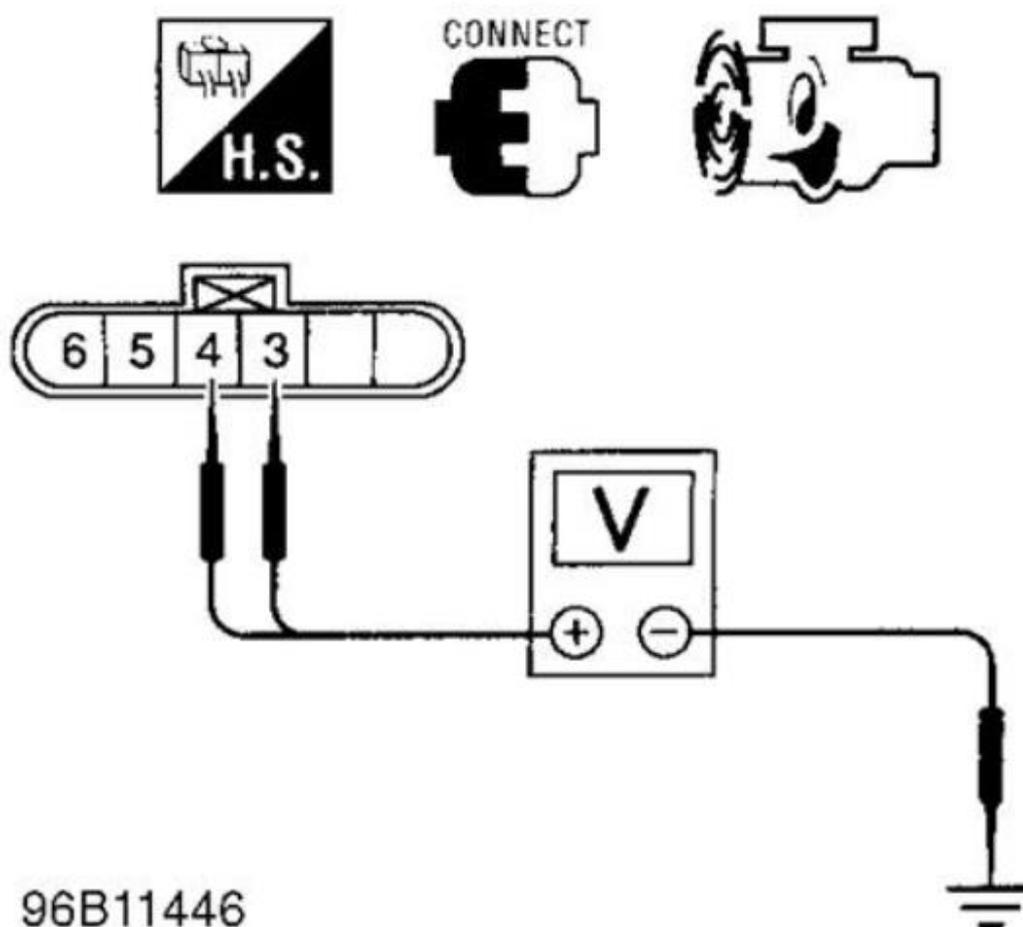
Captador Punto muerto superior módulo didáctico.

El sistema de Nissan Sentra B14 1996 cuenta con un sistema de inyección y de encendido controlado por la ECU; el transistor de poder está en el distribuidor no en la ECU y el sensor principal es el CMP, sensor de posición del árbol de levas; para este modelo 1996 cuenta con un sensor CKP colocado en la carcasa de la caja de cambios; este sensor se usa de referencia para el control del avance o retraso del encendido, pero no es el sensor principal para el control de la inyección y la ignición.

El sensor principal para el control de la gasolina y la ignición es el sensor óptico dentro del distribuidor, este es el que envía a la ECU la señal precisa de posición de cada cilindro en punto muerto superior cada 90 grados; por medio de la terminal 3 como se aprecia en la figura 96 en el conector del distribuidor y en la terminal 4 la señal de un grado del cigüeñal; como se aprecia en la figura 97.

Figura 96.

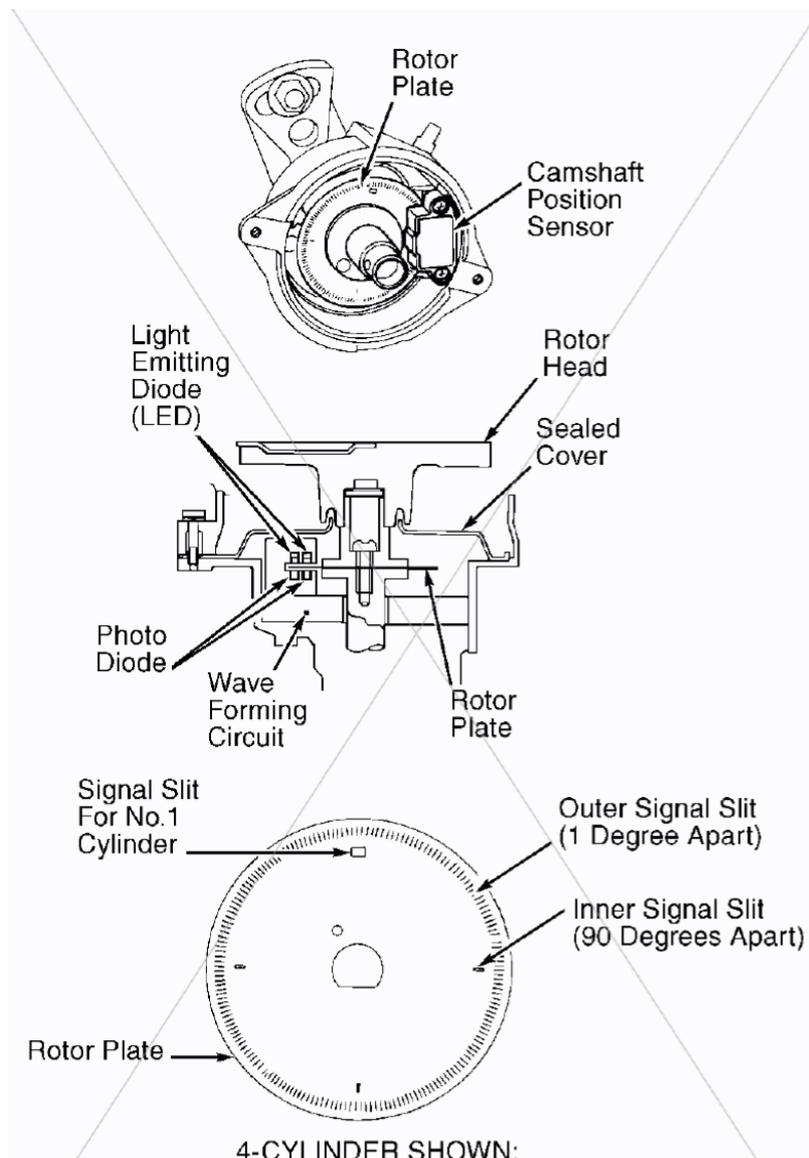
Conector Distribuidor pines del sensor óptico.



Nota. Verificación de señal de los pines 3 y 4 en el conector del distribuidor; con el vehículo encendido se conecta el multímetro para medir voltaje A/C, debe variar entre 0 voltios a 5,4 voltios; puede mostrar una lectura fija de 2,7 voltios, si no se muestran esas lecturas cambiar el distribuidor (Repaircenter TechAdvisor Home, 2023).

Figura 97.

Sensor Óptico Nissan B14 1996.



Nota. Composición de un sensor óptico en un Nissan Sentra B14 1996 (Repaircenter TechAdvisor Home, 2023).

Se revisó la parte interna del distribuidor como se aprecia en la figura 98; ya que generalmente el Nissan B14 padece de fuga de aceite por la tapa válvulas y esa fuga de aceite

es lo primero que puede dañar el sensor óptico interno; se limpió, verificó el distribuidor y la tapa del mismo como se aprecia en la figura 99; antes de ponerlo a funcionar.

Figura 98.

Verificación interna del distribuidor.



Figura 99.

Limpieza tapa distribuidor.

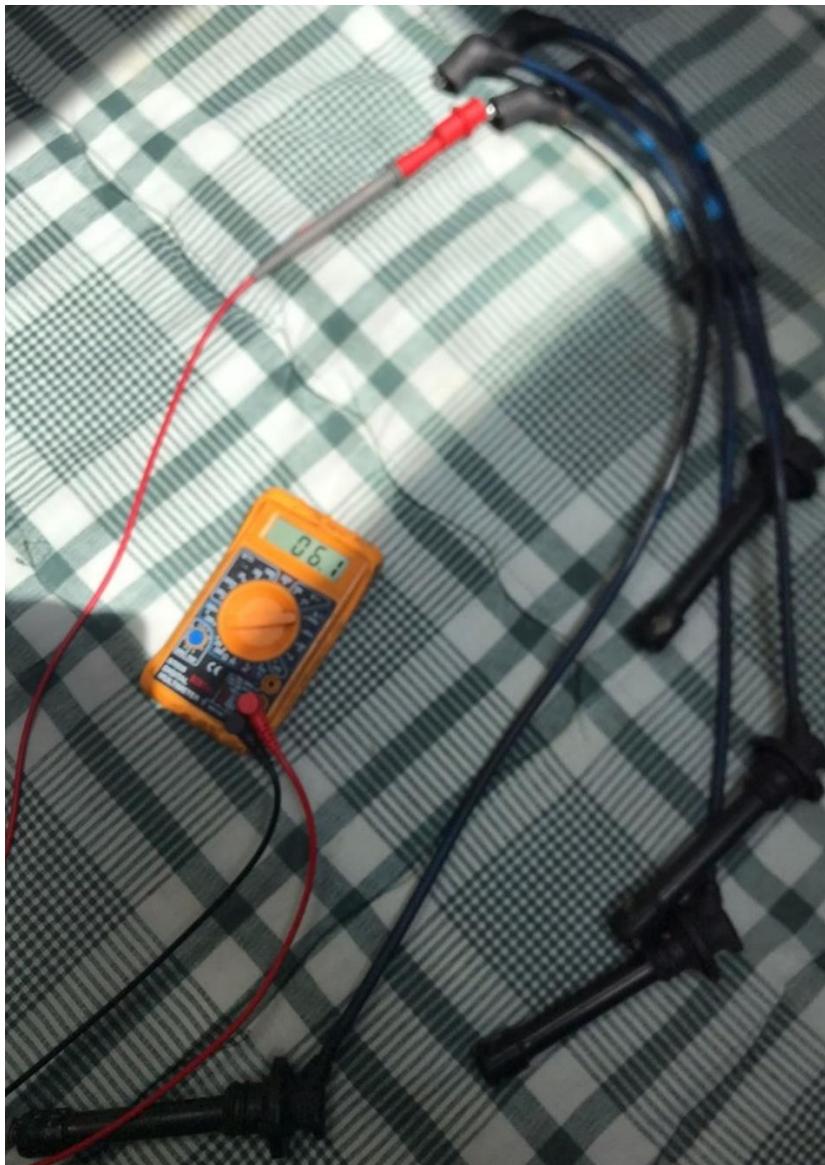


Cables de bujía del módulo didáctico.

Se adquirieron los cables específicos para Nissan B14 1996 en versión NGK japonés y se revisaron las resistencias de cada cable como se muestra en las figuras 100, 101, 102 y 103; antes de usar el módulo didáctico verificando la resistencia con la información técnica del anexo 11.

Figura 100.

Resistencia cable número 1.



Nota. Resistencia de 6,1 K ohms.

Figura 101.

Resistencia cable número 2.



Nota. Resistencia de 5,4 K ohms.

Figura 102.

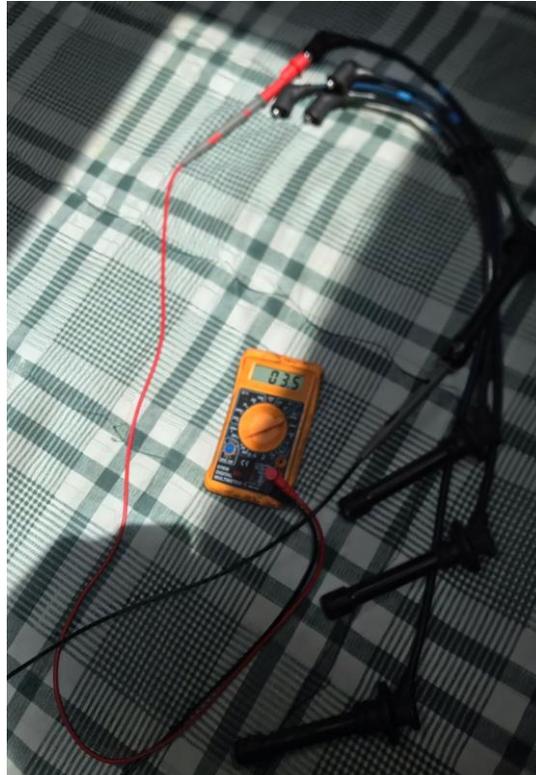
Resistencia cable número 3.



Nota. Resistencia de 4.3 K ohms.

Figura 103.

Resistencia cable número 4.



Nota. Resistencia de 3,5 K ohms.

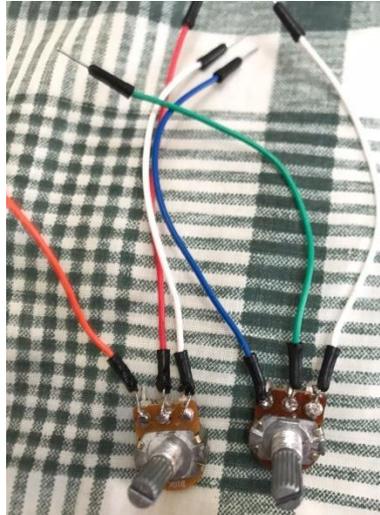
Identificación de Sensores.

Se identificaron las líneas únicamente de los sensores cuya señal es analógica y puede simularse mediante el uso de potenciómetros de 50 Kohms como se aprecia en la figura 104; como el sensor ECT “Engine Coolant Temperature”, el sensor de la EGR “Exhaust Gas Recirculation”, el sensor TPS “Throttle Position Sensor”, el sensor MAF “Mass Airflow Sensor” y el sensor IAT “Intake Air Temperature”.

El sensor principal para poder obtener el funcionamiento de la bobina y la activación de los inyectores es el sensor CMP “Camshaft Position Sensor”; por lo cual es necesario identificar sus líneas para poder realizar las pruebas que conlleven a los resultados.

Figura 104.

Potenciómetros.



Sensor ECT Engine Coolant Temperature”.

Existen dos tipos de termistores; PTC “Positive Temperature Coefficient” y NTC “Negative Temperature Coefficient”; el primero conforme aumenta la temperatura aumenta proporcionalmente su resistencia y por lo contrario en los NTC que disminuyen su resistencia conforme aumenta la temperatura.

Según se aprecia en el diagrama de los anexos 1, 2 y 3; al sensor llegan dos líneas; un cable negro que es masa común que comparte con otros sensores y un cable café con amarillo como se aprecia en la figura 105; que es la línea de señal con un voltaje resistivo de 5 V.

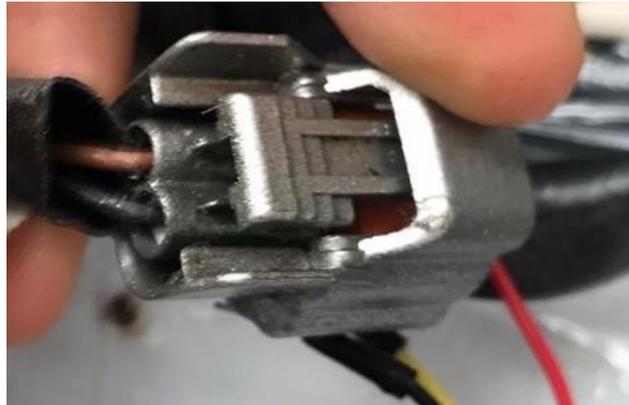
Conociendo el funcionamiento de dicho sensor se instaló un potenciómetro como se aprecia en la figura 106; el cual nos permite simular la señal variable del sensor de temperatura del coolant, como se aprecia en el anexo 19 la señal varía de 4,84 voltios cuando el motor está en frío y 0,90 voltios cuando el motor está caliente y es necesario encender el electroventilador.

Variando este voltaje nos permite encender el electroventilador a gusto para muestra didáctica y ver si hay alguna variación con el osciloscopio en pulso de la inyección también.

La conexión del potenciómetro al conector del sensor se aprecia en la figura 107 y en el anexo 9 se muestra la relación del aumento de temperatura con la resistencia del sensor.

Figura 105.

Líneas ECT.



Nota. Colores de los cables que llegan al conector del sensor.

Figura 106.

Potenciómetro del ECT.



Nota. ADVERTENCIA; en todos los potenciómetros usados no hay igualdad de función según el color del cable, todos tienen colores diferentes; para un estudio didáctico siempre se debe tener certeza mediante multímetro cual es la alimentación, la masa y la salida de voltaje variable del potenciómetro.

Figura 107.

Conexión al conector del sensor ECT.



Nota. La masa se obtiene mediante la salida de masa del conector, la alimentación mediante el cable de señal del conector y en este mismo cable se introduce el voltaje variable del potenciómetro que sería el cable de color rojo.

Sensor EGR “Exhaust Gas Recirculation”.

Este sensor avisa a la ECU si están entrando gases del escape a la admisión mediante la variación de temperatura; detectando la unidad de control si el solenoide de control de la EGR se encuentra funcionando.

Se muestra en los anexos 1, 2 y 3 el diagrama de conexión del sensor; como se muestra en la figura 108 al conector del sensor llegan dos cables; un negro que es masa y otro rojo con negro que es la línea de señal, la conexión del potenciómetro al conector del sensor se aprecia en la figura 109 y en el anexo 9 la relación entre el aumento de temperatura del aire y la resistencia de dicho sensor.

Figura 108.

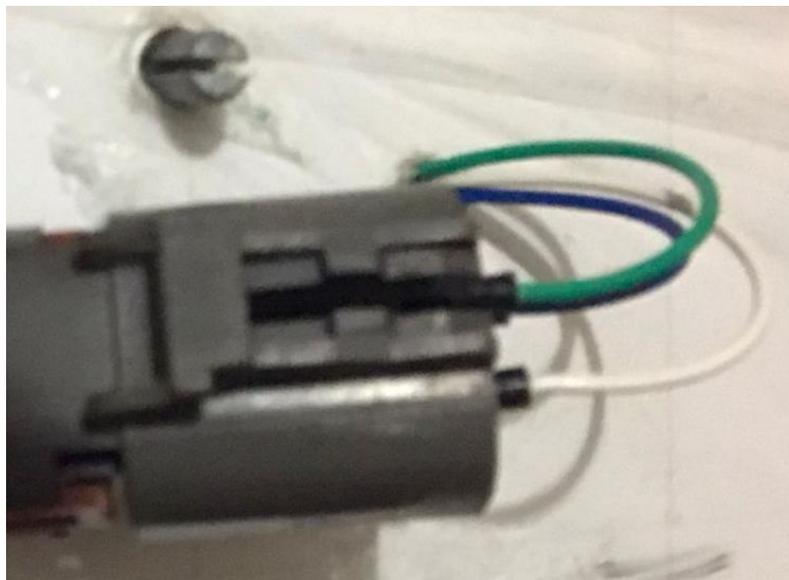
Líneas del sensor EGR.



Nota. Se recomienda antes de usar el módulo didáctico verificar el voltaje variable del potenciómetro en la línea de señal de todos los conectores de sensores.

Figura 109.

Conexión al conector del sensor EGR.



Nota. El cable verde es la salida del voltaje variable del potenciómetro; el azul es la alimentación del potenciómetro; ambos conectados a la línea de señal en el conector y el blanco la masa del mismo.

Sensor TPS “Throttle Position Sensor”.

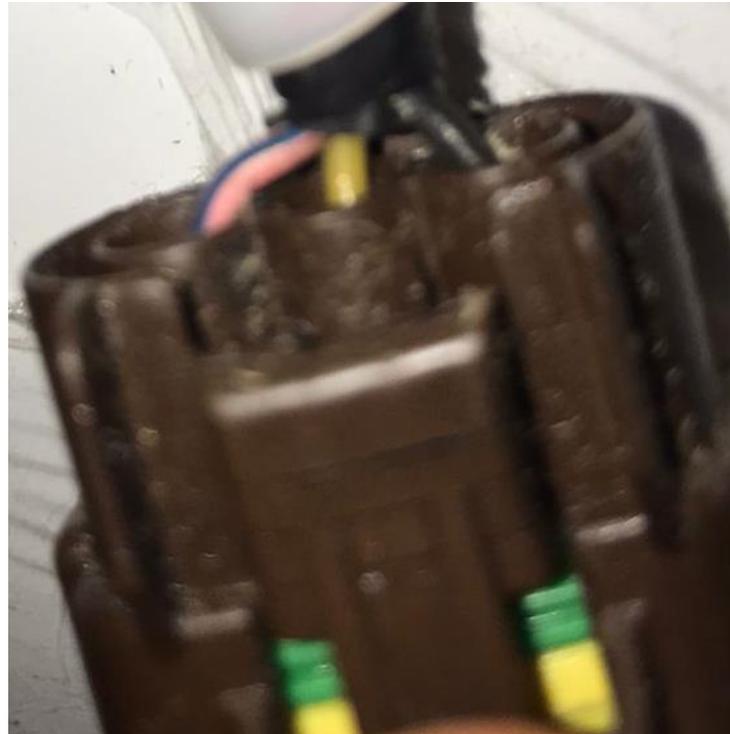
Sensor encargado de informar a la ECU en que posición se encuentra la mariposa de aceleración mediante un voltaje que va de 0,35 a 0,65 voltios cuando no se esté acelerando ósea ralentí y totalmente acelerado hasta 4 voltios como se aprecia en el anexo 18.

Identificando las líneas en el conector del sensor como se aprecia en la figura 110; se procede a conectar el potenciómetro para poder manipular esta señal como se aprecia en la figura 111; esta señal en conjunto con la señal del sensor MAF son las principales para variar el ancho pulso del inyector; permitiendo observar más caudal de combustible y el corte de inyección simulando un descenso en compresión.

El diagrama eléctrico del sensor se muestra en los anexos 1 y 2.

Figura 110.

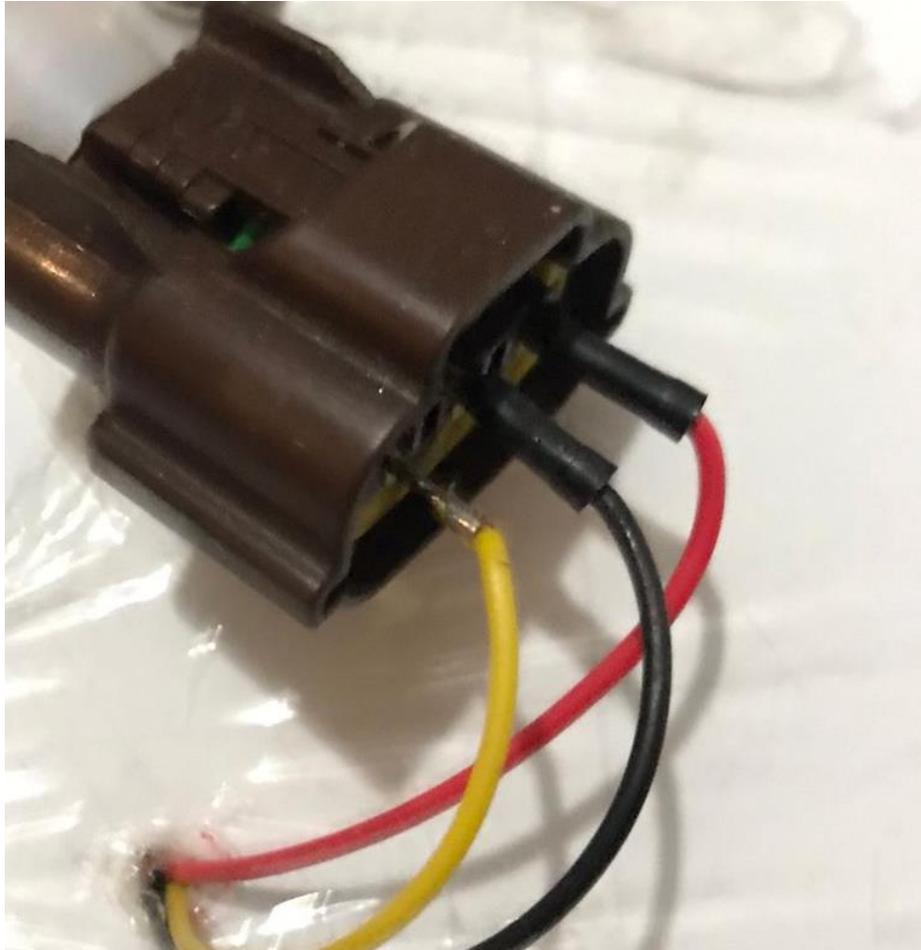
Líneas del sensor TPS.



Nota. El cable rosado con azul es la alimentación 5 voltios; el cable amarillo es la señal y el cable negro es la masa.

Figura 111.

Conexión al conector del sensor TPS.



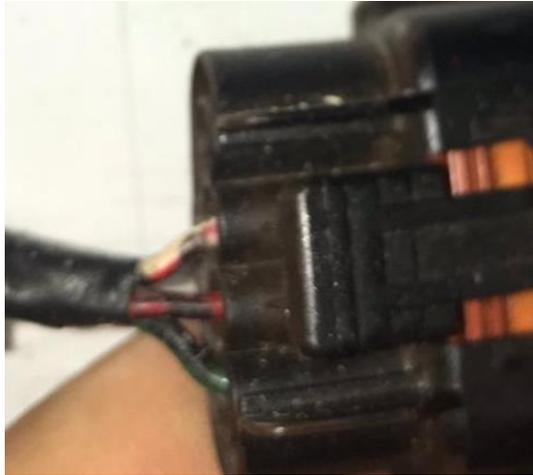
Nota. El cable negro es el voltaje variable saliente del potenciómetro que va hacia la señal; el rojo es la masa y el amarillo es alimentación.

Sensor MAF “Mass Airflow Sensor”.

Mediante un voltaje que va desde 0,9 en ralentí hasta los 4 voltios; informa a la unidad de control cuánto aire está ingresando al motor; se puede observar su señal mediante el uso de escáner dando un valor en gramos/segundo. Su diagrama eléctrico se muestra en los anexos 1, 2 y 3; como se aprecia en la figura 112 se identificaron las líneas que llegan al conector de este sensor y cómo se conectó el potenciómetro en la figura 113.

Figura 112.

Líneas del sensor MAF.



Nota. El cable rojo con blanco es la alimentación que para este sensor es de 12 voltios; ADVERTENCIA; al tener disponible 12 voltios en el potenciómetro y la señal es de 4 voltios máximo; si se excede el voltaje de señal se puede dañar el integrado interno de la ECU. El cable rojo es la masa y la línea de señal es el cable verde oscuro.

Figura 113.

Conexión al conector del sensor MAF.



Nota. El cable amarillo es el voltaje variable saliente del potenciómetro conectado a la línea de señal; el cable naranja alimentación y el cable negro masa del potenciómetro respectivamente.

Sensor IAT “Intake Air Temperature”.

Envía una señal con voltaje analógico en función de la temperatura del aire que entra por la admisión; este voltaje puede variar desde 0 a 5 voltios, el diagrama eléctrico se muestra en los anexos 1, 2 y 3.

Se identificaron las líneas como se aprecia en la figura 114 y se procedió con la instalación del potenciómetro y su conexión al conector de este sensor como se ve en la figura 115.

Figura 114.

Líneas del sensor IAT.



Nota. El cable rojo con amarillo es la línea de señal y el negro es masa común.

Figura 115.

Conexión al conector del sensor IAT.



Nota. El cable rojo es el voltaje variable saliente del potenciómetro; el cable naranja es alimentación y el blanco es masa respectivamente del potenciómetro.

Sensor CMP “Camshaft Position Sensor”.

Como se ha descrito anteriormente este sensor es el más importante para el funcionamiento de las principales funciones de la ECU, Nissan incluye dentro del mismo distribuidor el transistor de poder, la bobina y los dos sensores ópticos; por lo mismo se tienen tantos cables en el conector del distribuidor como se aprecia en la figura 116; al realizar una prueba con multímetro obtendremos voltaje A/C de 2,7 aproximadamente en los cables azul y cable negro con blanco.

Si existe alguna falla en este sensor la unidad de control no enviará la señal de “Trigger” hacia el transistor de poder; por ende, no habrá chispa de ignición e inyección nula también.

Figura 116.

Conector sensor CMP.



Nota. De izquierda a derecha; cable blanco con negro es el “Trigger”, cable negro es masa, cable azul es la señal de un grado cigüeñal, cable negro con blanco señal PMS, cable blanco con rojo es alimentación 12 voltios y negro es masa.

Resultados

En este capítulo se mostrarán todas las señales que se obtuvieron como resultado del funcionamiento íntegro del módulo didáctico; se usó un osciloscopio de gama baja Hantek 1008C como se aprecia en la figura 117; además para obtener las señales de consumo de corriente se usó una pinza amperimétrica de gama baja Hantek CC-65 como se aprecia en la figura 118.

El principal fin del módulo didáctico es obtener la mayor cantidad de prácticas didácticas posibles mediante herramientas de diagnóstico como el multímetro, escáner, osciloscopio, punta lógica etc.; sin la necesidad de depender de un vehículo del estudiante o del docente para realizar las prácticas didácticas.

Solo se pudo verificar el funcionamiento de sensores que fue posible simular mediante el uso de potenciómetros y principalmente la activación de los inyectores y de la bobina; en otras palabras, como un vehículo que encienda y funcione; pero para que el sistema quede funcionando por completo en las recomendaciones se detalla lo que está faltante.

Figura 117.

Osciloscopio Hantek 1008C.



Nota. Herramienta de diagnóstico que permite visualizar las señales que se generan por el funcionamiento de los componentes electrónicos.

Figura 118.

Pinza amperimétrica Hantek CC-65.



Nota. Herramienta de diagnóstico que permite medir la corriente de un consumidor mediante el campo magnético que se genera por el flujo de la corriente, esta pinza permite mediciones de hasta 65 amperios, suficiente para los resultados que se desean obtener.

CMP

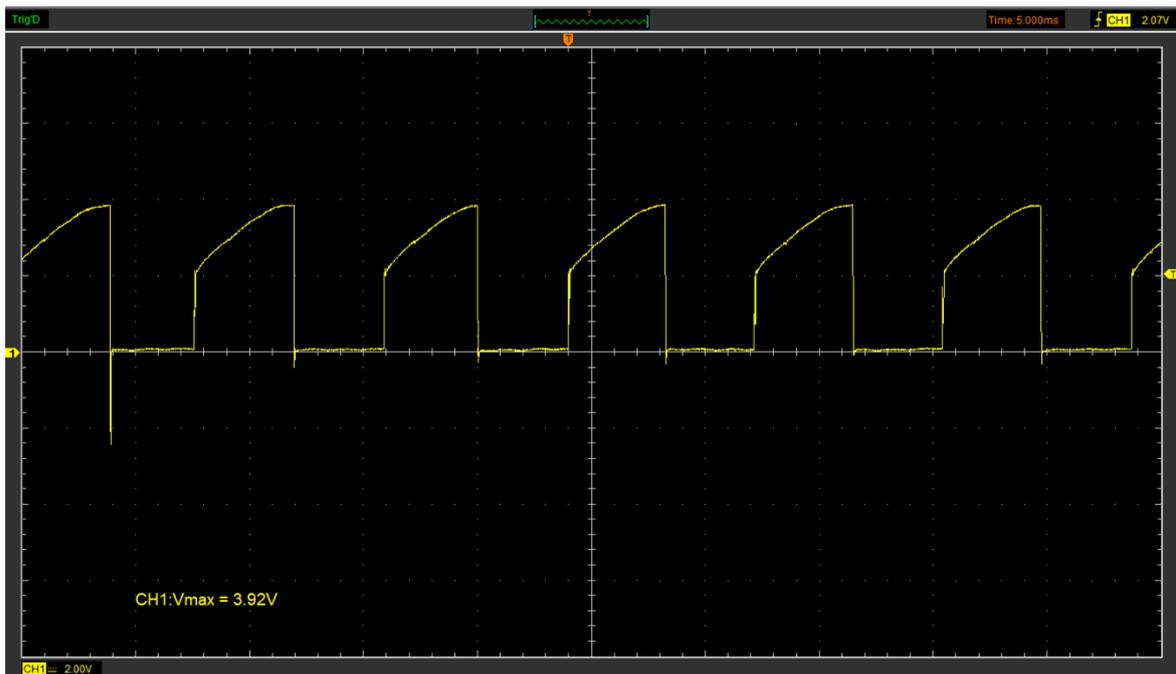
Trigger.

La señal “Trigger” es el pulso de activación a la base del transistor de poder; por el cual circula la corriente a masa; pausando la saturación de la bobina en el primario y generando el voltaje inducido por el secundario dando como resultado la chispa de ignición.

Esta señal digital proviene de la ECU y solo se activa cuando la ECU recibe las señales de respuesta del sensor óptico al haber movimiento en el distribuidor; esta señal es un pulso positivo de máximo 4 voltios como se aprecia en la figura 119.

Figura 119.

Señal Trigger.



Nota. El osciloscopio se graduó a 2 v/div y 5 ms/div; se obtiene del pin 1 del conector del distribuidor; es el cable blanco con negro como se muestra en el anexo 6. Todas las señales obtenidas se realizaron con un régimen alto de RPM ya que el pedal de control del motor A/C que mueve el distribuidor; no es muy preciso ni se puede estabilizar a un régimen de RPM exacto.

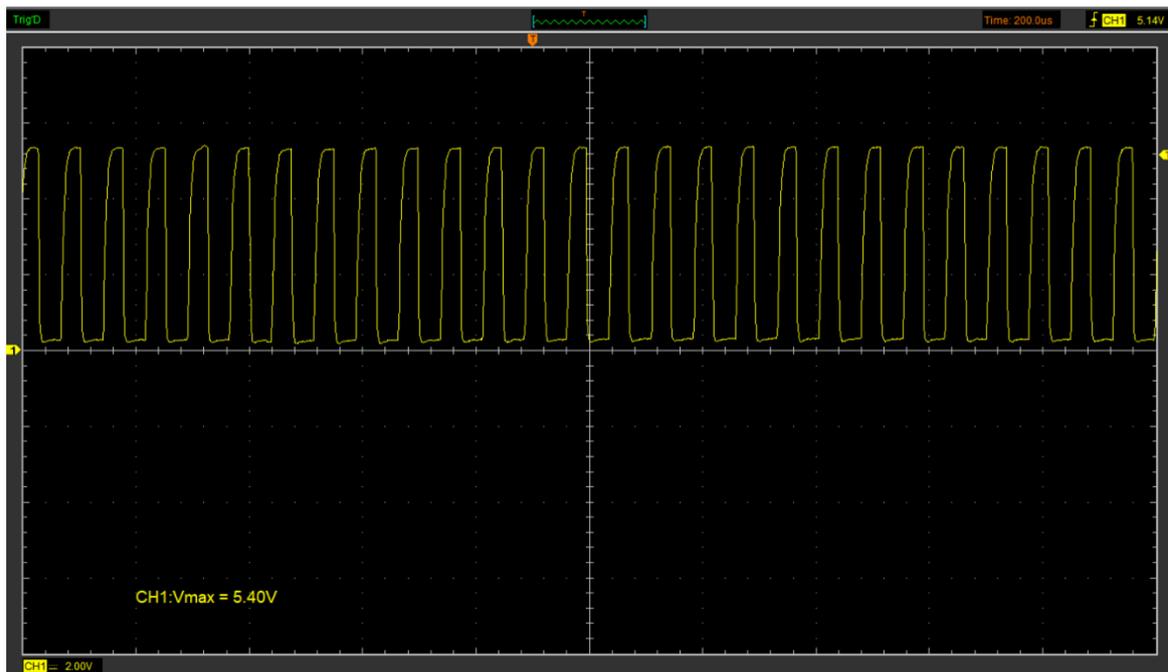
Señal 360 grados cigüeñal.

Esta señal digital se obtiene del sensor óptico dentro del distribuidor; informa a la unidad de control el giro del cigüeñal en grados; es una señal rápida ya que el disco ranurado tiene

pequeñas perforaciones externas; 360 en total para contabilizar el giro del cigüeñal y obtener las RPM; como se aprecia en la figura 120.

Figura 120.

Señal 360 grados cigüeñal.

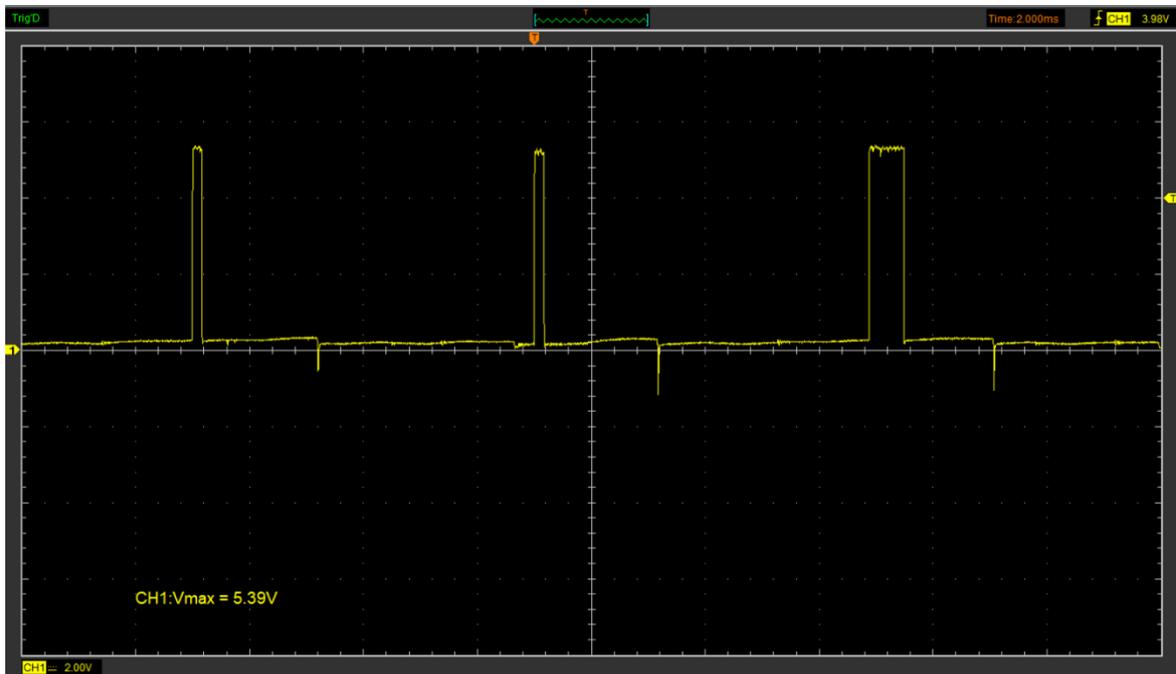


Nota. El osciloscopio se graduó a 2 v/div y 200 us/div ya que es una señal muy rápida. Se obtiene del pin 4 del conector del distribuidor; cable negro con blanco como se aprecia en el anexo 6.

Señal punto muerto superior.

Señal referente para el punto muerto superior de cada cilindro y en especial el del cilindro número 1, se obtiene del sensor óptico dentro del distribuidor y es más lenta ya que el disco ranurado tiene 4 ranuras internas; una por cada cilindro como se aprecia en la figura 121.

El sensor óptico emite señales digitales, su principal característica es que son señales cuadradas.

Figura 121.*Señal PMS.*

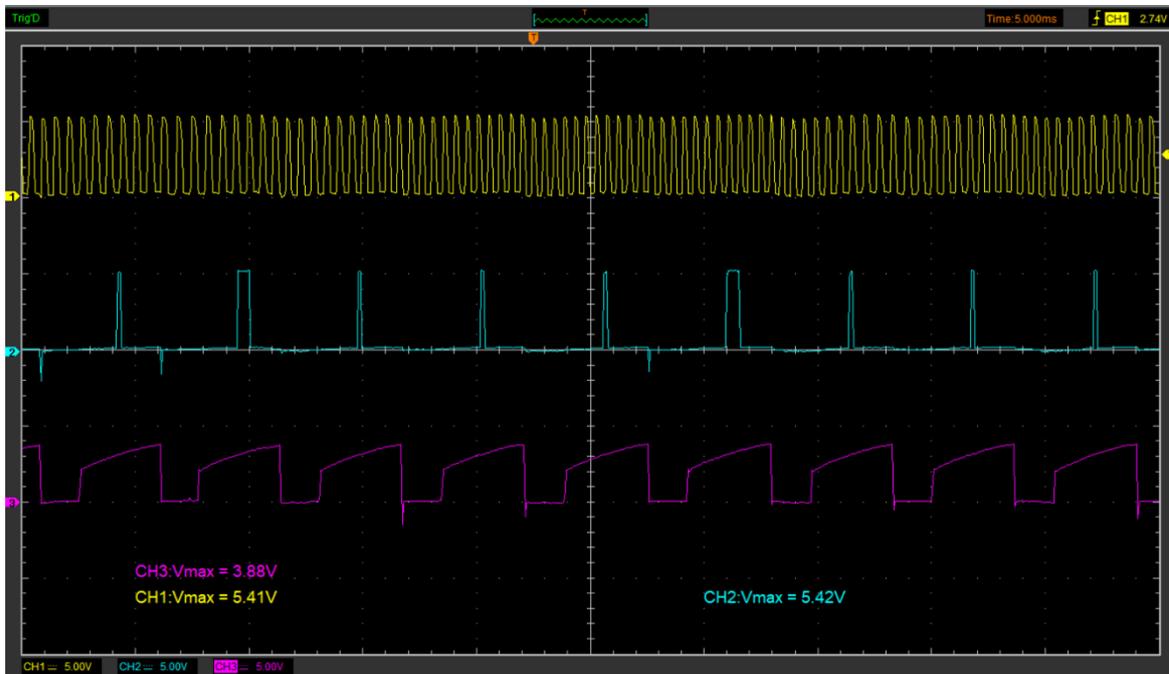
Nota. El osciloscopio se graduó a 2 v/div y 200 ms/div ya que es una señal más lenta que la anterior. Se obtiene del pin 3 del conector del distribuidor; cable azul como se aprecia en el anexo 6.

Señales del distribuidor.

Del conector distribuidor se obtienen 3 señales digitales; “Trigger” para obtener la chispa de ignición; PMS para determinar cuando el pistón está en punto muerto superior y la señal de 360 grados para determinar las RPM, todas juntas como se aprecia en la figura 122.

Figura 122.

Señales del distribuidor Nissan B14 1996.



Nota. Se calibró el osciloscopio a 5 v/div y 5 ms/div; se muestra de arriba hacia abajo la señal de 360 grados; señal PMS y el “Trigger”.

Bobina.***Resistencia del primario y secundario de la bobina.***

Se realizó la medición del primario como se aprecia en la figura 123 y del secundario como se aprecia en la figura 124; mediante el uso de multímetro para confirmar si los valores están correctos según el anexo 15. Ambas mediciones se realizan según lo estipulado en los anexos 14 y 15.

Figura 123.

Resistencia primario de la bobina.



Nota. El valor está pasado por 0,5 ohm según lo especificado por el manual técnico en el anexo 11; la resistencia del primario debe ser de 1 ohm.

Figura 124.

Secundario de la bobina.



Nota. El valor está pasado por 300 ohms según lo especificado por el manual técnico en el anexo 11; la resistencia no debe ser superior a 10 Kohms.

Señal del primario de la bobina.

Se obtiene del pin número 8 del conector del distribuidor; cable color verde según anexo 6; con esta señal se puede verificar el estado de la bobina; mediante la observación del tiempo de saturación o Dwell, pico de voltaje y el colapso de la bobina. Es importante usar un atenuador de voltaje para la obtención de esta señal; ya que se producen picos inductivos de 350 a 450 voltios que pueden dañar el osciloscopio (Concepción, 2011).

El Dwell; en español quiere decir ángulo de contacto; antiguamente en los vehículos con platinos es el tiempo en que los platinos están en contacto; haciendo circular la corriente por el primario de la bobina; al momento que ya no hacen contacto por autoinducción sale un alto voltaje por el secundario de la bobina (Concepción, 2011).

En los autos modernos con sistema transistorizado solo se habla del tiempo de saturación de la bobina como se aprecia en la figura 132; tiempo en el cual circula la corriente por el primario de la bobina, quiere decir que es proporcional a la señal de consumo de corriente de la bobina como se aprecia en la figura 130 (Concepción, 2011).

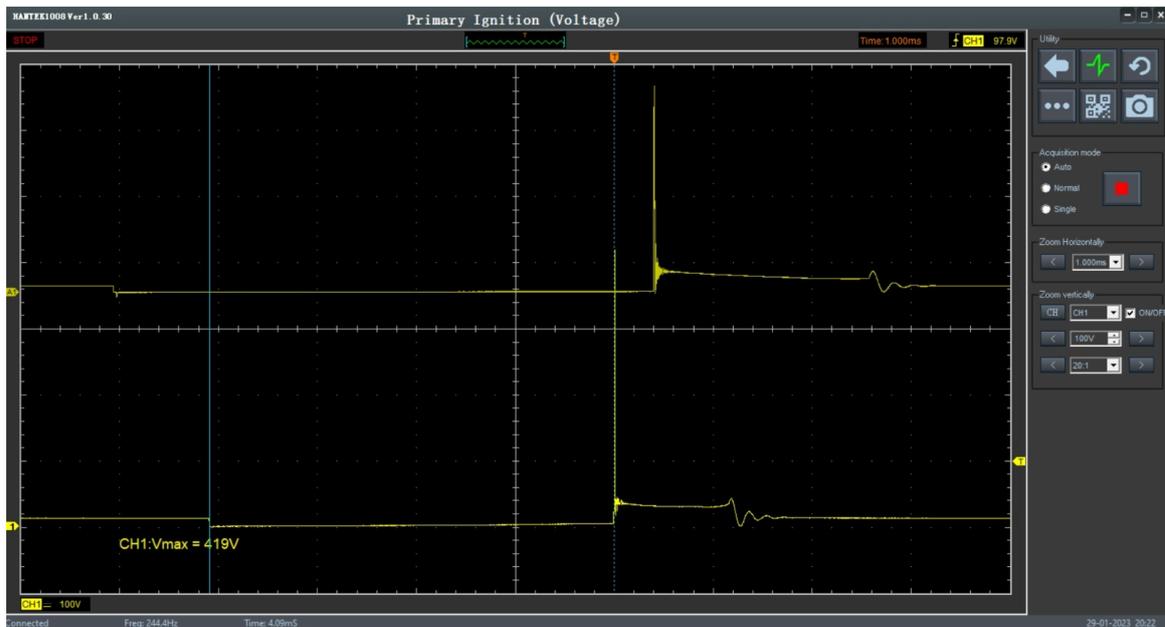
El tiempo de saturación generalmente oscila entre 2,5 a 3,5 milisegundos ya que si excede ese tiempo se puede sobre calentar la bobina; como se aprecia en la figura 125 observamos el tiempo de saturación de la bobina del módulo didáctico está llegando hasta los 4 milisegundos; lo que indica que ya está bobina no está en su punto óptimo; puede ser que este tiempo de saturación este un poco más alto ya que al momento de realizar la medición las RPM del módulo didáctico estuvieran muy altas (Concepción, 2011).

El pico de voltaje puede variar según la cantidad de corriente que puede acumular la bobina de encendido, el voltaje que hay el sistema de encendido y resistencias en el cableado; este pico de voltaje debe mantener una relación de 5:1 con respecto al voltaje del tiempo de quemado; esta proporción de altura del pico de voltaje contra la altura de las sección de

quemado nos indica que hay una distribución de energía para intentar alcanzar una eficiencia de quemado del 100% como se muestra en la figura 126 (Concepción, 2011).

Figura 125.

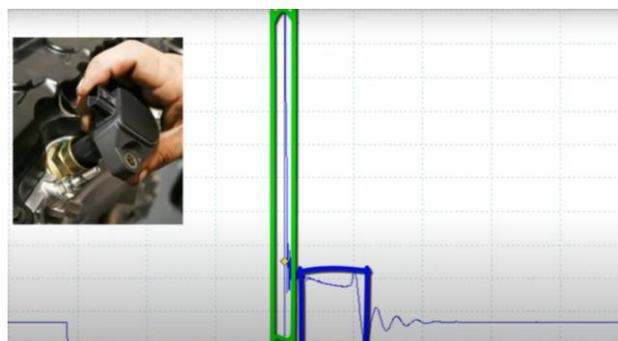
Saturación de la bobina.



Nota. Calibración del osciloscopio a 100 v/div y 1 ms/div; el osciloscopio tiene la opción de mostrar algunas señales de ejemplo para comparar y verificar el ajuste de voltaje y tiempo por división. Se usó la opción del cursor para medir el tiempo de saturación de 4,09 ms.

Figura 126.

Relación 5:1.

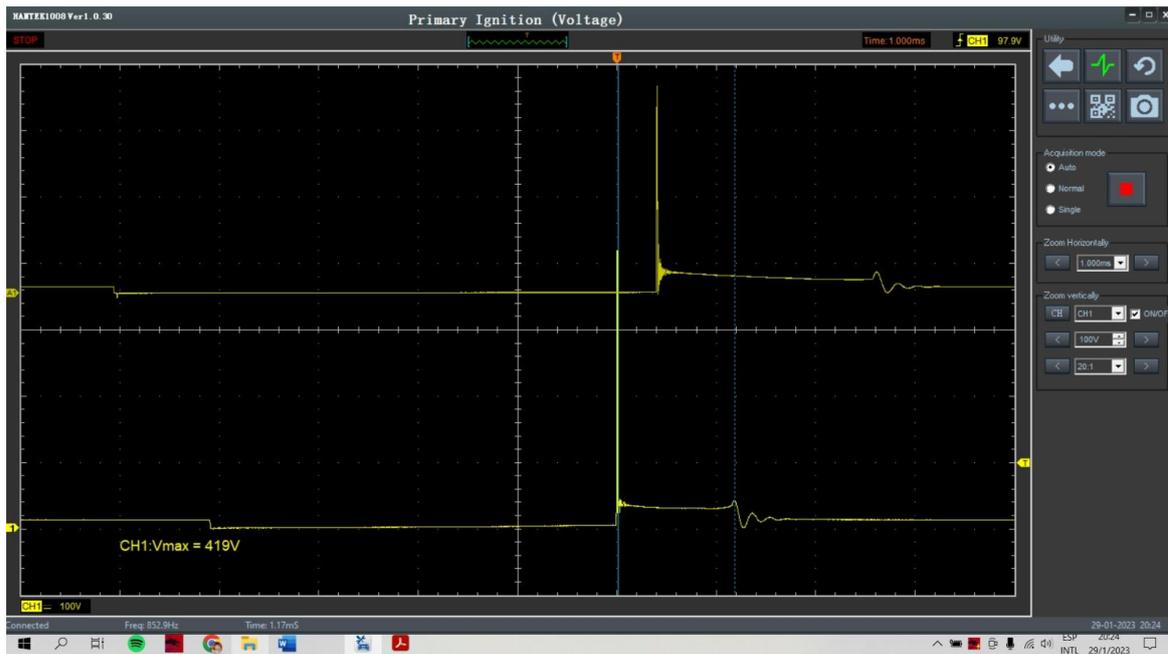


Nota. En color verde el pico de voltaje que abarca 10 casillas, en color azul el voltaje del tiempo de quemado que abarca 2 casillas; tienen una relación de 5:1 (Concepción, 2011).

El tiempo de quemado como se aprecia en la figura 127; es el tiempo de duración de la chispa de encendido que puede oscilar entre 1 milisegundo a 1,7 milisegundos; este tiempo puede variar según calibración de los electrodos en la bujía (Concepción, 2011).

Figura 127.

Tiempo de quemado.



Nota. Calibración del osciloscopio a 100 v/div y 1 ms/div; con el cursor verificamos el tiempo de quemado que es de 1,17 milisegundos.

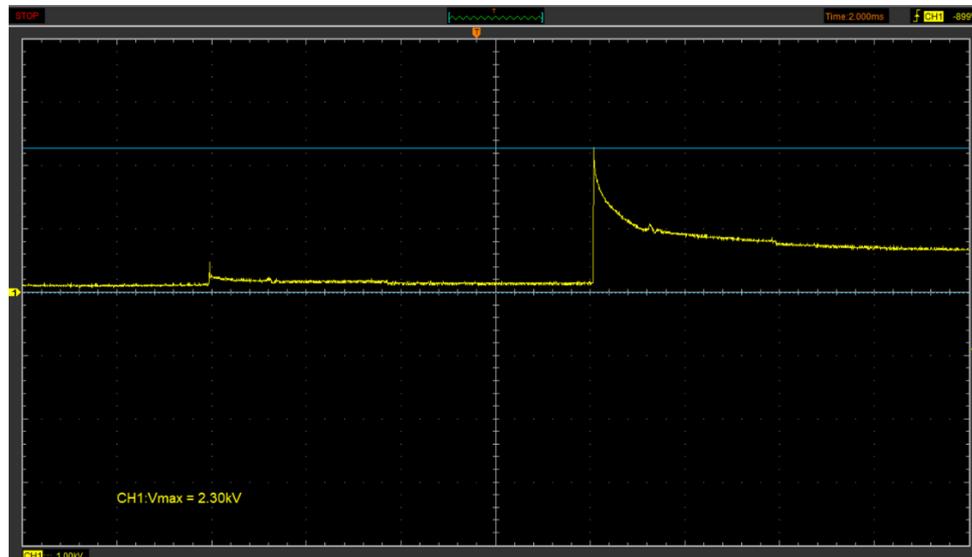
Señal del secundario de la bobina.

Con un sensor inductivo del equipo del osciloscopio se puede obtener la señal del secundario de la bobina; que es la tensión que llega a las bujías, esta tensión puede llegar desde los 10.000 voltios hasta los 30.000 voltios como se aprecia en la figura 128; puede variar según el sistema de encendido (Concepción, 2011).

Esta señal se obtuvo al colocar el sensor inductivo tipo prensa en uno de los cables de bujía.

Figura 128.

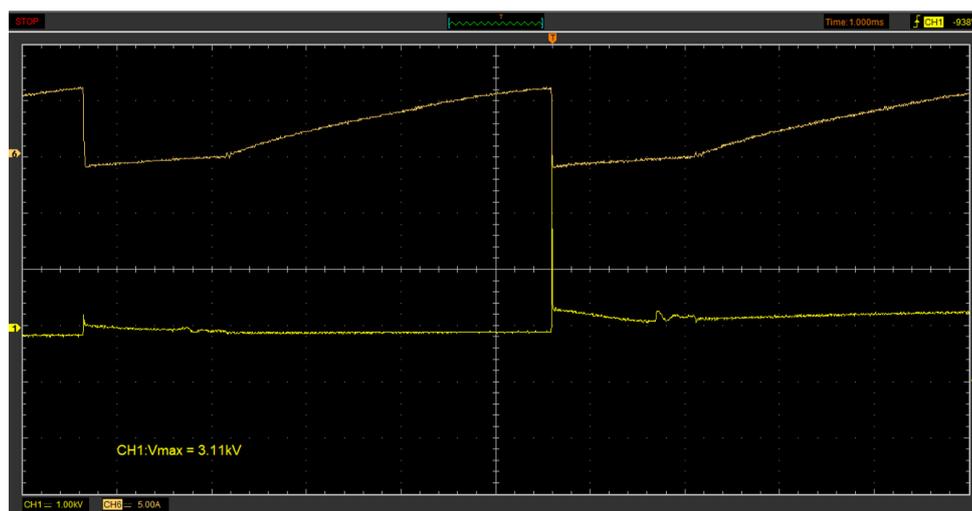
Secundario de la bobina.



Nota. Calibración del osciloscopio a 1 Kv/div y 1 ms/div; la señal se tiene que multiplicar por 10.000 por configuración en el osciloscopio; por ende, tenemos 23.000 voltios.

Figura 129.

Señal de secundario y carga de la bobina.



Nota. Calibración del osciloscopio a 1 Kv/div y 1 ms/div; con este sistema de ignición se observó voltajes de chispa de encendido entre 10.000 y 38.000 voltios; la señal es muy parecida a la del primario, pero al ser con sensor inductivo es menos detallada.

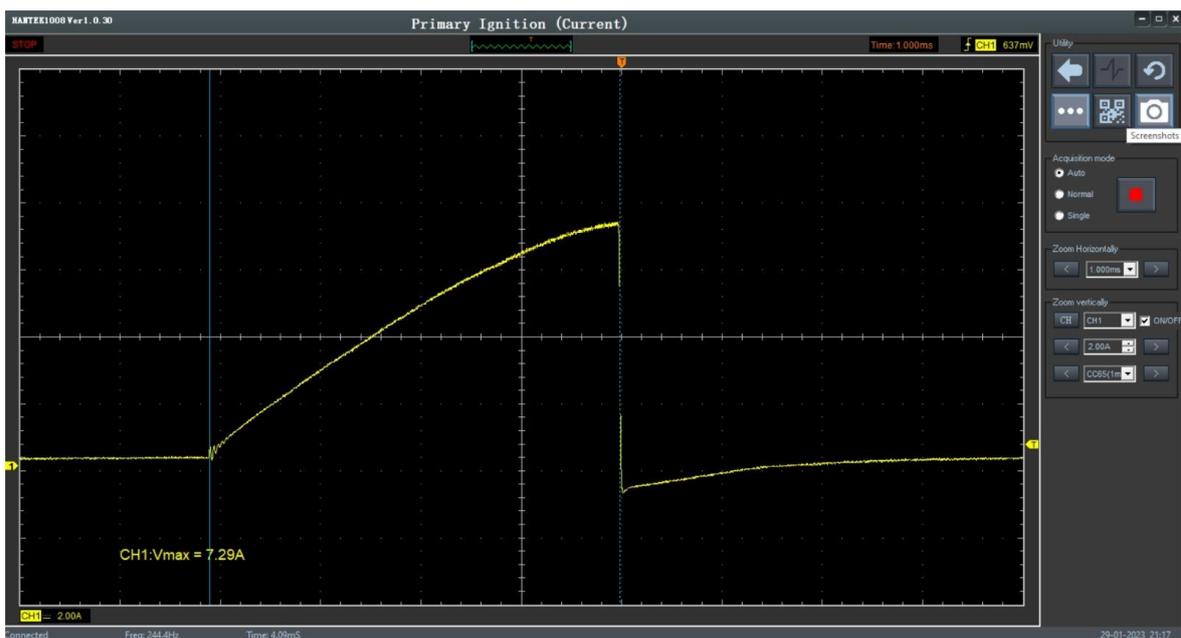
Al momento de obtener la señal se hizo una relación entre la carga de la bobina mediante el uso de pinza amperimétrica y el secundario de la misma; cada carga de la bobina por consecuencia da como resultado una chispa de ignición; como se aprecia en la figura 129.

Consumo de la bobina.

Según el tipo de bobina de encendido puede consumir de 4 a 10 amperios aproximadamente; en la bobina del módulo didáctico se obtuvo un consumo de 7,29 A como se aprecia en la figura 130; esta señal de carga es la saturación total en amperios de la bobina; proporcional al tiempo de saturación de la bobina como se aprecia en la figura 131.

Figura 130.

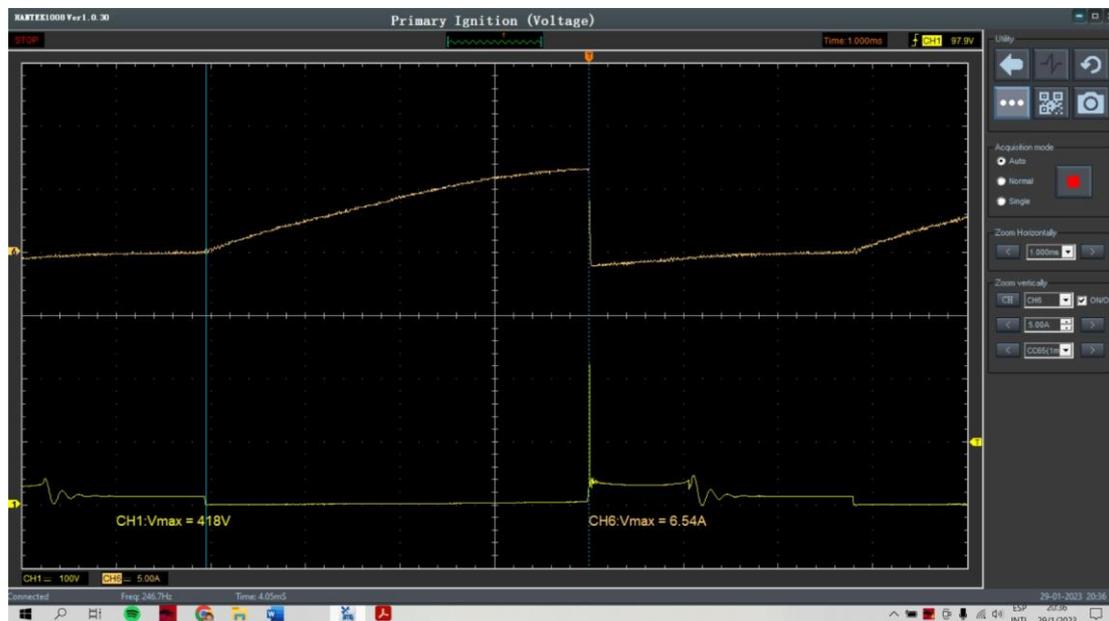
Carga de la bobina.



Nota. Calibración del osciloscopio a 2 A/div y 1 ms/div; esta bobina carga 7,29 amperios y su tiempo de carga coincide con el tiempo de saturación de la figura 131.

Figura 131.

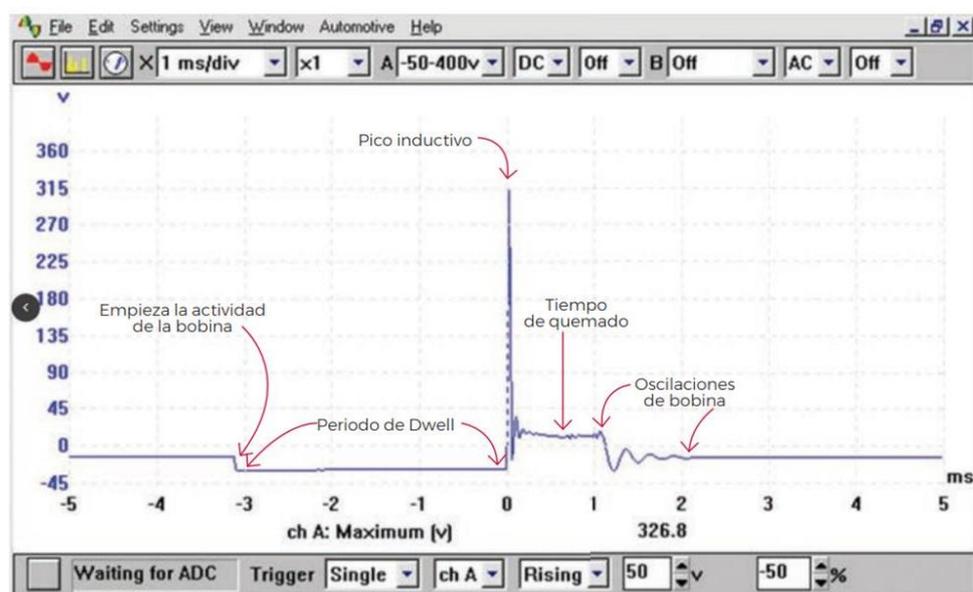
Relación carga y primario de la bobina.



Nota. La saturación debe coincidir con la carga de la bobina.

Figura 132.

Detalle señal primario de la bobina.



Nota. Usando este método de diagnóstico se puede ver el funcionamiento del sistema de encendido con precisión (Concepción, 2011).

Inyectores.

Resistencia de los inyectores.

Según el anexo 16 los inyectores deben tener una resistencia de 10 ohms a 14 ohms; realizando la medición con multímetro en todos los inyectores obtenemos 11,5 ohms como se aprecia en la figura 133.

Este resultado arroja que son inyectores de alta impedancia y que su sistema de control es el saturado.

Figura 133.

Resistencia de los inyectores.



Nota. La resistencia de los inyectores está dentro de los valores normales.

Señal de inyección.

Mediante el uso del osciloscopio se puede observar la señal de activación de los inyectores; comúnmente llamada pulso de inyección; esta señal suele tener un pico inductivo de voltaje alto de aproximadamente 60 a 80 voltios; por lo que se recomienda el uso de un atenuador para evitar daños en el osciloscopio.

Se puede observar por el pulso de inyección si el transistor de dicho inyector está funcionando bien o presenta fallas; que cuando es así se tiene que llevar la ECU a reparar; el pulso de inyección es proporcional al caudal de combustible que entraría a la cámara de combustión.

Durante la obtención de los resultados se evaluó que sensores variaban el ancho de pulso del inyector y solamente se observó resultados mediante la manipulación del potenciómetro del sensor MAF; simulando un voltaje de salida del sensor MAF de un voltio el pulso es mínimo de 1,91 milisegundos como se aprecia en la figura 134 y subiendo el voltaje de señal del MAF al máximo que representa 4 voltios; se obtuvo un pulso de inyección de 16,1 milisegundos como se aprecia en la figura 135.

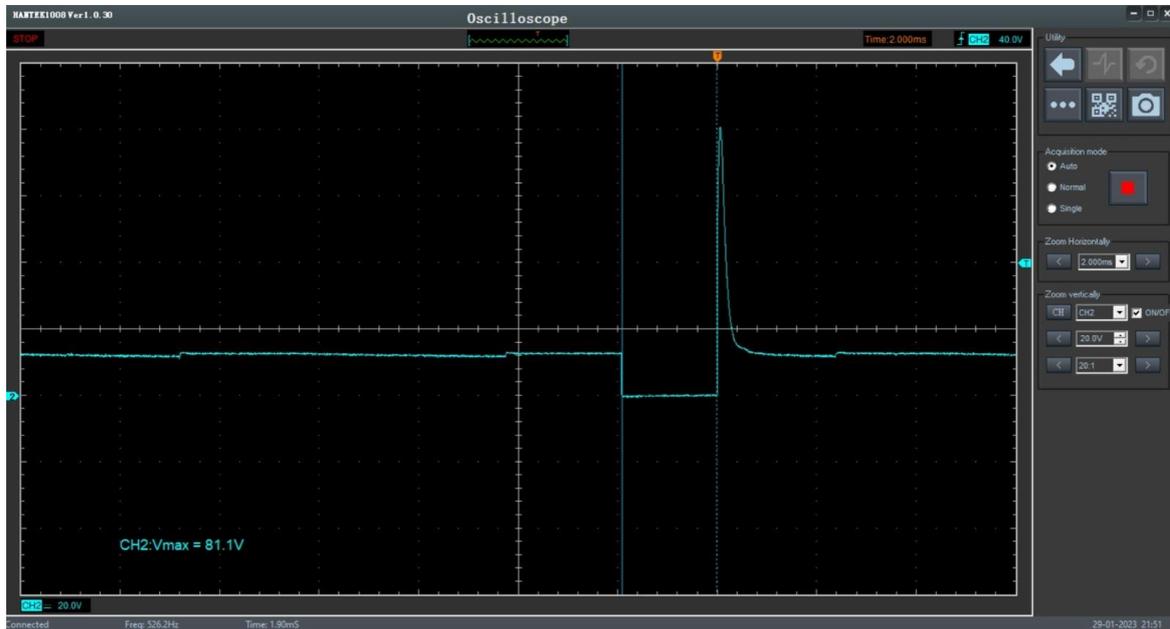
Durante el tiempo del arranque de encendido con el motor en frío es normal ver pulsos de inyección de 9 milisegundos; conforme aumenta la temperatura desciende el ralentí y el pulso de inyección permanece entre 2 a 3 milisegundos.

Los inyectores se controlan mediante PWM (Pulse Width Modulated); ancho de pulso modulado con frecuencia fija. Durante las pruebas se confirmó también que el consumo no supera lo indicado por un inyector de alta impedancia; ósea un amperio como se aprecia en la figura 136.

Se realizó una relación del consumo del inyector y del pulso del mismo el cual verifica que durante su activación hay consumo de corriente como se aprecia en la figura 137.

Figura 134.

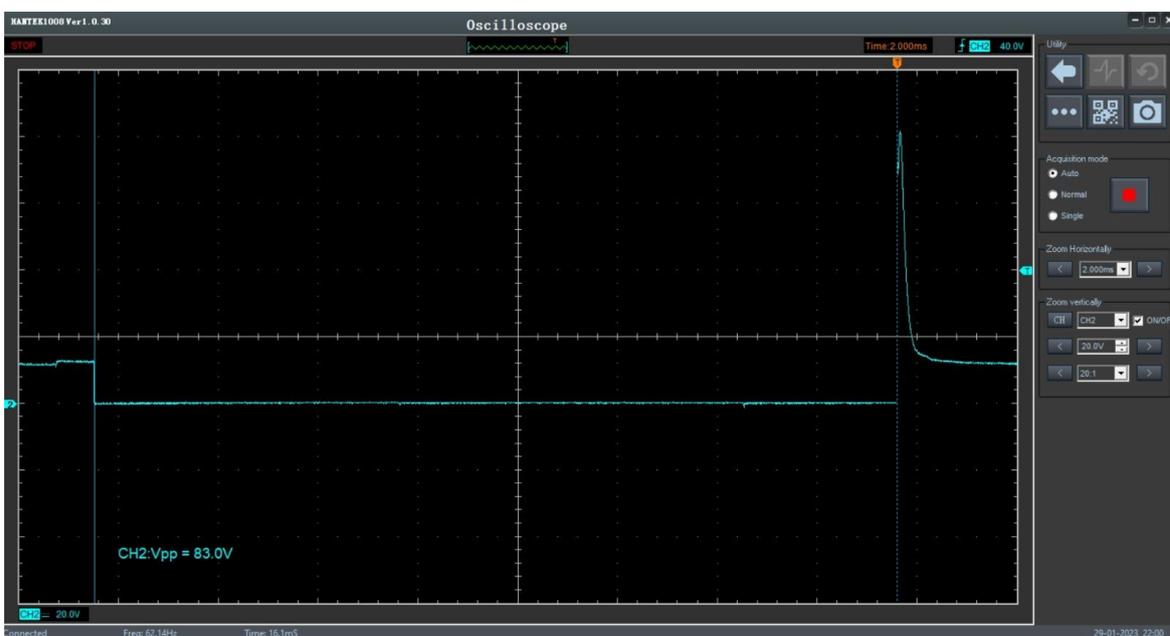
Pulso de inyección mínimo.



Nota. Calibración del osciloscopio a 20 v/div y 2 ms/div.

Figura 135.

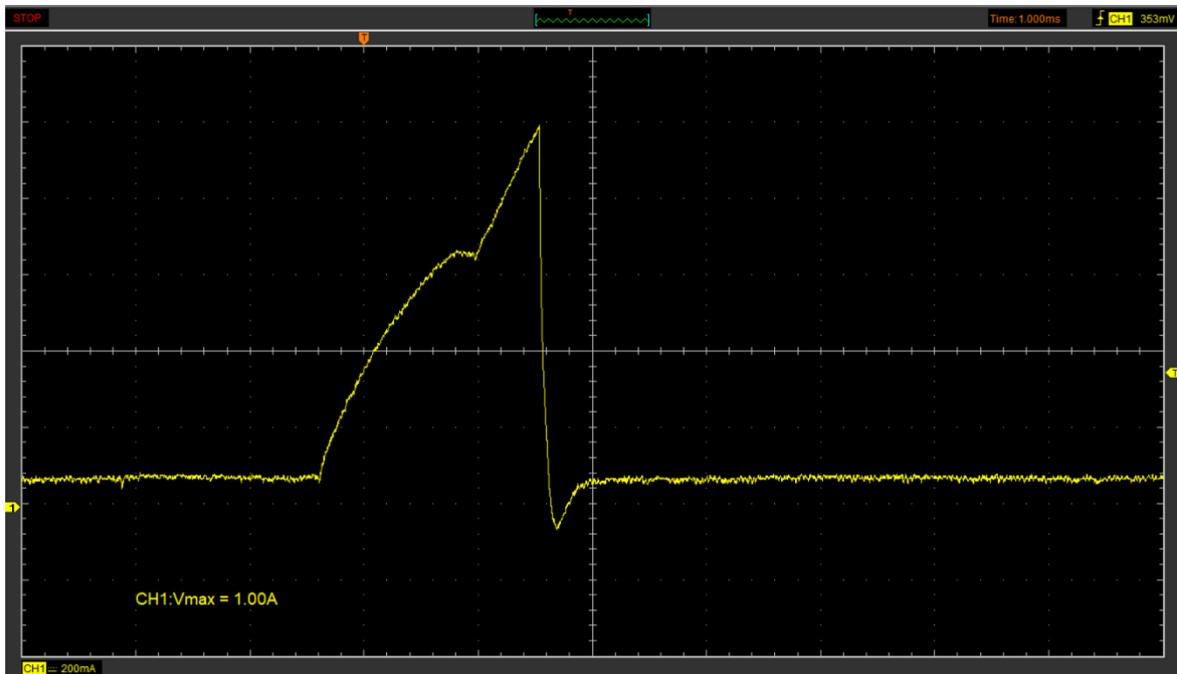
Pulso de inyección máximo.



Nota. Calibración del osciloscopio a 20 v/div y 2 ms/div.

Figura 136.

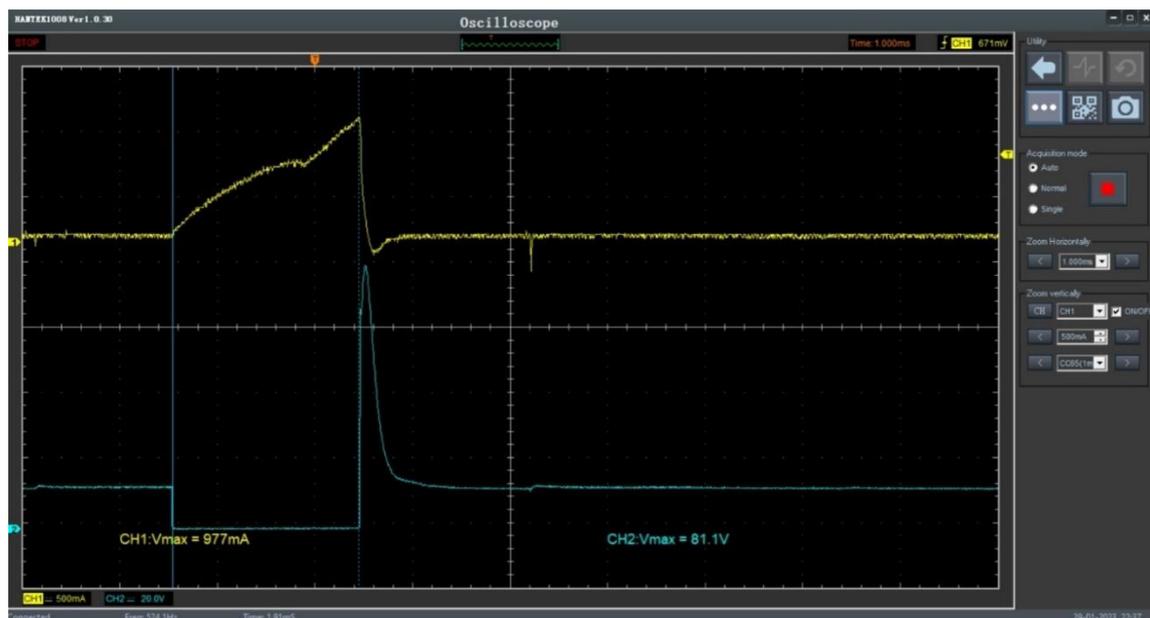
Consumo del inyector.



Nota. Calibración del osciloscopio a 200 mA/div y 1 ms/div.

Figura 137.

Relación consumo y pulso del inyector.



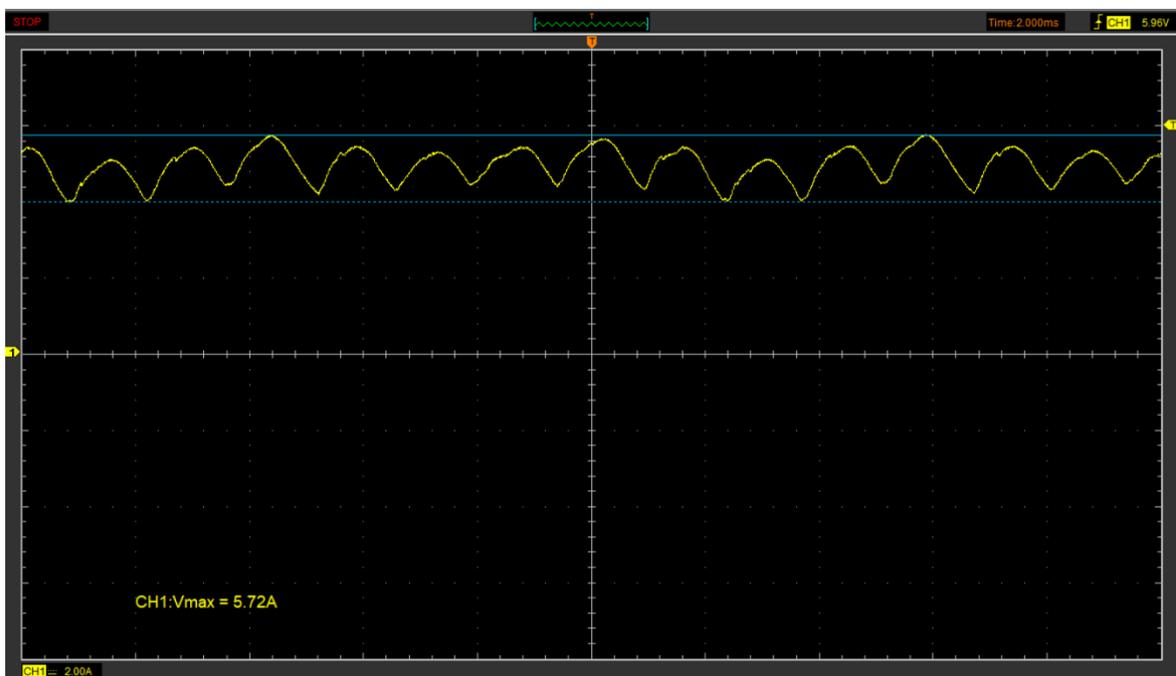
Nota. Debe coincidir el consumo con el pulso de inyección siempre.

Bomba de gasolina.***Consumo de la bomba de combustible.***

La medición de consumo de una bomba de combustible puede arrojar el estado de salud la misma; las oscilaciones de consumo como se pueden apreciar en la figura 138 deben mantenerse dentro de la misma amplitud; de lo contrario arrojaría una bomba de combustible defectuosa.

La bomba de combustible en el módulo didáctico es usada y se sabía previamente que estaba defectuosa y durante la prueba de consumo se confirmó.

Generalmente las bombas de combustible tienen un consumo de 4 hasta 10 amperios según el fabricante; la bomba de combustible del módulo didáctico tiene un consumo de 5,72 amperios.

Figura 138.***Consumo de la bomba de combustible.***

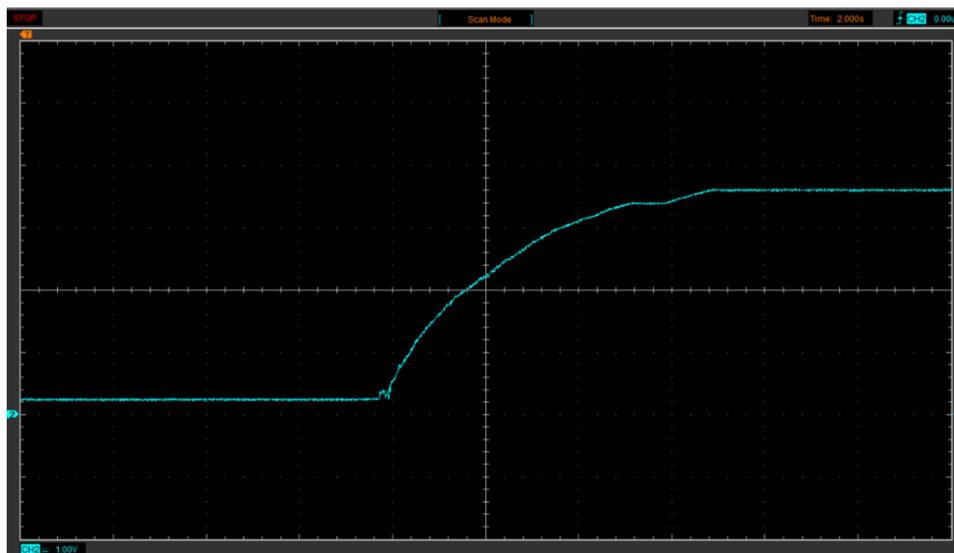
Nota. Calibración del osciloscopio a 2 A/div y 2 ms/div.

Simulador con potenciómetro para sensor ECT (Engine coolant temperature).***Señal del sensor ECT.***

Esta señal es analógica y cuando se realiza la inspección de la misma con un escáner; al contar con un motor frío el escáner muestra una gráfica ascendente conforme va subiendo la temperatura del motor hasta mantenerse en temperatura de funcionamiento entre los 75 y 80 grados Celsius; como se aprecia en la figura 139.

Al realizar la inspección de un sensor ECT con osciloscopio; la señal generalmente es lo contrario a la del escáner; conforme aumenta la temperatura descende el voltaje de señal como se muestra en la figura 140, donde al calentar el motor se mantiene a un voltaje de 900 milivoltios en temperatura normal de funcionamiento; el electroventilador se enciende por debajo de los 900 milivoltios siendo así una temperatura por encima de los 85 grados Celsius.

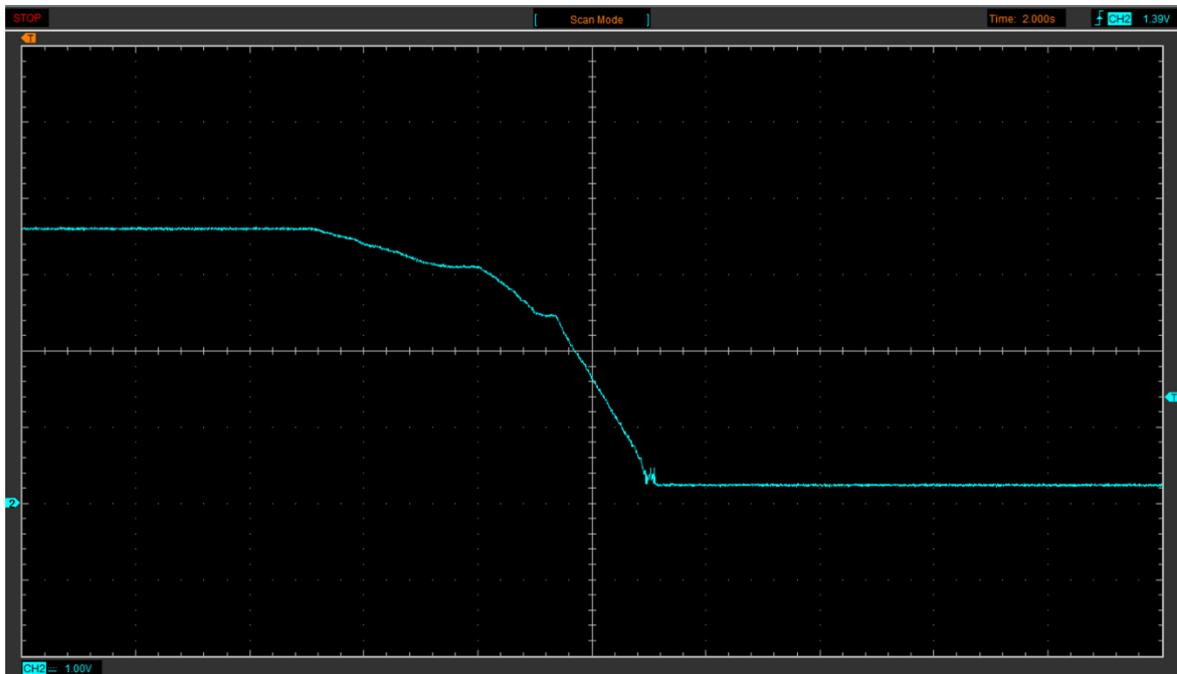
En el anexo 9 se muestra la relación que hay entre la temperatura del motor y la resistencia que debería tener el sensor ECT.

Figura 139.***Simulación del sensor ECT.***

Nota. Calibración del osciloscopio a 1 v/div y 2 S/div; cuando el motor está frío es una señal muy lenta que va ascendiendo conforme calienta el motor.

Figura 140.

Simulación del sensor ECT.



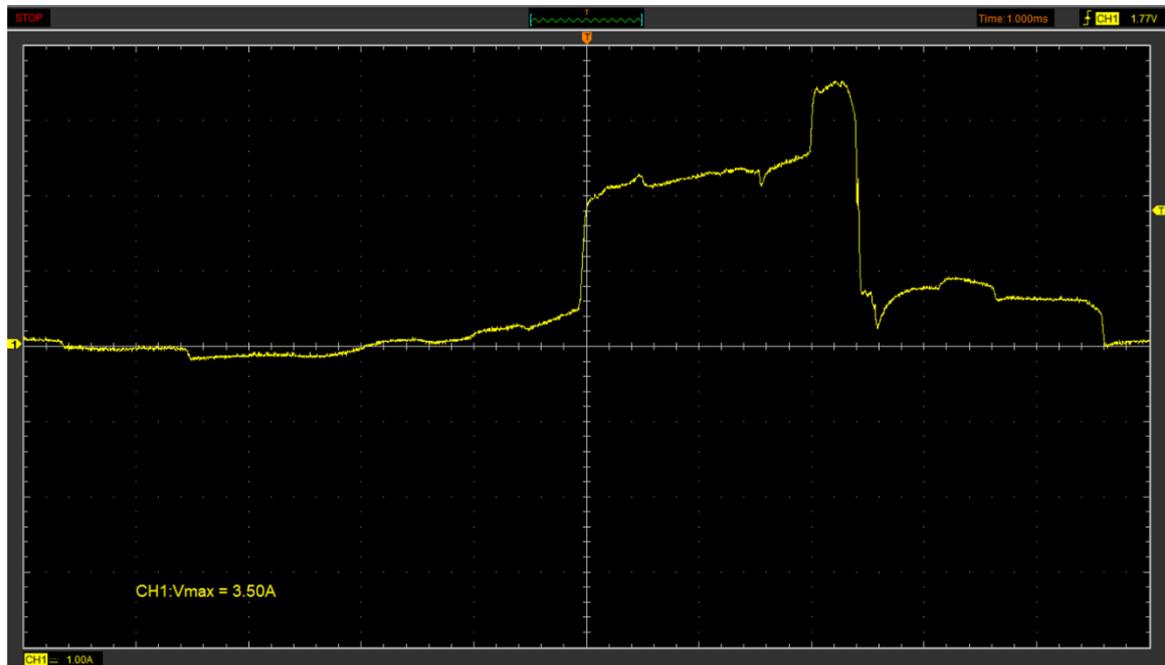
Nota. Calibración del osciloscopio a 1 v/div y 2 S/div; se pueden apreciar algunas oscilaciones extrañas generadas por el mismo potenciómetro; que hay que manipular despacio para simular esta señal.

Consumo electroventilador.

El motor eléctrico D/C que simula al electroventilador del motor; no consume la misma corriente que un electroventilador de un vehículo convencional; como se aprecia en la figura 141 apenas consume 3,5 amperios; la señal es solo simbólica la importancia es su consumo de corriente para fines didácticos.

Figura 141.

Consumo del electroventilador.



Nota. Se obtiene el consumo usando la pinza amperimétrica y ajustando el osciloscopio a 1 A/div y 1 ms/div.

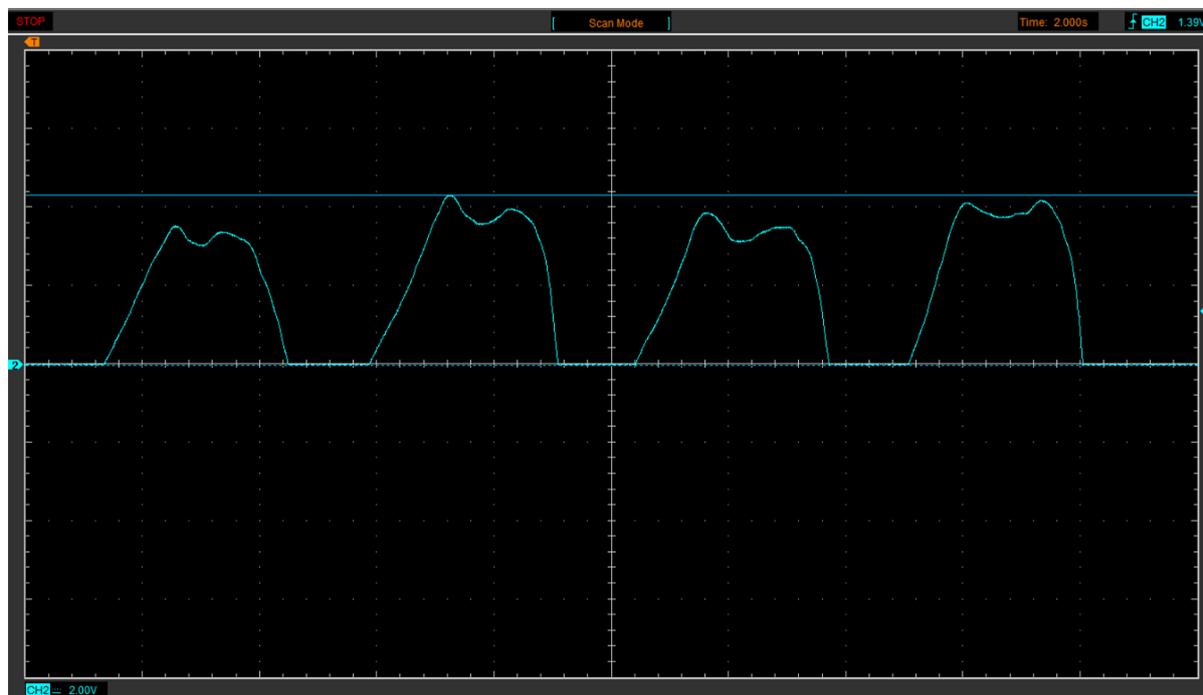
Simulador con potenciómetro para sensor Mass Airflow Sensor (Sensor de flujo de aire).

Señal del sensor de flujo de aire.

Realizando un diagnóstico en un sensor MAF en un motor convencional; se revisa las oscilaciones que se generan al acelerar el motor ya que al abrir la mariposa de aceleración con el pedal entra aire al motor y al cerrar la mariposa de aceleración se detiene el flujo de aire; creando estas ondulaciones ascendentes y descendentes por cada vez que aceleremos el motor como se aprecia en la figura 142.

Figura 142.

Simulación del sensor MAF.



Nota. Calibración del osciloscopio a 2 v/div y 2 S/div; un tiempo muy lento para lograr simular la señal.

Simulador con potenciómetro para sensor TPS Throttle Position Sensor (Sensor de posición de la mariposa de aceleración).

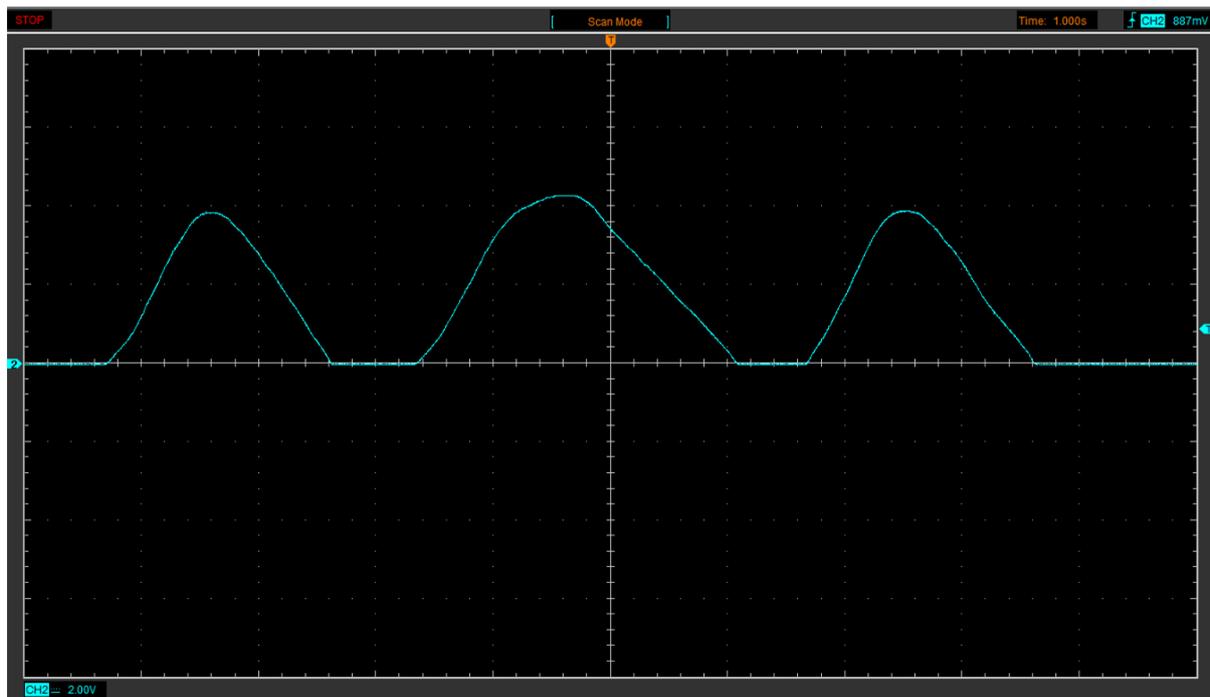
Señal del sensor TPS.

Esta señal se genera al presionar el pedal de aceleración creando un movimiento en el cuerpo de aceleración; el sensor censa este movimiento informando a la ECU esta posición; esta señal es proporcional al flujo de aire registrado por el MAF ya que de ambas señales se informa la ECU para la aceleración y para la desaceleración como se aprecia en la figura 143; asimismo se confirmó que al acelerar el motor A/C simulando un descenso en compresión con altas RPM si el TPS registra posición del pedal no acelerado sumado a un flujo bajo de entrada de aire por

el sensor MAF se corta por completo el pulso de inyección ya que el motor va en compresión y no necesita combustible.

Figura 143.

Simulación del sensor TPS.



Nota. Calibración del osciloscopio a 2 v/div y 1 S/div; un tiempo muy lento para lograr simular la señal; cada oscilación refleja una apertura de la mariposa de aceleración.

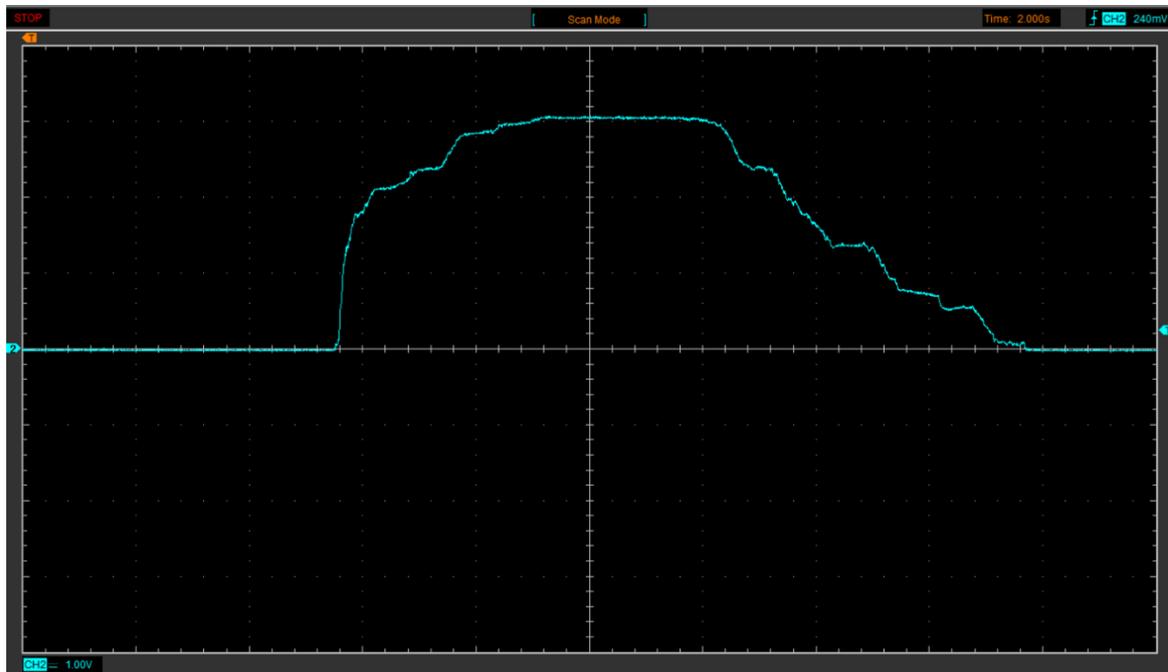
Simulador con potenciómetro para sensor IAT Intake air temperature sensor (Sensor de temperatura del aire en admisión).

Señal del sensor IAT.

Este sensor informa a la unidad de control la temperatura del aire en la admisión para que la ECU así mismo calcule la densidad del aire; ya que para una inyección más precisa es necesario saber la densidad del aire; a mayor temperatura menor densidad y menor combustible a inyectar; por contrario a menor temperatura hay aire más denso; por consecuencia más combustible permitido a inyectar, como se aprecia en la figura 144 simulación.

Figura 144.

Simulación del sensor IAT.



Nota. Calibración del osciloscopio a 1 v/div y 2 S/div; señal lenta muy parecida a la del MAF ya que por cada aceleración hay flujo de aire frío que enfría al sensor.

Simulador con potenciómetro para Sensor EGR Exhaust Gas Recirculation sensor

(Sensor de temperatura del aire en admisión).

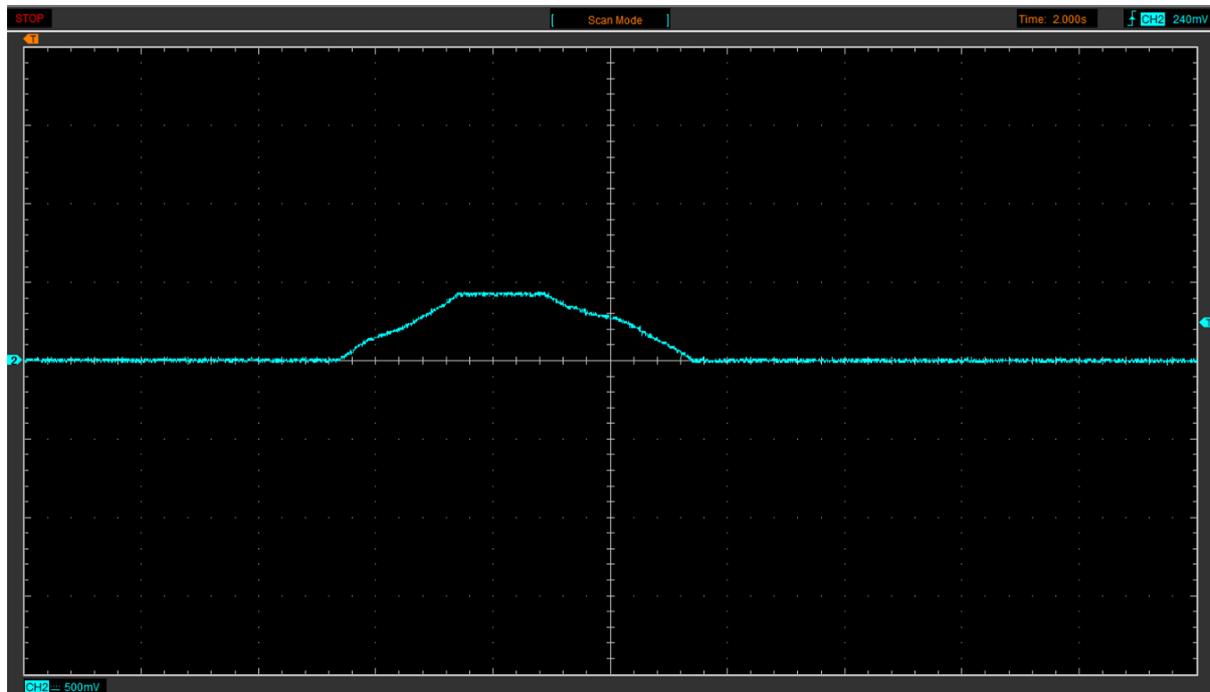
Señal del sensor EGR.

Cada vez que la unidad de control activa el solenoide de la EGR entra aire caliente a la admisión, esta diferencia de temperatura en la admisión es la que registra este sensor como se aprecia en la figura 145; para informar a la ECU que hay un funcionamiento correcto por parte de la electroválvula.

Esta señal es de un voltaje de 4 voltios cuando el solenoide no está funcionando a ralentí y de aproximadamente 1,5 voltios o inferior cuando entra a funcionar por encima de las 2000 RPM; con la condición que el motor esté en temperatura de funcionamiento; cabe aclarar que esta electroválvula no se colocó en el módulo didáctico y queda para proyectos futuros.

Figura 145.

Simulación del sensor EGR.



Nota. Calibración del osciloscopio a 500 mV/div y 2 S/div; señal sólo para referencia didáctica.

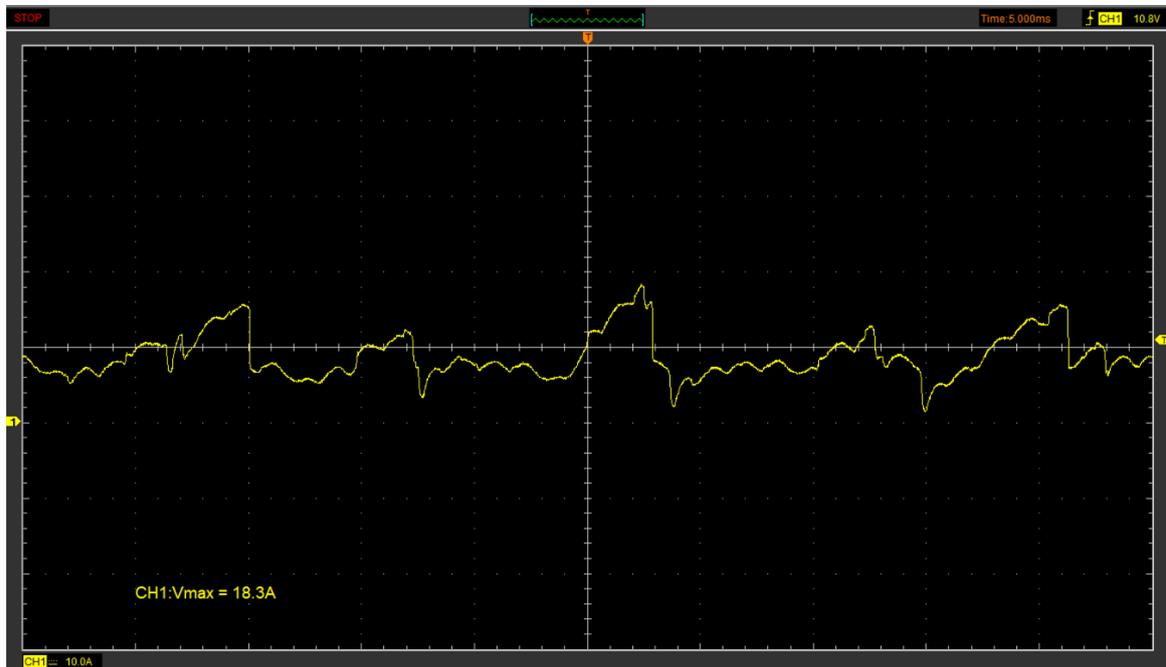
Consumo general del sistema.***Consumo total del sistema.***

Usando la pinza amperimétrica se midió el consumo total del módulo didáctico que llega a los 18,3 amperios como se aprecia en la figura 146; activando todos los componentes incluyendo el electroventilador; solamente el consumo del motor A/C no está incluido ya que no está conectado a la fuente de poder D/C.

Se coloca la pinza amperimétrica en el cable que está antes del llavín; donde está colocado el fusible principal de 30 amperios; es importante aclarar que al usar la pinza amperimétrica tiene dirección del flujo de corriente que si se coloca al revés la señal puede estar errónea; en el caso de los consumos principales la señal es solo de referencia la importancia radica en el consumo que indica el osciloscopio.

Figura 146.

Consumo total del módulo didáctico.



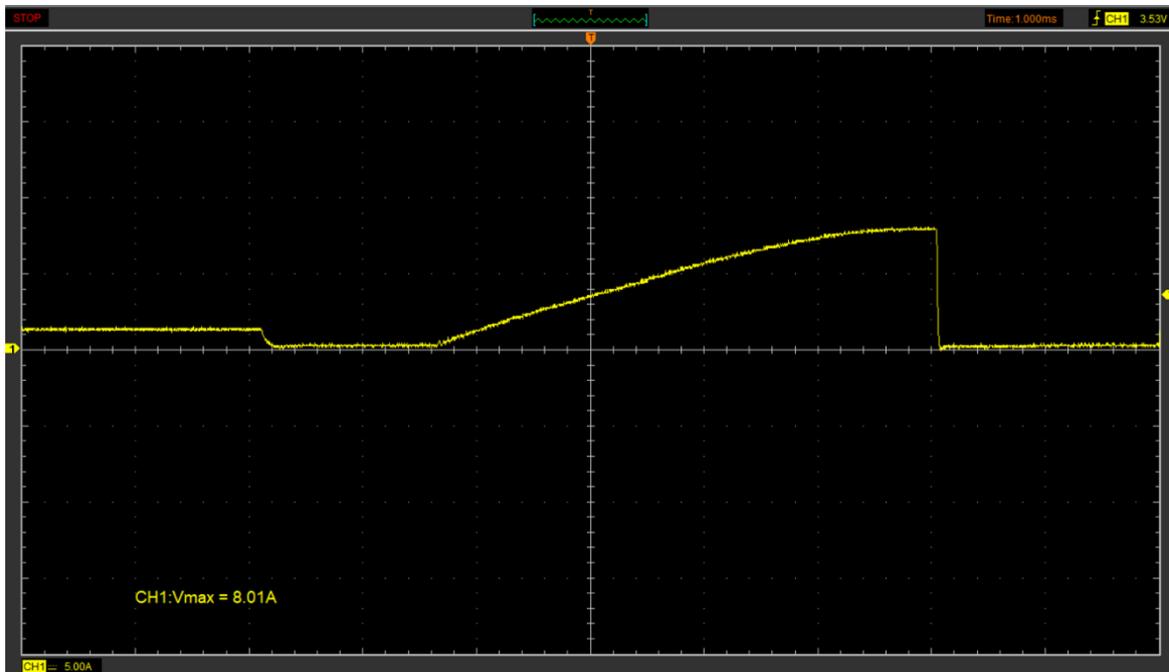
Nota. Calibración del osciloscopio a 10 A/div y 5 ms/div.

Consumo línea directa de alimentación.

Consumo de 8 amperios como se aprecia en la figura 147; en el cable de color negro con rojo que alimenta de tensión a los inyectores, el condensador de la bobina y a la ECU por el pin 38 como se aprecia en los anexos del 1 al 6.

Figura 147.

Consumo línea principal.



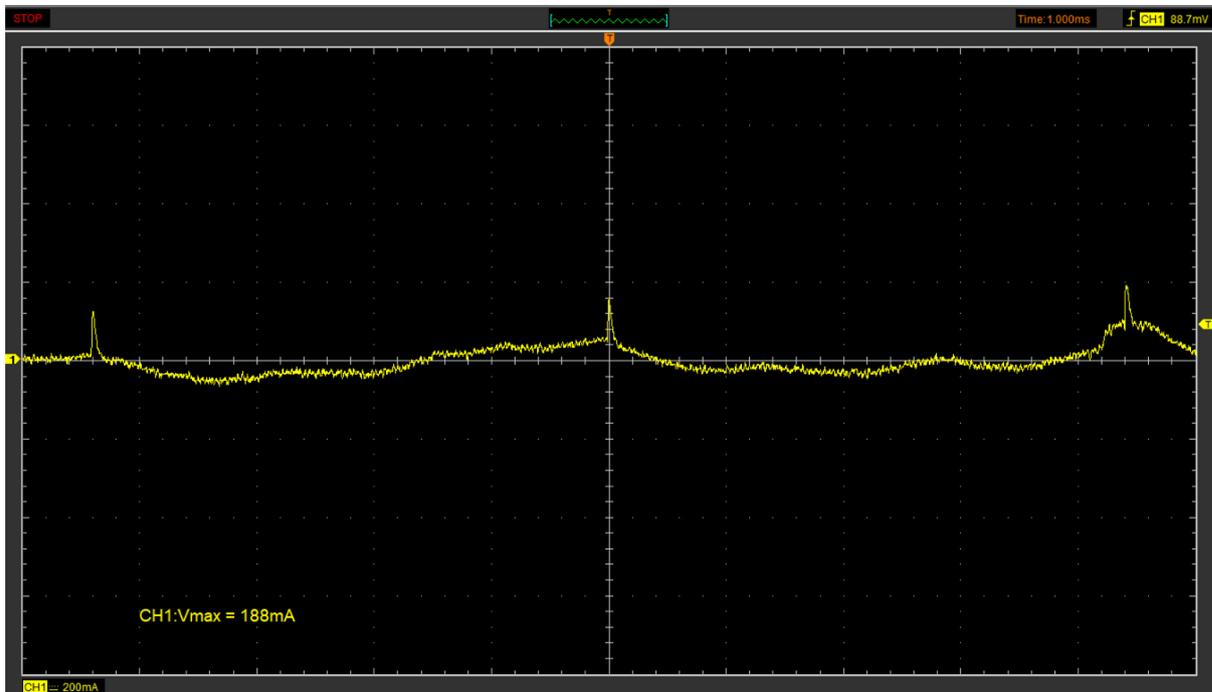
Nota. Calibración del osciloscopio a 5 A/div y 1 ms/div; esta señal se parece a la carga de la bobina ya que esta línea llega al condensador de la bobina que acumula tensión y atenúa picos de voltaje; al estar conectado al primario de la bobina como se aprecia en el anexo 6; se comparte la señal de carga.

Consumo línea directa de ignición.

Consumo en el cable de ignición de color negro con amarillo que llega al pin 20 de la ECU; se obtiene una corriente muy baja de 188 miliamperios como se aprecia en la figura 148; ya que es el voltaje al girar en el llavín a ignición en un vehículo avisando a la unidad de control que ya está en ignición.

Figura 148.

Consumo línea ignición.



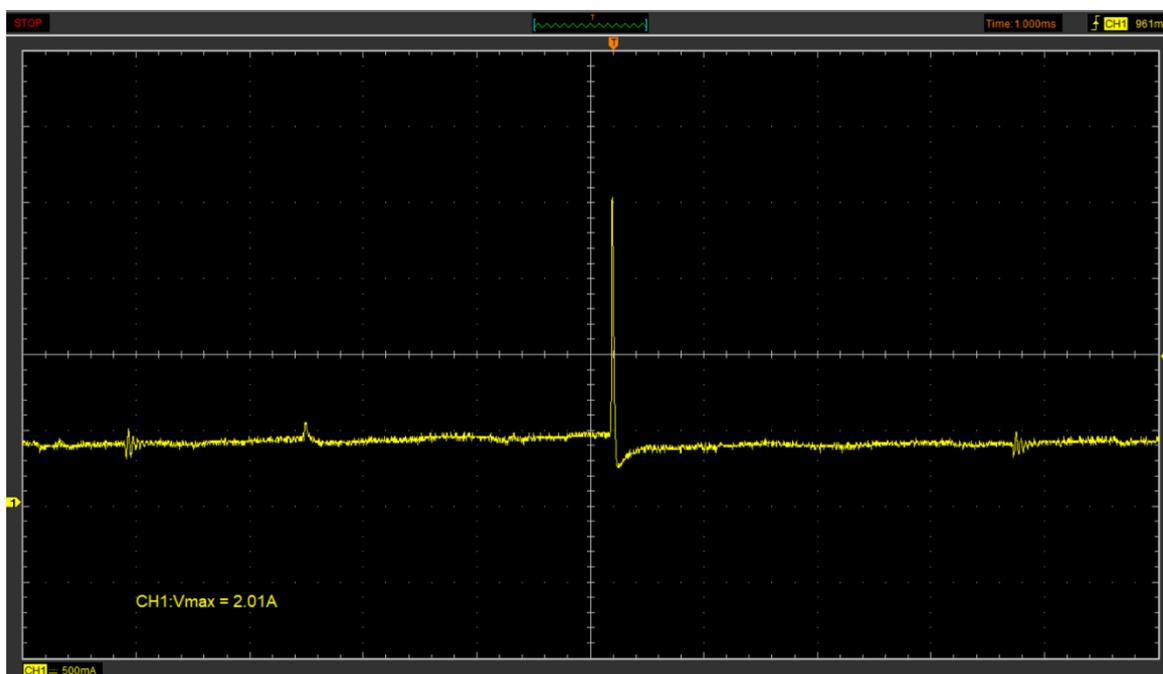
Nota. Calibración del osciloscopio a 200 mA/div y 1 ms/div.

Consumo línea directa del relé principal ECCS.

Consumo de 2 amperios como se aprecia en la figura 149; en el cable blanco con azul como se muestra en los anexos del 1 al 6; da tensión a la unidad de control por el pin 70 del conector de la ECU y alimenta el relé principal ECCS; este relé da tensión a la ECU por los pines 56 y 61, al conector del sensor MAF y al sensor óptico en el distribuidor.

Figura 149.

Consumo relé ECCS.



Nota. Calibración del osciloscopio a 500 mA/div y 1 ms/div.

Discusión

En este apartado se hará una comparación de los resultados obtenidos del módulo didáctico con los resultados de otras tesis y también la relación de la implementación de bancos didácticos para el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Mediante el uso de un banco de pruebas o módulo didáctico; “fue más fácil practicar los conceptos estudiados al observar el funcionamiento de los componentes” (p. 120) como lo menciona Vidal K. y Moreira M. (2014) permite un aprendizaje más didáctico; lo que favorece la comprensión del estudiante.

Al realizar este módulo didáctico se asentaron los estudios aprendidos durante estos 4 años como estudiante de la Universidad Internacional UISEK, compartiendo este mismo resultado Ordoñez J. y Ulloa P. (2011) aseguran que; “lograron verificar cada uno de los conceptos aprendidos durante el tiempo de estudiante” (p. 136).

Los bancos didácticos permiten entender de mejor manera las enseñanzas de los docentes; resaltando la importancia de la educación, pero la práctica eleva más el nivel del estudiante; como mencionan González C. y Burneo L. (2013) “la construcción de un módulo didáctico y las prácticas que permite facilitan en gran manera un mejor aprendizaje” (p. 97).

Con este módulo didáctico se ahondó en el uso del osciloscopio mejorando la comprensión de las señales de un motor; como lo mencionan Ordoñez J. y Ulloa P. (2011) “se pudo realizar un estudio más profundo de las señales de los sensores que el motor utiliza” (p. 136).

Conclusiones

Diseño del módulo didáctico; cumpliendo con la idea de simular la inyección de un vehículo a gasolina y la idónea ubicación de sus componentes.

Interconexión de los componentes seleccionados; logrando su funcionamiento y verificación del estado técnico de cada uno.

Construcción del módulo didáctico integral del sistema de inyección electrónica de motor a gasolina; mediante el diseño establecido y verificación del correcto funcionamiento.

Comprobación de las señales mediante el uso de la herramienta de diagnóstico osciloscopio; se obtuvieron las principales señales de un vehículo con inyección electrónica como: señal de Trigger para el transistor de poder; señal punto muerto superior, señal RPM cigüeñal, señal del pulso de inyección, señal del primario de la bobina, señal del secundario de la bobina, señal del sensor TPS, señal del sensor ECT y señal del sensor MAF.

Recomendaciones.

- Se recomienda mejorar el sistema que mueve al distribuidor; ya que actualmente el pedal y motor A/C de máquina de coser empleado; se calientan y no permiten estabilizar bien las RPM del sistema; puede construirse algún módulo que regule de mejor manera el motor A/C tipo potenciómetro y lograr una aceleración y desaceleración del sistema más estable.
- Terminar las conexiones eléctricas faltantes y colocar: la válvula de mínimo IACV-ACC, el solenoide de EGR, el solenoide de control de tiempo VTC (Valve Timing Control Solenoid), el Knock-Sensor e instalar el sensor CKP.
- Construir módulos electrónicos que puedan simular las señales de los sensores de oxígeno y agregarse a la pizarra; ya que el sistema necesita la señal del sensor de oxígeno número 1 para poder entrar en lazo cerrado.
- Detallar como futuro proyecto como funcionan los correctores de mezcla para disminuir al máximo la emisión de gases contaminantes.
- Agregar el conector DCL de diagnóstico de 16 pines OBD II y usar el escáner para diagnosticar todo el sistema y sus componentes.
- Instalar medidores de voltaje y amperaje de pantalla digital para cada sensor y actuador para mejorar el módulo didáctico.
- Instalar interruptores para simular fallas en: líneas de pulso de inyección, línea señal CMP, línea señal Trigger y línea señal 360 grados.

Bibliografía

- Vargas, J. C. (1999). *Manual de Mecánica para no Mecánicos*. Intermedios Editores, Colombia.
- Kienke, U. y Nielsen, L. (2005). *Automotive Control System*. Segunda edición, Springer, Berlin.
- Pulkrabek, W. (2003). *Engineering fundamentals of internal combustion engine*. Volume 2, Prentice Hall, New Jersey.
- Santander, J. (2006). *Manual Técnico de Fuel Injection*. Tomo 1, 2 y 3, Diseli Editors'', Guayaquil.
- Martyr, A. J. (2007). *Engine Testing Theory and Practice*. Elsevier, Tercera edición, Oxford.
- Ruiz S. y Santos L. J. (2008). *MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA ALTERNATIVOS (M.C.I.A.)*. Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, Valencia, España.
- Crolla D., Foster D., Kobayashi T. y Vaughan N. (2015). *ENCICLOPEDIA OF AUTOMOTIVE ENGINEERING*. Volume 1, United Kingdom, Wiley.
- Pérez, M. A. (2011). *Sistemas auxiliares del motor*. Editorial Paraninfo.
- Cuello, E. S. (2002). *Sistemas de inyección electrónica de gasolina*. Ediciones América.
- Verdaguer, A. (2005). *Manual práctico de inyección electrónica*.
- Concepción, M. (2011). *Sensores automotrices y análisis de ondas de osciloscopio: (Estrategias de Diagnóstico de Sistemas Modernos Automotrices)*.
- Bosch. (2012). *Los sensores del automóvil de Bosch*. 1 edición.
- Jfuentesg. (2001). Tubo de Venturi.
- Norbye, J. P. (1994). *Historia de la inyección de combustible - Manual de sistema fuel injection*. Guía técnica (José Concepción López, trad.). Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.

Norbye, J. P. (1994). *Sistema de inyección mecánica directa Bosch - Manual de sistemas fuel injection*. Guía técnica (José Concepción López, trad.). Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.

Ponce, E. (2020) *Desde el Tsuru, está es la historia del Icónico Nissan Sentra*. Autocosmos.

Nissan. (1995) *Service Manual Nissan B14 1995-1999*. Nissan S.A.

Repaircenter TechAdvisor Home (2023) RepairCenter TechAdvisor Home. Available at: <https://mic.mymitchell.com>

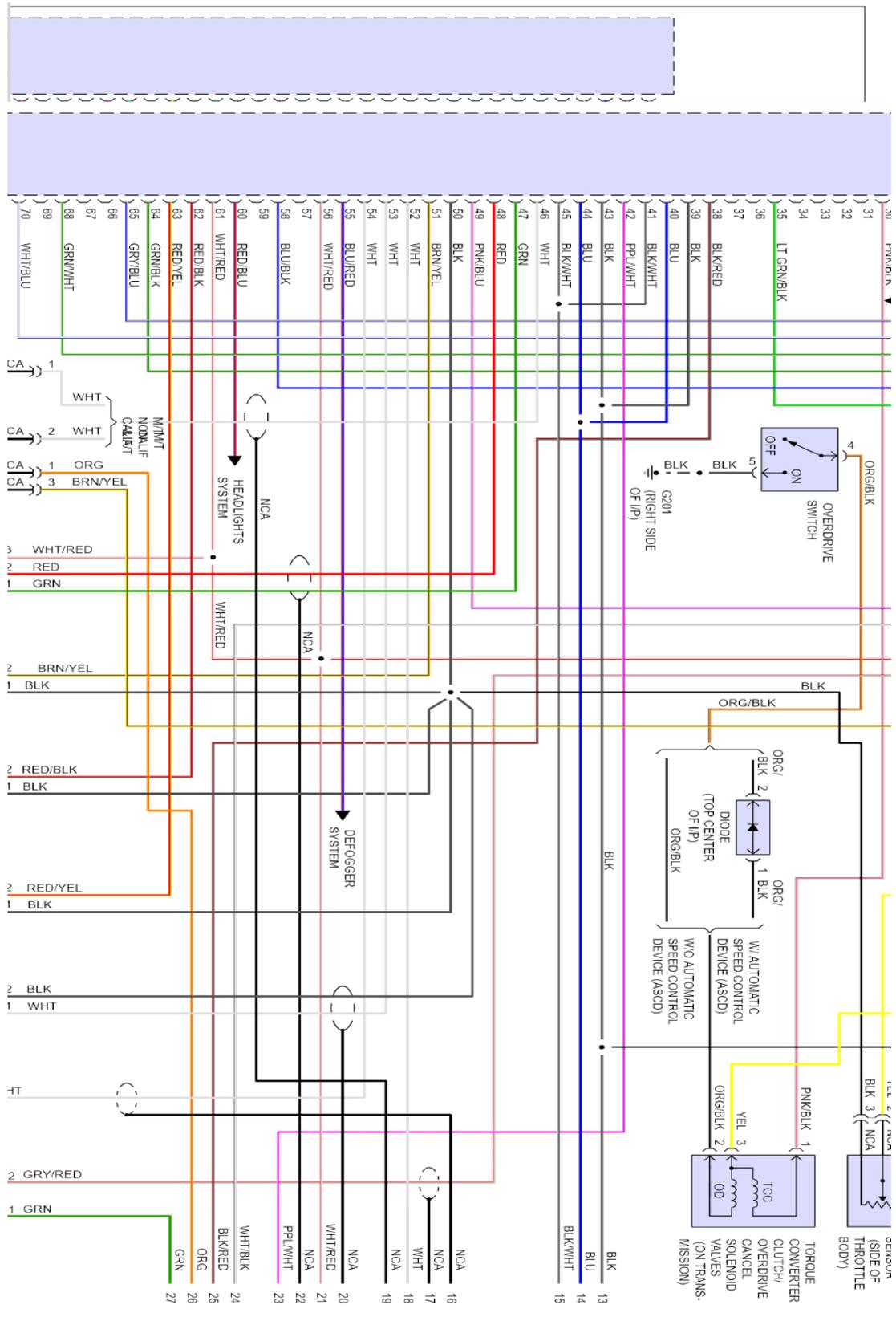
Hidalgo, E. V. (2021) *El control y la gestión de la inyección electrónica de combustible para los motores de encendido provocado*. Dominio de las Ciencias, 7(4), 1869-1887.

Vidal K. y Moreira M. (2014) *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE ENTRENAMIENTO PARA DIAGNÓSTICO DE SENSORES AUTOMOTRICES* [Tesis, UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR] <https://1library.co/title/disen-y-construccion-de-un-banco-de-entrenamiento-para-diagnostico-de-sensores-automotrices>.

Ordoñez J. y Ulloa P. (2011) *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE ENTRENAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA REPROGRAMABLE A GASOLINA Y ANÁLISIS RE RENDIMIENTO CON VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS* [Tesis, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALECIANA] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1246/12/UPS-CT002132.pdf>

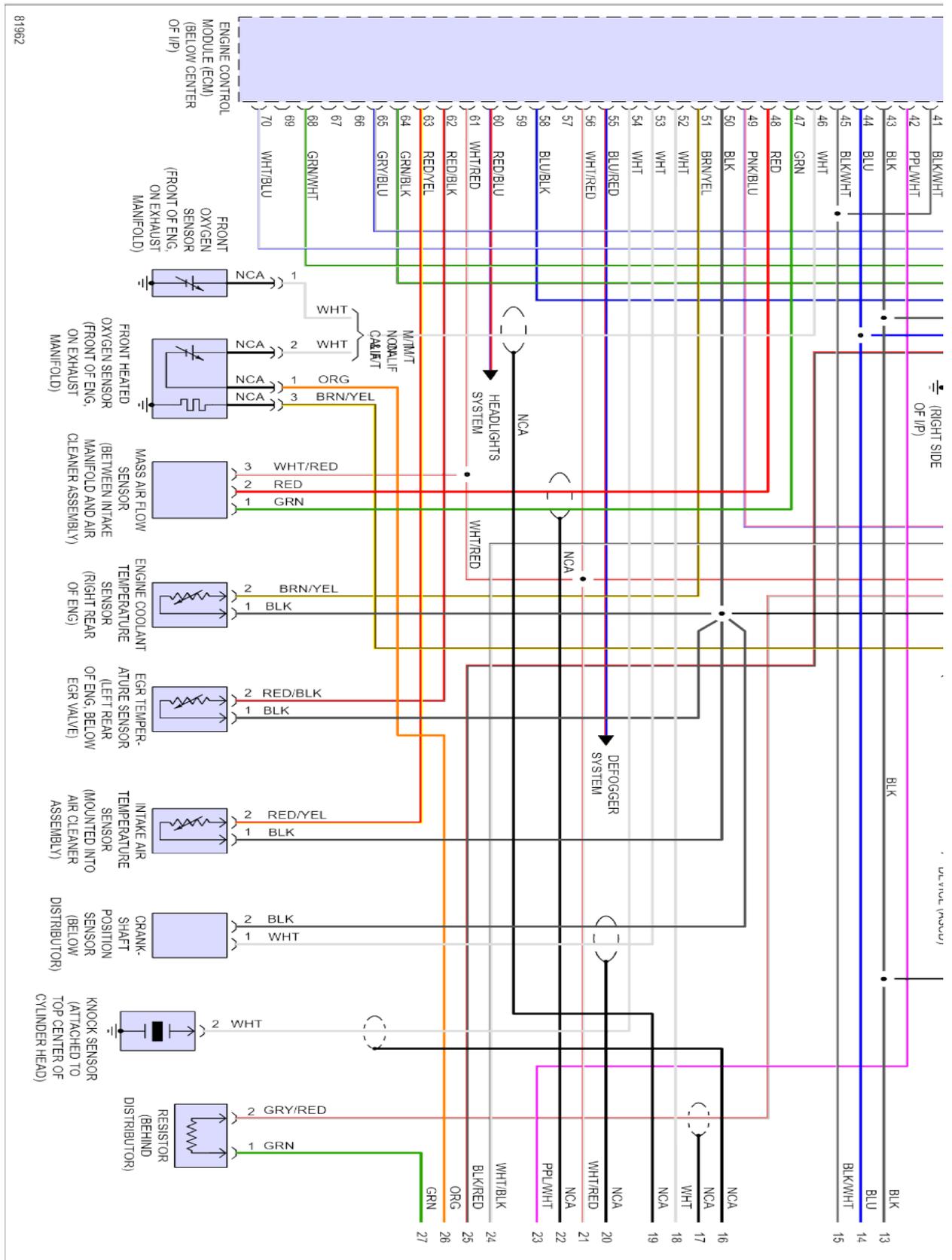
González C. y Burneo L. (2013) *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO FUNCIONAL DEL SISTEMA DE INYECCIÓN TBI* [Tesis, UNIVERSIDAD DEL AZUAY] <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2219/1/09681.pdf>

Anexo 1. Diagrama eléctrico del motor Nissan B14 1996.

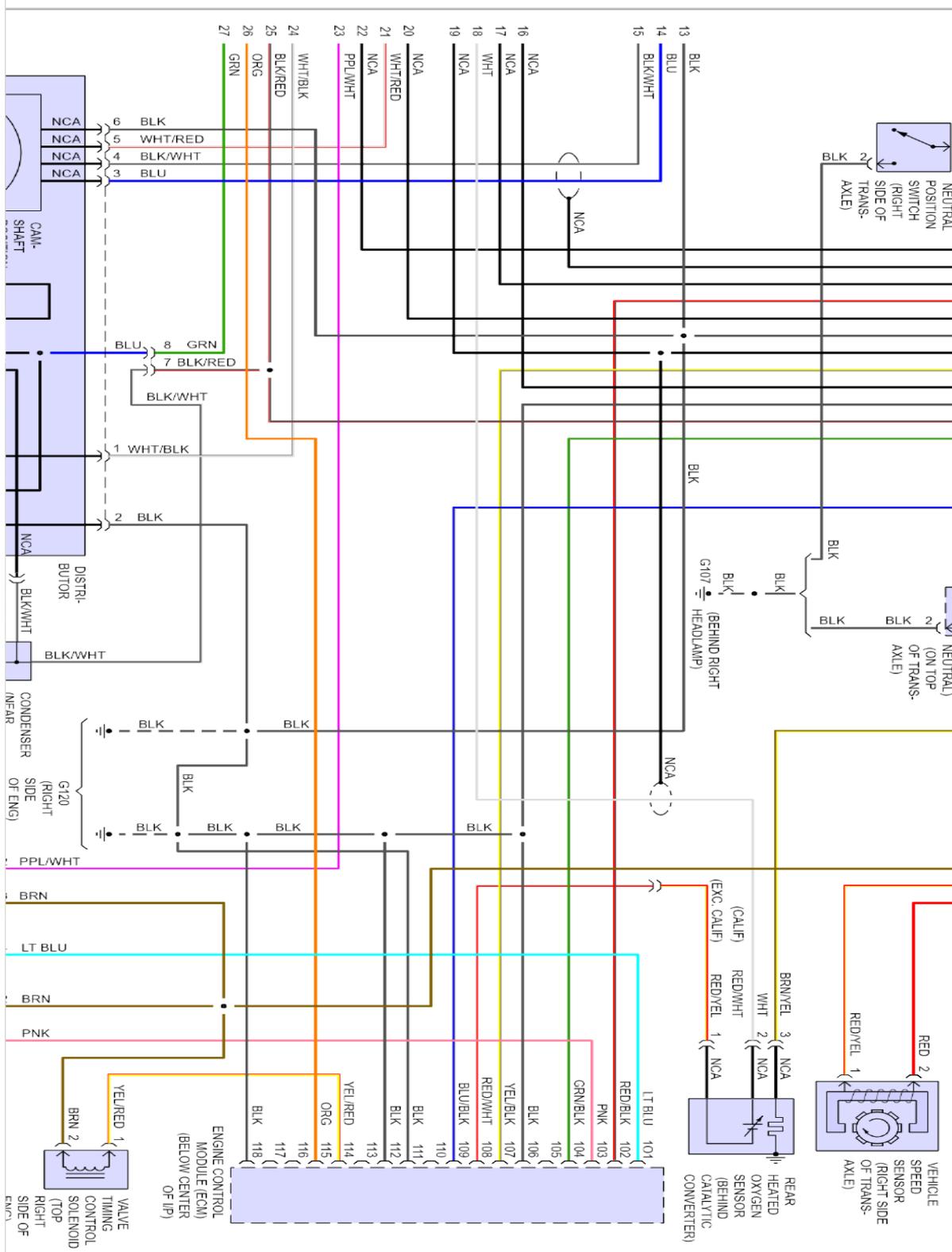


Anexo 2. Diagrama eléctrico del motor Nissan B14 1996.

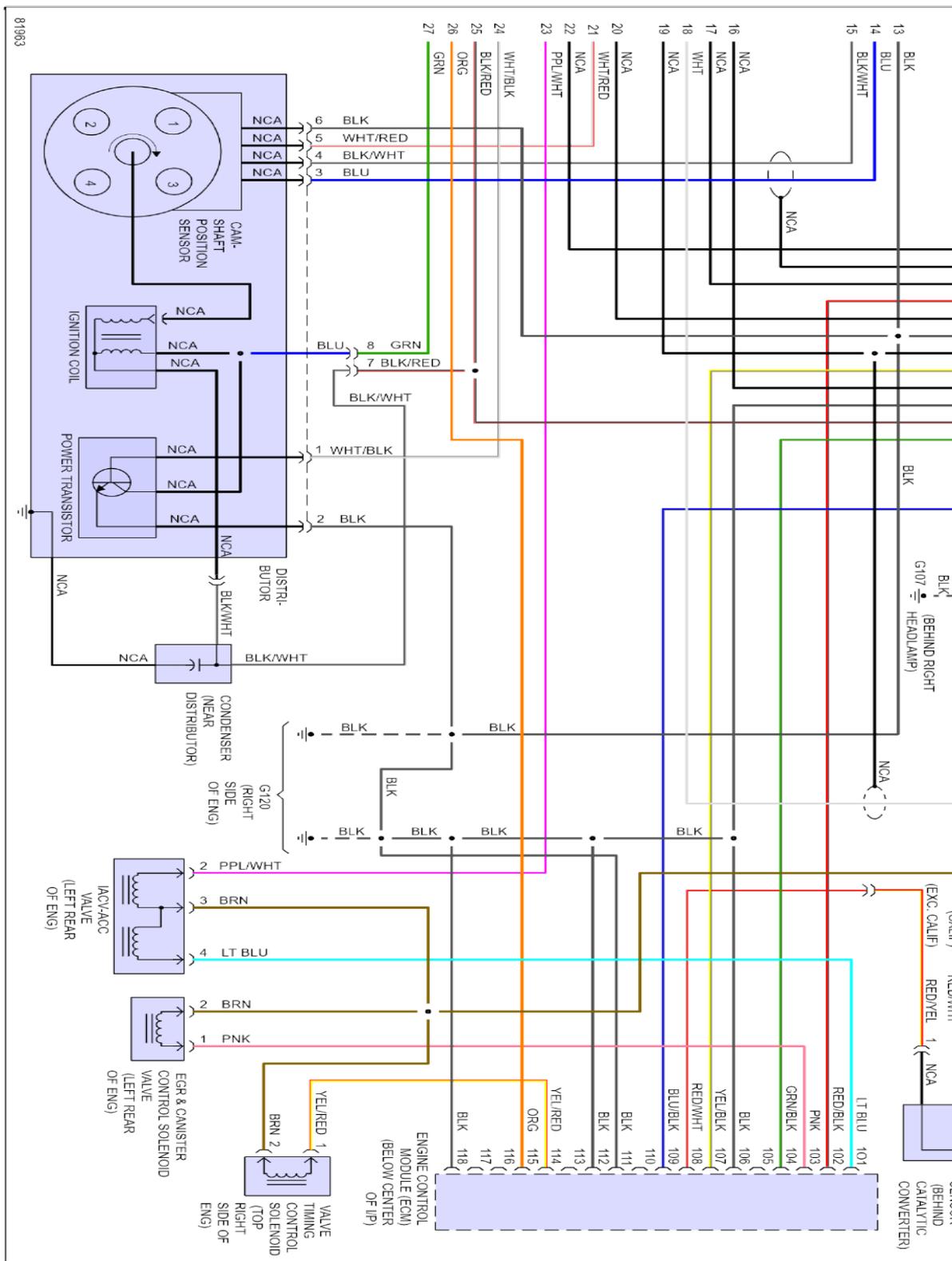
Anexo 3. Diagrama eléctrico del motor Nissan B14 1996.



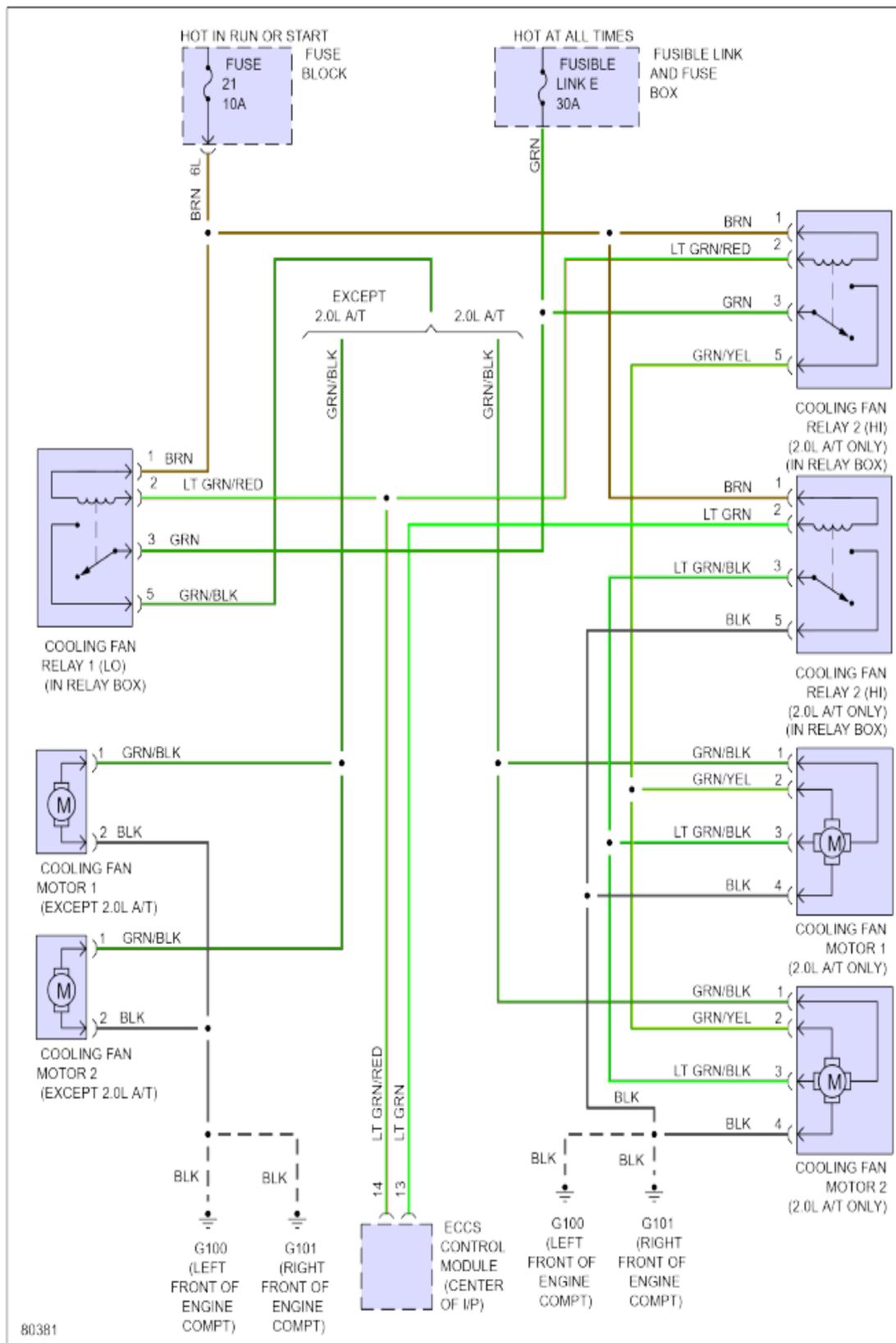
Anexo 5. Diagrama eléctrico del motor Nissan B14 1996.



Anexo 6. Diagrama eléctrico del motor Nissan B14 1996.



Anexo 7. Diagrama eléctrico del electroventilador de Nissan B14 1996.



Anexo 8. Teoría y operación de la inyección de Nissan B14 1996.

1996 Nissan Sentra**Powertrain Diagnostics & Repair / Engine Performance / Theory & Operation / ENGINE CONTROLS - THEORY & OPERATION 1.6L**

FUEL DELIVERY**Fuel Pump**

The electric in-tank fuel pump is turned on by the ECM. Fuel pump is activated when ECM supplies the missing voltage or ground signal through the fuel pump relay. Fuel pump will be energized by the ECM for up to 5 seconds when ignition is first turned on, during cranking and during running. Fuel pump will be de-energized about one second after engine stops.

Fuel Pump Relay

Fuel pump relay receives current from battery or from the ignition switch when switch is in the ON position. Relay is energized when a ground is supplied at ECM terminal No. 8. This causes relay contacts to close, delivering battery voltage to the in-tank fuel pump.

Fuel Pressure Regulator

Fuel is delivered to the injector from the in-tank electric fuel pump. Fuel pressure at the injector is regulated by the fuel pressure regulator, located in the fuel return line between the injector and the fuel tank. The pressure regulator is a sealed unit divided into 2 chambers (fuel and spring) by a diaphragm. The fuel chamber receives fuel through the inlet side from the injector fuel rail. The spring chamber is connected to intake manifold vacuum.

A vacuum-operated diaphragm inside the regulator maintains fuel pressure at a specific range, taking into consideration changes in engine load. At idle, intake manifold vacuum is high, causing the diaphragm to be pulled down, allowing excessive fuel to be returned to the fuel tank. As the throttle is depressed, intake manifold vacuum decreases, allowing diaphragm regulator spring to overcome manifold vacuum, causing diaphragm to block fuel returning to fuel tank. This causes an increase in fuel pressure.

FUEL CONTROL**Feedback System**

ECM calculates base injection pulse width by processing signals from the CMP sensor and mass airflow sensor. After receiving signals from sensors detecting engine conditions, ECM adds fuel enrichment (preprogrammed into the control unit) to the base injection width to obtain optimum fuel mixture for all operating conditions. Fuel enrichment is always available during warm-up, starting, off idle, heavy load and when engine temperature is great.

Fuel injection system incorporates mixture ratio feedback. It is designed to maintain a precise mixture ratio. Through input signals from the heated oxygen sensor, ECM can adjust air/fuel ratio to optimally control exhaust emissions and engine performance. This function takes place during closed loop operation. ECM continuously monitors itself to stay within an acceptable emissions output range. However, this feedback system can be overridden and will operate in open loop when one or more of the following conditions exist:

- Starting.
- Engine and/or oxygen sensor cold.
- Driving at high speeds or under heavy load.
- Oxygen sensor monitors a too rich condition for over 10 seconds.
- Fuel shutoff solenoid is activated.
- Vehicle is decelerating.
- EGR temperature sensor is malfunctioning.

Fuel Injector

The fuel injector is a small elaborate solenoid. The ECM sends a duration signal to the injector, which in turn opens to high pressure fuel supplied by the fuel pump.

Sequential Fuel Injection (SFI)

Anexo 9. Rango de sensores de Nissan B14 1996.

SENSOR RANGE CHARTS

Sensor operating range information can help determine if a sensor is out of calibration. An out-of-calibration sensor may not set a trouble code, but it may cause driveability problems.

NOTE: Perform all voltage tests using a Digital Volt-Ohmmeter (DVOM) with a minimum 10-megohm input impedance, unless stated otherwise in test procedure. To identify ECU terminals, see wiring diagram in the [WIRING DIAGRAMS](#) article.

CRANKSHAFT POSITION SENSOR RESISTANCE - @ 77°F (25°C)

Application	Ohms
1.6L Engine (With A/T)	166-204
1.6L Engine (With M/T)	432-528

ENGINE (COOLANT) TEMPERATURE SENSOR RESISTANCE

Temperature °F (°C)	Ohms
68 (20)	2100-2900
122 (50)	680-1000
176 (80)	300-330
194 (90)	236-260

EXHAUST GAS TEMPERATURE SENSOR RESISTANCE

Temperature °F (°C)	Ohms
212 (100)	76,770-93,830

INTAKE AIR TEMPERATURE SENSOR RESISTANCE

Temperature °F (°C)	Ohms
68 (20)	2100-2900
122 (50)	680-1000
176 (80)	300-330
194 (90)	236-260

KNOCK (DETONATION) SENSOR RESISTANCE - @ 77°F (25°C)

Anexo 10. Rango de sensores de Nissan B14 1996.

Application	Ohms
Sentra	500,000-620,000

MASS AIRFLOW SENSOR VOLTAGE TEST ¹

Application	Volts ² With KOEO	Volts At Idle
Sentra	Less Than 1.0	1.0-1.7

¹ Values are approximate and vary with engine RPM.
² Key On, Engine Off.

OXYGEN SENSOR OPERATING RANGE

Application	Volts
Front Oxygen Sensor	About .35-.60
Rear Oxygen Sensor	About .55-.60

OXYGEN SENSOR HEATER ELEMENT RESISTANCE - @ 77°F (25°C)

Application	Ohms
Front HO2S	3.3-6.3
Rear HO2S	5.2-8.2

POWER STEERING OIL PRESSURE SWITCH

Condition	Continuity
Steering Unloaded (Not Turning Steering Wheel)	No
Steering Loaded (Turning Steering Wheel)	Yes

THROTTLE POSITION SENSOR RESISTANCE TEST ¹

Application	Wire Colors	k/Ohms
Sentra	Yellow & Black	0.8-4.0

¹ Ensure resistance changes when opening/closing throttle.

Anexo 11. Rango de componentes del sistema de ignición de Nissan B14 1996.

IGNITION COIL

IGNITION COIL RESISTANCE - Ohms @ 77°F (25°C)

Application	Primary	Secondary
Sentra	1.0	10,000

HIGH TENSION WIRE RESISTANCE

HIGH TENSION WIRE RESISTANCE

Application	Ohms
Plug Wires	30,000 Maximum
Coil Wire	7000 Maximum

SPARK PLUGS

SPARK PLUG TYPE

Application	NGK
Sentra	BKR5E-11

SPARK PLUG SPECIFICATIONS

Application	Gap In. (mm)	Torque Ft. Lbs. (N.m)
Sentra	.039-.043 (1.00-1.10)	14-22 (20-29)

Anexo 12. Descripción y operación del sistema de emisiones de Nissan B14 1996.

1996 Nissan Sentra**Powertrain Diagnostics & Repair / Engine Performance / Fault Isolation / ENGINE CONTROLS - TESTS W/CODES 1.6L**

DESCRIPTION & OPERATION**MALFUNCTION INDICATOR LIGHT**

The Malfunction Indicator Light (MIL) is located on instrument panel and is labeled CHECK ENGINE. The MIL will illuminate if the ECM detects a failure of a OBD-II emission related component. When this occurs, a Diagnostic Trouble Code (DTC) will be set into ECM memory.

When a malfunction has been detected in 2 consecutive drive cycles, the ECM will turn on the MIL and store a DTC in memory. One exception is if a misfire malfunction is detected that may damage catalytic converter, the MIL will illuminate or flash immediately and DTC will be set. If the same malfunction is not detected for 3 consecutive drive cycles the ECM will turn MIL off. The DTC will remain in ECM memory for 40 drive cycles, if fault does not recur DTC will be purged from ECM memory.

If MIL remains on during engine cranking, it could indicate the ECM is not receiving CMP signal or the MIL circuit is shorted to ground. If MIL blinks there may be a severe misfire being detected by ECM. To turn MIL off after a repair, a ECM reset command from the scan tool must be sent, or 3 consecutive drive cycles must be completed without any detected malfunction. See [DRIVE CYCLES](#). If MIL never illuminates, check MIL circuit for opens and shorts. See the [WIRING DIAGRAMS](#) article.

DIAGNOSTIC TROUBLE CODES (DTCs)

The Engine Control Module (ECM) monitors several different engine control circuits. If a malfunction occurs, ECM will record a Diagnostic Trouble Code (DTC). The next time engine is started and the same malfunction is detected ECM will turn on MIL signaling a DTC is in ECM memory.

After 3 consecutive drive cycles without a malfunction, ECM will turn off MIL, however DTC will be stored in ECM memory. If ECM does not detect a that fault for 40 drive cycles, DTC will be purged from ECM memory. ECM will purge a DTC for a misfire or fuel trim malfunction when fault is not detected for 80 drive cycles of engine with engine speed, coolant temperature, etc. similar to when malfunction first occurred.

Hard faults cause MIL to illuminate and remain on until the malfunction is repaired. If light comes on and remains on (light may flash) during vehicle operation, cause of malfunction must be determined. If a sensor fails, ECM will use a substitute value in its calculations to continue engine operation. In this condition, vehicle is functional, but driveability will be affected.

FREEZE FRAME DATA

When a DTC is stored, ECM will also record and store engine operating conditions when malfunction occurred. This information is referred to as freeze frame data. Freeze frame data will be stored in ECM memory until cleared, with the exception of the occurrence of an engine misfire or fuel trim malfunction. When a misfire or fuel trim fault occurs, freeze frame data will be updated with the most current information regarding these failures. Freeze frame data cannot be accessed using MIL. Freeze frame data available is:

- Engine coolant temperature.
- Engine speed.
- Vehicle speed.
- Long term fuel compensation (long term fuel trim - displayed as percent).
- Short term fuel compensation (short term fuel trim - displayed as percent).
- Fuel control condition:
- Open or closed loop.
- Malfunction of rear O2S.
- Calculated load value (displayed as percent)
- Diagnostic Trouble Code (DTC) during data recording.

Anexo 13. Descripción y operación del sistema de ignición de Nissan B14 1996.

SFI vehicles can operate in one of 2 injection modes: simultaneous or sequential. In simultaneous injection mode, fuel is injected into all cylinders at same time. In sequential injection mode, injectors are triggered in spark plug firing order. Fuel injection operates in sequential mode under most conditions. Fuel injection will shift from sequential to simultaneous mode under following conditions: when engine speed is less than 300 RPM, when engine temperature is less than 140°F (60°C), and during starting.

If mass airflow sensor malfunctions, ECM will enter fail-safe mode. In fail-safe mode, fuel injection is determined from internal default tables based on throttle position. During fail-safe mode, engine speed is limited to less than 2000 or 3000 RPM, depending on model. When the engine reaches this maximum RPM, it will not go faster, indicating the fail-safe system is in effect and vehicle needs servicing.

IGNITION SYSTEM

NOTE: Vehicle uses a Light Emitting Diode (LED) Camshaft Position (CMP) sensor. For additional information on operation, see INPUT DEVICES under COMPUTERIZED ENGINE CONTROLS.

DISTRIBUTOR IGNITION (DI) SYSTEM

A camshaft position sensor mounted inside the distributor monitors engine speed and piston location. See Fig. 2. Signals created by camshaft position sensor are sent to the ECM.

Power Transistor & Ignition Coil(s)

Power transistor uses ignition signals received from ECM to trigger ignition coil. Power for ignition coil(s) is supplied through the ignition switch.

IGNITION TIMING CONTROL SYSTEM

The ignition system controls ignition timing by matching vehicle operating conditions to preprogrammed timing advance and retard specifications. These parameters are stored in the ECM memory. The ECM uses input from the camshaft and crankshaft sensors, coolant and various other sensors to determine advance requirements.

Ignition timing is controlled by the ECM according to engine operating conditions. Optimum ignition timing for various driving conditions is preprogrammed and stored in the ECM. ECM receives and processes electrical signals from various sensors to determine present driving conditions. ECM will then select optimum timing signal for the present conditions and send voltage signal to the power transistor to control timing advance and detonation retard operation (if equipped).

Ignition Timing Retard

See KNOCK SENSOR (KS) under INPUT DEVICES under COMPUTERIZED ENGINE CONTROLS.

Anexo 14. Descripción de componentes de la inyección de Nissan B14 1996.

FUEL PRESSURE

Begin basic diagnosis of fuel system by determining fuel system pressure. If fuel pump is inoperative, check fuel pump fuse. If fuse is okay, see FUEL SYSTEM in the [SYSTEM/COMPONENT TESTS](#) article. See [WIRING DIAGRAMS](#) article for specific circuit or wire color.

WARNING: Always relieve fuel pressure before disconnecting any fuel injection-related component. DO NOT allow fuel to contact engine or electrical components. If connecting fuel pressure gauge to fuel system without using a "T" connector, DO NOT operate fuel pump for more than a few seconds. Operating fuel pump longer than a few seconds under this condition can damage fuel pump.

1. To relieve fuel system pressure, remove fuel pump fuse. Start engine, and allow it to run until it stalls. Crank engine 2 or 3 more times to verify all pressure has dissipated.
2. Turn ignition off. Install fuel pump fuse. Connect fuel gauge between fuel filter outlet and fuel tube using a "T" connector. Disconnect electrical connector at fuel pressure regulator control solenoid valve (if equipped).
3. Start engine. Check fuel line connections for leaks. Check fuel pressure with engine idling. Disconnect vacuum hose from pressure regulator. Recheck fuel pressure.
4. Compare fuel pressure readings on pressure gauge with specifications in FUEL PRESSURE table. Release fuel system pressure as described in step 1). Disconnect fuel pressure gauge. Reconnect fuel lines. Start engine and check for fuel leaks.

REGULATED FUEL PRESSURE

Application	At Idle W/O Vacuum psi (kg/cm2)	At Idle W/ Vacuum psi (kg/cm2)
Sentra	43 (3.0)	34 (2.4)

IGNITION CHECKS

DISTRIBUTOR IGNITION

To determine cause of no-spark condition, perform following tests in order given. Deviation from this procedure may cause false diagnosis and replacement of non-defective components.

Spark

Check for spark at coil wire and each spark plug wire using spark tester. DO NOT crank engine continuously for more than 2 seconds. Inspect secondary coil wire for arcing while testing spark at plugs. Check electrical connections at Camshaft Position (CMP) sensor, ignition coil and power transistor.

Ignition Coil Power Source

1. Disconnect ignition coil 2-pin connector. Turn ignition on. Check for voltage at specified wire terminal. See IGNITION COIL POWER SOURCE TERMINAL IDENTIFICATION table.
2. If voltage is present, go to POWER TRANSISTOR. If voltage is not present, check continuity of entire circuit between battery and ignition coil, including fusible link and ignition switch.

IGNITION COIL POWER SOURCE TERMINAL IDENTIFICATION

Application	Wire Color
1.6L	Black/White

Power Transistor

For power transistor system testing, see P1320, IGNITION SIGNAL in the [TESTS W/CODES](#) article. For power transistor component testing, see IGNITION SYSTEMS in [SYSTEM/COMPONENT TESTS](#) article.

Ignition Coil Resistance

1. If ignition coil malfunction is suspected, carefully inspect external housing for burned spots indicating secondary circuit arcing to primary or ground circuits. Disconnect ignition coil primary 2-pin connector.

Anexo 15. Descripción de componentes del sistema de ignición de Nissan B14 1996.

- Using an ohmmeter, check resistance between primary connector terminals. Check resistance between secondary tower and positive terminal of coil primary connector. Positive terminal is identified by wire color in IGNITION COIL POWER SOURCE TERMINAL IDENTIFICATION table. If either resistance is not as specified, replace ignition coil. See appropriate IGNITION COIL RESISTANCE table.

IGNITION COIL RESISTANCE - Ohms @ 77°F (25°C)

Application	Primary	Secondary
Sentra	1.0	10,000

Camshaft Position (CMP) Sensor

- CMP sensor is located inside distributor. If a fault is present in CMP sensor, see P0340, CAMSHAFT POSITION (CMP) SENSOR in the TESTS W/CODES article.
- To test CMP sensor, remove distributor. Leave wiring harness connected. Using a voltmeter, connect negative lead to ground and alternately connect positive lead to 1° signal terminal and 120°/180° signal terminal. See CMP SENSOR INPUT SIGNAL TERMINALS table. See appropriate CMP sensor self-diagnostic test in the TESTS W/CODES article.
- Measure voltages at both terminals while rotating distributor by hand. Voltage should fluctuate between 0-5 volts. If either voltage signal does not fluctuate between 0-5 volts, check harness for short or open circuit. If no problems are found, replace CMP sensor.

CMP SENSOR INPUT SIGNAL TERMINALS

Application	1° Signal	120°/180° Signal
Sentra	3	4

Anexo 16. Características del regulador de combustible e inyectores de Nissan B14 1996.

FUEL SYSTEM

FUEL PUMP

REGULATED FUEL PRESSURE

Application	At Idle W/O Vacuum psi (kg/cm ²)	At Idle W/ Vacuum psi (kg/cm ²)
Sentra	43 (3.0)	34 (2.4)

FUEL INJECTOR RESISTANCE

Fuel injectors should have resistance value of 10-14 ohms.

Anexo 17. Definición de cada pin de la ECU Nissan Sentra B14.

TER-MINAL NO.	WIRE COLOR	ITEM	CONDITION	DATA (DC Voltage)
1	W/B	Ignition signal	Engine is running. └ Idle speed	0.2 - 0.3V*
			Engine is running. └ Engine speed is 2,000 rpm	Approximately 0.5V*
2	GY/R	Ignition check	Engine is running. └ Idle speed	Approximately 12V*
3	L/OR	Tachometer	Engine is running. └ Idle speed	Approximately 0.9V*
4	W/G	ECCS relay (Self-shut-off)	Engine is running. Ignition switch "OFF" └ For a few seconds after turning ignition switch "OFF"	0 - 1V
			Ignition switch "OFF" └ A few seconds passed after turning ignition switch "OFF"	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
7	PU (A/T mode's)	A/T check signal	Ignition switch "ON" Engine is running.	1.0 - 8.0V
8	B/P	Fuel pump relay	Ignition switch "ON" └ For 5 seconds after turning ignition switch "ON"	0.07 - 0.20V
			Engine is running. Ignition switch "ON" └ More than 5 seconds after turning ignition switch "ON"	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
10	B	ECCS ground	Engine is running. └ Idle speed	Engine ground
13	LG (A/T models)	Cooling fan relay (High)	Engine is running. └ Cooling fan is not operating	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
			Engine is running. └ Cooling fan (High) is operating	0.07 - 0.10V
14	LG/R	Cooling fan relay (Low)	Engine is running. └ Cooling fan is not operating	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
			Engine is running. └ Cooling fan (Low) is operating	0.07 - 0.10V

*Average voltage for pulse signal (Actual pulse signal can be confirmed by oscilloscope.)

Nota. Detalle de los pines, número de terminal, color de cableado, que es, condición y voltaje (Repaircenter TechAdvisor Home, 2023).

Anexo 18. Definición de cada pin de la ECU Nissan Sentra B14.

TER-MINAL NO.	WIRE COLOR	ITEM	CONDITION	DATA (DC Voltage)
15	G/Y	Air conditioner relay	Engine is running. └ Both A/C switch and blower switch are "ON"	0.08 - 0.2V
			Engine is running. └ A/C switch is "OFF"	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
18	OR/L	Malfunction indicator lamp	Ignition switch "ON"	Approximately 80mV
			Engine is running. └ Idle speed	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
19	B	ECCS ground	Engine is running. └ Idle speed	Engine ground
20	B/Y	Start signal	Ignition switch "ON"	Approximately 0V
			Ignition switch "START"	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
21	R/L	Air conditioner switch	Engine is running. └ Both air conditioner switch and blower switch are "ON" (Compressor operates)	Approximately 0V
			Engine is running. └ Air conditioner switch is "OFF"	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
22	G/OR	Neutral position switch (M/T models) Inhibitor switch (A/T models)	Ignition switch "ON" └ Gear position is "Neutral position" (M/T models) └ Gear position is "N" or "P" (A/T models)	Approximately 0V
			Ignition switch "ON" └ Except the above gear position	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
23	Y	Throttle position sensor	Ignition switch "ON" └ Accelerator pedal released	0.35 - 0.85V
			Ignition switch "ON" └ Accelerator pedal fully depressed	Approximately 4V
25	SB	Power steering oil pressure switch	Engine is running. └ Steering wheel is being turned	Approximately 0V
			Engine is running. └ Steering wheel is not being turned	Approximately 5V
26	PU/R	Vehicle speed sensor	Engine is running. └ Slowly rotating front wheels	Approximately 1.8 - 2.4V* (AC voltage)

*Average voltage for pulse signal (Actual pulse signal can be confirmed by oscilloscope.)

Nota. Detalle de los pines, número de terminal, color de cableado, que es, condición y voltaje (Repaircenter TechAdvisor Home, 2023).

Anexo 19. Definición de cada pin de la ECU Nissan Sentra B14.

TER-MINAL NO.	WIRE COLOR	ITEM	CONDITION	DATA (DC Voltage)
33	W/R	Throttle position sensor signal	Ignition switch "ON" └ Accelerator pedal released	Approximately 0.4V
			Ignition switch "ON" └ Accelerator pedal fully depressed	Approximately 3V
38	B/R	Ignition switch	Ignition switch "OFF"	0V
			Ignition switch "ON"	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
39	B	ECCS ground	Engine is running. └ Idle speed	Engine ground
40 44	L L	Camshaft position sensor (Reference signal)	Engine is running. └ Idle speed	Approximately 2.7V* (AC voltage)
43	B	ECCS ground	Engine is running. └ Idle speed	Engine ground (Probe this terminal with ⊖ tester probe when measuring.)
41 45	B/W B/W	Camshaft position sensor (Position signal)	Engine is running. └ Idle speed	Approximately 2.7V* (AC voltage)
46	W	Front heated oxygen sensor	Engine is running. └ After warming up sufficiently and engine speed is 2,000 rpm	0 - Approximately 1.0V (periodically change)
47	OR	Mass air flow sensor	Engine is running. (Warm-up condition) └ Idle speed	1.3 - 1.7V
			Engine is running. (Warm-up condition) └ Engine speed is 2,000 rpm	1.7 - 2.1V
48	W	Mass air flow sensor ground	Engine is running. (Warm-up condition) └ Idle speed	0.005 - 0.02V
49	P/L	Throttle position sensor power supply	Ignition switch "ON"	Approximately 5V
50	B	Sensors' ground	Engine is running. (Warm-up condition) └ Idle speed	0.001 - 0.02V
51	BR/Y	Engine coolant temperature sensor	Engine is running.	0 - 4.84V Output voltage varies with engine coolant temperature.
52	W	Rear heated oxygen sensor	Engine is running. └ After warming up sufficiently and engine speed is 2,000 rpm	0 - Approximately 1.5V**

*Average voltage for pulse signal (Actual pulse signal can be confirmed by oscilloscope.)
**During the on-board diagnosis for the open circuit, approx. 1.5 - 5V will appear. This is not a malfunction.

Nota. Detalle de los pines, número de terminal, color de cableado, que es, condición y voltaje (Repaircenter TechAdvisor Home, 2023).

Anexo 20. Definición de cada pin de la ECU Nissan Sentra B14.

TER-MINAL NO.	WIRE COLOR	ITEM	CONDITION	DATA (DC Voltage)
53	W	Crankshaft position sensor (OBD)	Engine is running. (A/T: N range, M/T: Neutral) └ Idle speed (Air conditioner switch "OFF")	More than 0.4V* (AC voltage)
54	W	Knock sensor	Engine is running. └ Idle speed	2.0 - 3.0V
56 81	W/R W/R	Power supply for ECM	Ignition switch "ON"	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
58	L/B	Data link connector for GST	Engine is running. └ Idle speed (GST is disconnected)	6 - 10V
62	R/B	EGR temperature sensor	Engine is running. (Warm-up condition) └ Idle speed	Less than 4.5V
			Engine is running. (Warm-up condition) └ EGR system is operating	0 - 1.5V
63	R/Y	Intake air temperature sensor	Engine is running.	0 - 5.0V Output voltage varies with intake air temperature.
64	G/B	Data link connector for CONSULT	Engine is running.	Approximately 0V
65	G/Y/L		└ Idle speed (CONSULT is connected and turned on)	Approximately 4 - 9V
68	G/W			Approximately 3.5V*
70	W/L	Power supply (Back-up)	Ignition switch "OFF"	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
101	SB	IACV-AAC valve	Engine is running. └ Idle speed	Approximately 5 - 14V
			Engine is running. └ Steering wheel is being turned └ Air conditioner is operating └ Headlamps are in high position	5 - 9V
102	R/B	Injector No. 1	Engine is running	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
104	G/B	Injector No. 3		
107	Y/B	Injector No. 2		
109	L/B	Injector No. 4		
103	P	EGR valve & canister control solenoid valve	Engine is running. (Warm-up condition) └ Engine speed is 2,000 rpm	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
			Engine is running. (Warm-up condition) └ Idle speed	0.06 - 0.11V
106	B	ECCS ground	Engine is running. └ Idle speed	Engine ground

*Average voltage for pulse signal (Actual pulse signal can be confirmed by oscilloscope.)

Nota. Detalle de los pines, número de terminal, color de cableado, que es, condición y voltaje (Repaircenter TechAdvisor Home, 2023).

Anexo 21.

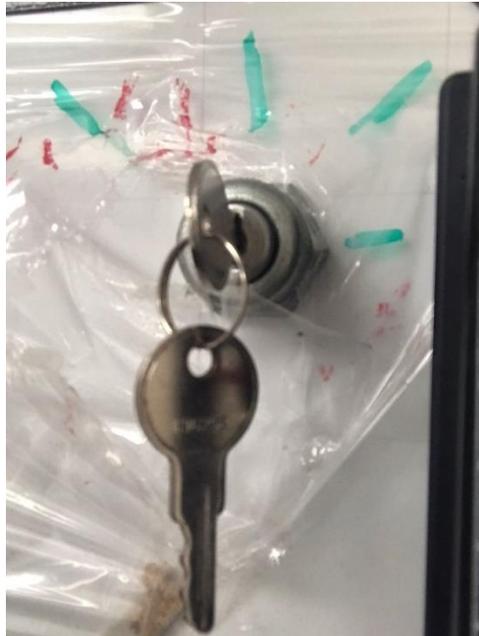
Definición de cada pin de la ECU Nissan Sentra B14.

TER-MINAL NO.	WIRE COLOR	ITEM	CONDITION	DATA (DC Voltage)
108	R/Y	Rear heated oxygen sensor heater	Ignition switch "ON" Engine is running.	Approximately 0.2V
111	B	Rear heated oxygen sensor heater ground	Engine is running. └ Idle speed	0.02 - 0.07V
112	B	ECCS ground	Engine is running. └ Idle speed	Engine ground
113	W/L	Current return	Engine is running. └ Idle speed	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
115	OR	Front heated oxygen sensor heater	Engine is running. └ Engine speed is below 3,200 rpm	Approximately 0.2V
			Engine is running. └ Engine speed is above 3,200 rpm	BATTERY VOLTAGE (11 - 14V)
118	B	ECCS ground	Engine is running. └ Idle speed	Engine ground

Nota. Detalle de los pines, número de terminal, color de cableado, que es, condición y voltaje (Repaircenter TechAdvisor Home, 2023).

Anexo 22. Manual de uso.

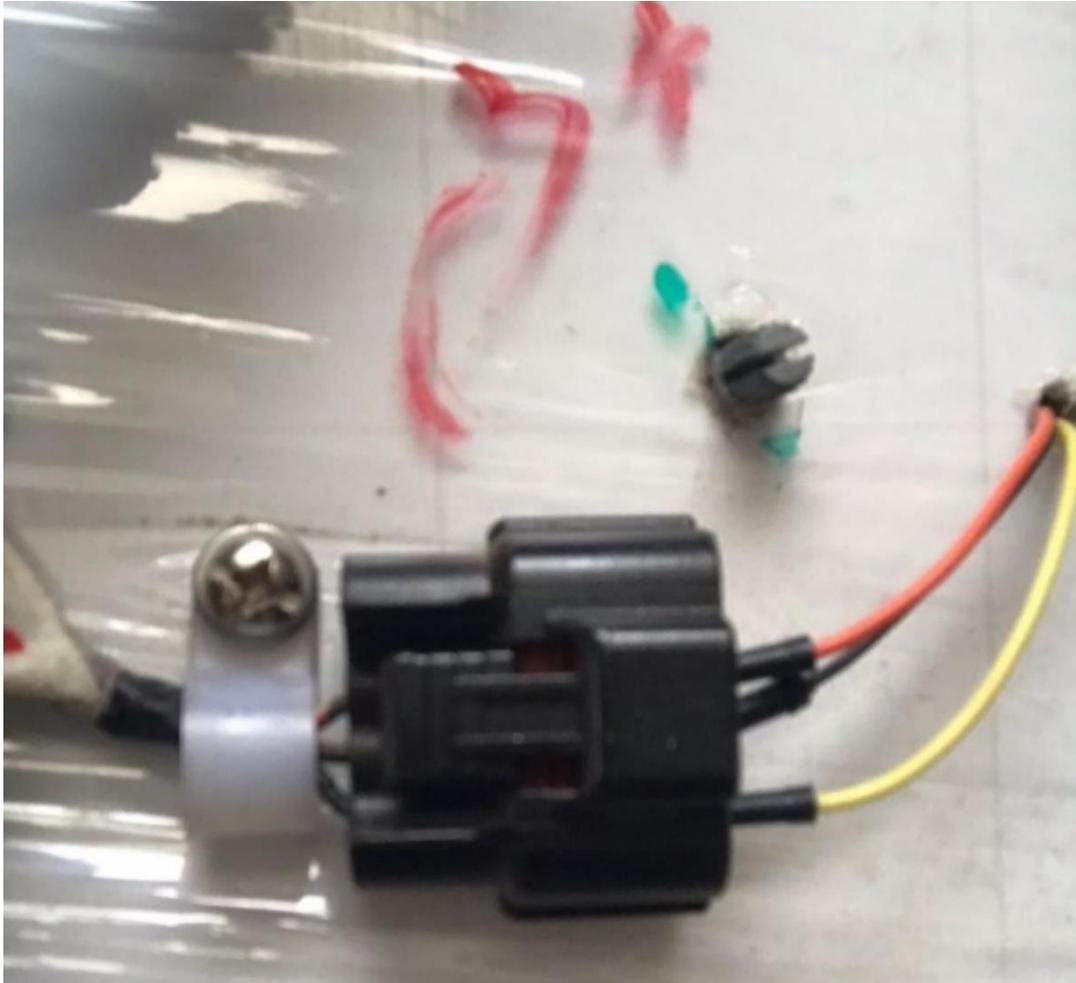
- 1) Antes de conectar la fuente de poder asegurarse que el llavín de encendido esté en la posición de “off”.



Nota. Llavín de encendido.

- 2) Al conectar la fuente de poder asegurarse con multímetro cuánto voltaje está proporcionando; mantener el rango de 12 a 14 voltios.
- 3) Revisar que todos los potenciómetros estén en su posición de mínimo, en específico el del sensor MAF; ya que si este potenciómetro da paso a más de 5 voltios podría quemarse algún componente de la ECU.

Potenciómetro del Sensor MAF; aumenta el voltaje en sentido horario ósea antes de encender el sistema debe estar totalmente en sentido antihorario.



Nota. Potenciómetro del Sensor MAF.

El potenciómetro del sensor MAF regula el voltaje de 0 a 12 voltios; la señal que se simula va desde los 0,8 voltios hasta máximo los 4,5 voltios, si sobrepasa ese voltaje podría dañar la ECU. Puede marcar en la pizarra cuál es el tope de 4,5 voltios usando un multímetro; también puede observar en pleno funcionamiento al apretar el pedal y girando del mínimo hacia la derecha del potenciómetro MAF; observar la entrega de los inyectores desde la más mínima entrega de combustible hasta que la apertura es casi directa; detenerse en ese punto que serían los 4,5 voltios de señal máxima, no sobrepasar ese límite de entrega de combustible.

Potenciómetro sensor EGR; aumenta voltaje en sentido horario, como simulamos un sensor NTC, puede estar totalmente en sentido horario e ir girando en sentido antihorario, no hay riesgo de daño a la ECU con este potenciómetro. Entre más se gire en sentido antihorario se simula aire más caliente.



Nota. Potenciómetro sensor EGR.

Potenciómetro sensor IAT; aumenta voltaje en sentido horario, como simulamos un sensor NTC, puede estar totalmente en sentido horario e ir girando en sentido antihorario, no hay riesgo de daño a la ECU con este potenciómetro. Entre más se gire en sentido antihorario se simula aire más caliente.



Nota. Potenciómetro sensor IAT.

Potenciómetro sensor ECT; aumenta voltaje en sentido horario, como simulamos un sensor NTC, puede estar totalmente en sentido horario e ir girando en sentido antihorario, no hay riesgo de daño a la ECU con este potenciómetro. Entre más se gire en sentido antihorario se simula refrigerante más caliente hasta encender el electroventilador estaríamos simulando los 85 grados Celsius aproximadamente.



Nota. Potenciómetro sensor ECT.

Potenciómetro sensor TPS; aumenta el voltaje en sentido antihorario entonces para simular una mariposa de aceleración más abierta se gira en sentido antihorario. No hay riesgo de daño a la ECU con este potenciómetro.



Nota. Potenciómetro sensor TPS.

- 4) Revisar que el combustible (agua con aceite tres en uno) esté por encima de la bomba de combustible para evitar que se caliente.
- 5) Revisar que el depósito de los inyectores esté limpio, ya que si hay polvo se mezclará con el combustible que va de regreso al depósito principal, aunque el sistema tiene filtro de combustible es mejor revisar.
- 6) Revisar que los interruptores de fallas estén encendidos.
- 7) Conectar el motor A/C.
- 8) Girar la llave en posición de ignición.
- 9) Apretar el acelerador del motor A/C para accionar el módulo didáctico.