



**ELABORACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE COMPUTADORAS
AUTOMOTRICES ESPECIALIZADO EN NISSAN PARA UN DIAGNÓSTICO
SIMPLIFICADO DE PROBLEMAS EN VEHÍCULOS DE INYECCIÓN
ELECTRÓNICA**

ESTEBAN DAVID ALEMÁN BENALCAZAR

Facultad de Ingenierías y Ciencias Aplicadas, Universidad Internacional SEK

Programa a la que Pertenece

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniería en Mecánica

Automotriz

M.Sc. Fabian Ayala

4 de marzo, 2024

Declaración Juramentada

Yo, Esteban David Alemán Benalcázar, con cédula de identidad 1723447767, 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.

Esteban David Alemán Benalcázar

1723447767

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.

WILSON FABIAN AYALA VEGA

Master

LOS PROFESORES INFORMANTES:

MGS. JAIME VINICIO MOLINA OSEJOS

MGS. EDILBERTO ANTONIO LLANES CEDEÑO

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. Edilberto Antonio Llanes Cedeño

Quito, 18 de MARZO de 2024

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.

ESTEBAN DAVID ALEMÁN BENALCÁZAR

C.I.: 1723447767

Dedicatoria

A mis padres los cuales me inculcaron valores y principios que hoy en día se ha convertido en la parte fundamental para alcanzar mis metas

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por todas las bendiciones que a regado en mí, a lo largo de toda mi vida, por su sabiduría y guía divina lo cual me permitió llegar a este día tan añorado

A mis padres un agradecimiento infinito por el esfuerzo diario que realizaron durante toda mi vida, con correcciones reflexiones y recomendaciones para que hoy pueda estar aquí, no solo cumpliendo un sueño en el ámbito profesional, también siendo una gran persona llena de valores.

A mi esposa que fue un pilar importante, la que todos los días me dio un impulso diario para culminar y alcanzar todos mis proyectos, agradezco su amor incondicional y constante apoyo.

A mi hijo, mi vida, mi motivación diaria para luchar contra el mundo y ser mejor en todos los ámbitos.

A toda mi familia y amigos que durante el transcurso de mi vida me guiaron e impulsaron durante todo este proceso.

Resumen

Se realizó el diseño y construcción de un banco de pruebas de computadoras automotrices para vehículos Nissan con sensor CKP de ondas digitales (sensor hall). El propósito fue diagnosticar los diferentes microcontroladores responsables de la activación de inyectores, bobinas, CKP, IAC, IAT y el electroventilador de la ECU, proceso que implicó realizar programación en Arduino Uno para la codificación y emulación de señales del sensor CKP. La propuesta se desarrolló en un Nissan Almera, puesto que presentaba problemas frecuentes relacionados al sistema electrónico. Por lo tanto, con el apoyo de los diagramas electrónicos del sistema de la ECU para realizar el banqueo de la computadora, se logró plantear un diseño estilizado y funcional. Mediante un análisis exhaustivo de los sensores y actuadores que intervienen en el sistema pudo explicarse el funcionamiento e importancia de cada uno de ellos y obtener valores de funcionamiento del sensor. El proyecto detalló las partes básicas de una ECU, sus componentes activos, pasivos, las memorias y el procesamiento de datos, lo que permitió realizar un correcto banqueo de la computadora y corroborar con LEDS las señales intermitentes generadas; de ese modo, fue posible identificar daños en los drivers de alimentación. Sin duda, el trabajo sirve de base para que futuros estudiantes de la UISEK fortalezcan sus conocimientos de electrónica automotriz y realicen prácticas de banqueo.

Palabras claves: CKP (Sensor de posición del cigüeñal), IAC (Válvula de control de aire), IAT (Sensor de temperatura de aire), ECU (Unidad de control del motor), Arduino.

Abstract

The design and construction of an automotive computer test bench for vehicles with a digital wave CKP sensor (hall sensor) specialized in Nissan was carried out, in which it will allow diagnosing the different microcontrollers that allow the activation of injectors, coils, CKP , IAC, IAT and electric fan of an ECU, through programming in Arduino 1 and coding and emulation of signals from the CKP sensor, the project was developed in a Nissan Almera since it presents frequent problems that involve the electronic system, which is why the diagrams were obtained electronics of the respective ECU system to perform the banking of the computer, thus achieving a stylized and functional design. An exhaustive analysis was made of different sensors and actuators that intervene in the system, within which the operation and importance of each of them was explained, in turn the operating values of the sensor were obtained in the project, the basic parts of a Control Unit in which the active and passive components were investigated until reaching the memories and data processing, which allowed a correct computer banking in which the intermittent signals generated were corroborated by LEDs, with this the managed to identify the damage that the ECU presents in the power drivers. The project will allow future UISEK students to strengthen their knowledge in automotive electronics and to carry out ECUS banking practices.

Keywords: CKP (Crankshaft position Sensor), IAC (Intake air control), IAT (Intake air temperature), ECU (Engine control unit), Arduino.

Índice de Contenido

1.	Capítulo I. Introducción	16
1.1.	Problemática	17
1.2.	Preguntas de Investigación	17
1.3.	Objetivo.....	18
1.3.1.	Objetivo General.....	18
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	18
1.4.	Justificación	18
2.	Capítulo II. Estado del Arte	20
2.1.	Inyección Electrónica.....	22
2.2.	Ventajas de la inyección electrónica.....	22
2.3.	Clasificación de Sistemas de Inyección Electrónica.....	22
2.3.1.	Por Número de Inyectores	22
2.3.2.	Por Ubicación del Inyector	23
2.3.3.	Por Sincronismo de Inyección	24
2.4.	Sensores de Inyección Electrónica.....	25
2.4.1.	Sensores de Temperatura	25
2.5.	Actuadores en Inyección Electrónica.....	28
2.5.1.	Inyector de Gasolina	32
2.5.2.	Control de Ralentí por Motor de Pasos IAC (Idle Air Control)	33
2.5.3.	Válvula de Regulación de Ralentí ISC	34
2.5.4.	Sistemas de Encendido	35
2.6.	Unidad de Control Electrónico	37
2.6.1.	Partes Básicas de la ECU.....	37

2.6.2. Componentes del Módulo	40
2.6.3. Circuito de Procesamiento de Datos	42
2.7. Protocolos de Comunicación Automotriz	45
2.7.1. Protocolos ISO, CAN Y SAE J1850.....	45
2.7.2. Conectores para Diagnóstico de Vehículos	48
2.8. Arduino Uno	49
3. Capítulo III. Metodología	51
3.1. Materiales y Herramientas	51
3.1.1. Herramientas	52
3.1.2. Materiales.....	54
3.2. Diseño del Sistema.....	55
3.3. Diagramas y Diseños Elaborados para la Tarjeta Electrónica y Conexión del Simulador	57
3.4. Fabricación y Ensamblaje	59
3.5. Protocolo de Pruebas.....	65
3.6. Verificación del Funcionamiento de la ECU	68
4. Capítulo IV. Resultados	70
4.1. Discusión.....	74
Conclusiones y Recomendaciones	75
Conclusiones	75
Recomendaciones.....	75
Referencias.....	76
Anexos	79

Índice de Tablas

Tabla 1 Funciones de la ECU	37
Tabla 2 Partes básicas de la ECU.....	38
Tabla 3 Memorias para almacenar programas	44
Tabla 4 Memorias para almacenar datos.....	45
Tabla 5 Prueba de banco	70
Tabla 6 Estado de actuadores	72
Tabla 7 Prueba de activación de actuadores	73

Índice de Figuras

Figura 1 Electrónica aplicada al automóvil, captadores y actuadores	20
Figura 2 Evolución de funciones electrónicas	21
Figura 3 Sistema de inyección monopunto y multipunto	23
Figura 4 Sistema de inyección directa e indirecta	23
Figura 5 Sistema de inyección secuencial, semisequencial y simultanea.....	24
Figura 6 Gestión electrónica y emulación de señal	25
Figura 7 Sensores de temperatura.....	26
Figura 8 Señal CKP efecto hall.....	29
Figura 9 Ciclo de trabajo	30
Figura 10 Periodo de la señal PWM	31
Figura 11 Ancho de pulso.....	31
Figura 12 Circuito relé.....	32
Figura 13 Inyector de gasolina.....	33
Figura 14 Válvula LAC	33
Figura 15 Sistema ISC	34
Figura 16 Cuerpo de aceleración electrónico TAC	35
Figura 17 Sistema de encendido	36
Figura 18 Funcionamiento electroventilador.....	37
Figura 19 Circuito fuente de alimentación	38
Figura 20 Circuito de procesamiento de datos.....	39
Figura 21 Circuito driver o salidas	39
Figura 22 Circuito lógico y periferia	40
Figura 23 Resistencia.....	40
Figura 24 Varistores.....	41

Figura 25 Condensadores.....	41
Figura 26 Bobina	42
Figura 27 Entradas sistema microprocesador	43
Figura 28 Protocolo ISO	46
Figura 29 Protocolo CAN.....	47
Figura 30 Protocolo SAE J1850	47
Figura 31 Pines de alimentación y masas	48
Figura 32 Terminales conectores OBD2	48
Figura 32 Arduino Uno.....	49
Figura 34 Multímetro.....	52
Figura 35 Osciloscopio automotriz.....	53
Figura 36 Arduino UNO	53
Figura 37 Diagrama Nissan Almera	54
Figura 38 Características	55
Figura 39 Digital I/O y PWM.....	56
Figura 40 Bloque Arduino	56
Figura 41 Diseño de tarjeta electrónica	57
Figura 42 Diseño de tarjeta electrónica en Proteus.....	58
Figura 42 Diagrama de conexión del simulador.....	59
Figura 44 Arduino Uno utilizado en el proyecto	60
Figura 45 Pantalla LCD 16 x 2	60
Figura 46 Señal sensor CKP.....	61
Figura 47 Conectores DB20	62
Figura 48 Conexión en protoboard en prueba	62
Figura 49 Diseño de placa circuito	63

Figura 50 Suelda de componentes	64
Figura 51 Banco de pruebas.....	64
Figura 52 Programación de señal CKP Nissan Almera.....	65
Figura 53 Encendido del banco de pruebas	65
Figura 54 Banqueo de computadora Nissan Almera	66
Figura 55 Conexión de alimentación y masas	66
Figura 56 Conexión de actuadores.....	67
Figura 57 Activación emulación señal CKP.....	67
Figura 58 Comprobación de actuadores	68
Figura 59 Comprobación de amperaje y check engine.....	69
Figura 60 Recalentamiento driver.....	69
Figura 61 Actuadores.....	71

1. Capítulo I. Introducción

El campo automotriz ha ido desarrollándose de manera vertiginosa en los últimos años gracias a la incorporación de nuevas tecnologías. Ejemplo de ello son los sistemas de computación que proporcionan información más precisa y aportan a un mejor funcionamiento del carro en sintonía con normativas técnicas, como aquellas relacionadas al control de emisiones de gases contaminantes. Para tal efecto, los vehículos incluyen hoy en día sensores, actuadores y una unidad de control electrónico (ECU) que constituye un elemento principal porque recibe e interpreta señales.

En ese sentido, la presente investigación se enfoca en la elaboración de un banco de pruebas de computadoras automotrices especializado en vínculos Nissan de inyección electrónica con el fin de corroborar el funcionamiento de los microcontroladores encargados de enviar la señal a inyectores, bobinas, bomba de combustible, electroventilador y la válvula IAC. El propósito es que los talleres automotrices estén a la vanguardia e incluyan nuevos procesos de diagnóstico más eficientes, rápidos y certeros. Asimismo, se busca que el proyecto sirva de base como fuente de aprendizaje sobre el proceso de banqueo de una computadora y la detección de fallas.

El proceso investigativo responde a tres fases. La primera consiste en un marco conceptual que abarca la historia de la inyección electrónica y las partes del módulo ECU. La segunda corresponde a la metodología, el proceso de construcción del banco de pruebas, los pasos para la fabricación, el ensamblaje y el banqueo de la computadora en un vehículo Nissan Almera con su respectiva conexión y diferenciación de cada uno de los pines en la ECU. La tercera etapa expone los resultados, corrobora el funcionamiento del módulo y el envío de las señales requeridas para activar inyectores, bobinas, CKP, CMP, IAC y la bomba de combustible con el fin de contar con un diagnóstico concreto y real.

En cuanto al aporte tecnológico del trabajo se enfoca en reducir el tiempo de diagnóstico al utilizar un banco de pruebas que permita reconocer de una manera más concisa los desperfectos, certificar que el problema no provenga de la ECU y a su vez que sirva como maqueta de aprendizaje sobre banqueos de computadoras y reconocimiento de fallas.

1.1. Problemática

Ciertamente, los avances tecnológicos han contribuido significativamente en la industria automotriz, por ejemplo, para optimizar el uso de combustible y mejorar la eficiencia y el rendimiento. No obstante, ello ha acarreado problemas subyacentes durante el diagnóstico vehicular que dificultan identificar fácilmente los daños sin la necesidad de realizar cambios innecesarios de repuestos.

A partir de lo abordado anteriormente, surge el problema de:

¿Cómo realizar un diagnóstico simplificado de ECU en vehículos de inyección electrónica a gasolina?

1.2. Preguntas de Investigación

- ¿Qué ventajas conlleva la construcción de un banco de pruebas de computadoras automotrices?
Facilidad, rapidez y seguridad en un diagnóstico.
- ¿Es factible la construcción de un banco de pruebas de computadoras automotrices?
El análisis de costos de fabricación determina que el proyecto es viable y la inversión se recupera en corto tiempo.
- ¿Cómo se logra generar las señales que emite el sensor CKP?
Se simula la señal hall mediante Arduino Uno que posteriormente se envía a la ECU para una correcta polarización fuera del vehículo.

1.3. Objetivo

1.3.1. *Objetivo General*

Elaborar un banco de pruebas de computadoras automotrices especializado en Nissan, mediante la simulación de señales del sensor CKP (efecto hall) y el uso de Arduino Uno para un diagnóstico simplificado de problemas en vehículos de inyección electrónica a gasolina.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Indagar los conceptos requeridos con el fin de ampliar el conocimiento teórico sobre la ECU.
- Realizar el banqueo de una computadora automotriz utilizando los diagramas respectivos del vehículo para conocer el estado de los microcontroladores.
- Desarrollar la simulación y el diseño de señales utilizando Arduino Uno y valores específicos de ondas con el fin de enviar información para la activación de actuadores.
- Analizar los datos obtenidos del banqueo de la ECU y su buen funcionamiento comparando los valores que otorga el fabricante versus los valores obtenidos.

1.4. Justificación

Actualmente, debido a la magnitud del sector automotriz y la gran cantidad de vehículos que existen en el mercado, es necesario contar con una herramienta de diagnóstico que permita conocer a detalle si algún microcontrolador de la ECU no emite las señales requeridas para que el actuador trabaje en el régimen que solicita el motor en cuanto a voltajes, resistencia, intensidad y frecuencia. Frente a esta necesidad, el presente documento procura dar una solución óptima al emplear Arduino Uno y conocimientos de electrónica con el fin de generar las señales que necesita la ECU para funcionar.

En este caso, la señal del CKP hall que alimenta la ECU suministra la información básica para la activación de microcontroladores capaces de accionar inyectores, bobinas, IAC, motor de pasos, bomba de combustible, electroventilador, check engine y con una

variación de RPM, IAT, TPS y MAP para realizar pruebas en diferentes situaciones y asemejar los cambios que pueden ocurrir durante el manejo. De ese modo, es posible llevar a la praxis el conocimiento teórico de la carrera y corroborar los principios relacionados a la operación vehicular.

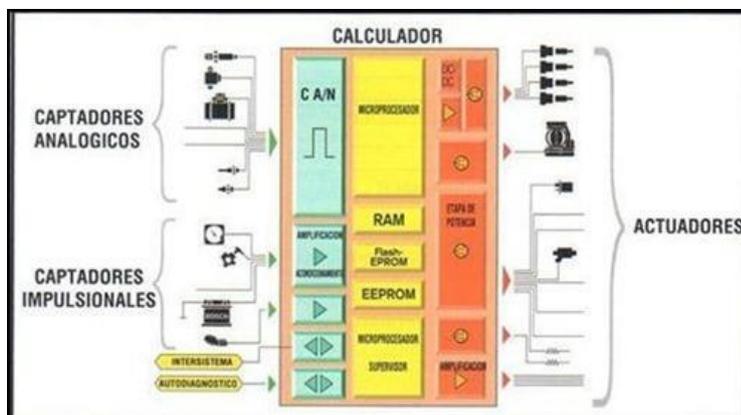
2. Capítulo II. Estado del Arte

Es indudable que el sector automotriz ha experimentado pasos agigantados al incorporar nuevos recursos tecnológicos, como la inyección electrónica y la ECU, con el propósito de obtener un sistema más eficiente para potenciar el rendimiento del motor y la eficiencia de combustible. Estas optimizaciones han sido fruto de mejoras paulatinas desde los años sesenta, pues hasta antes de esa década los vehículos mayormente contaban con componentes mecánicos, pero poco a poco la electrónica fue haciendo parte de su construcción por medio de microprocesadores y las ECU (Lucas, 2016).

Tras incorporarse sistemas mecatrónicos, fue inminente que la demanda de captadores y actuadores aumente (Figura 1), lo que produjo en la década de los noventa un auge de la electrónica que se extendió hacia vehículos de gama media y baja (Villar, 2017).

Figura 1

Electrónica aplicada al automóvil, captadores y actuadores



Nota. Tomado de *Constitución de los sistemas electrónicos de los vehículos*, por Gemacar, 2021.

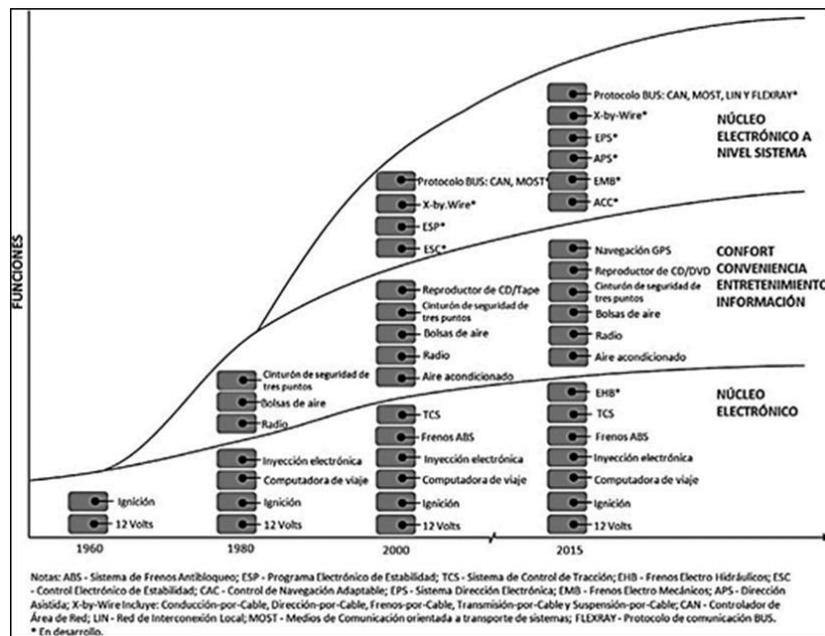
En los últimos años, gran parte de las innovaciones vehiculares tienen que ver con asuntos relacionados a la electrónica, dada la posibilidad de siempre proponer mejoras (Schöner, 2004). En ese sentido, la primera ECU fue introducida en el mercado por los fabricantes de automóviles antes las regulaciones con respecto a la emisión de gases tóxicos,

y hoy en día cuenta con diferentes funciones centralizadas por medio de un protocolo de comunicación y, por ende, se requiere de equipos de diagnóstico para detectar el mal funcionamiento. Cabe indicar que los vehículos de gama baja tienen alrededor de 25 a 30 microcontroladores, mientras que los de gama alta de 60 a 150 (Lucas, 2016).

Hay que reconocer que el sector automotriz tiene una participación significativa en cuanto a la innovación y a la evolución de la industria de la electrónica se refiere, pues es responsable de más del 9 % de las ventas de semiconductores y del 14 % de la producción de tarjetas de circuitos impresos; además, ello representa el 40 % del costo total del vehículo (Fiarchild, 2012). A continuación, la Figura 2 presenta la evolución de las funciones electrónicas.

Figura 2

Evolución de funciones electrónicas



Nota. Tomado de *De sistema mecánico a sistema tecnológico complejo: El caso de los automóviles* por Lara, 2014

2.1. Inyección Electrónica

Los sistemas de inyección electrónica incorporan una gran cantidad de sensores responsables de recibir la información sobre las condiciones en las que se encuentra el motor. En palabras simples, la unidad de control recibe los datos de los sensores, los procesa y emite órdenes a los actuadores para lograr que el motor sea eficiente.

2.2. Ventajas de la inyección electrónica

La inyección electrónica trajo consigo varias ventajas evidentes, entre otras, mayor eficiencia en el suministro de combustible debido a que se emparejan los parámetros de funcionamiento y requerimientos del motor. Asimismo, mejora la potencia gracias a la mezcla aire-combustible y su pulverización, lo que permite que la explosión tome menos tiempo.

En términos de cuidado ambiental, el nivel de contaminación amenera, pues el abastecimiento de combustible en cada cilindro es preciso y la eliminación de gases nocivos disminuye. Este proceso es posible gracias a la ECU, encargada de controlar el suministro con un tiempo de apertura promedio de 2 ms.

2.3. Clasificación de Sistemas de Inyección Electrónica

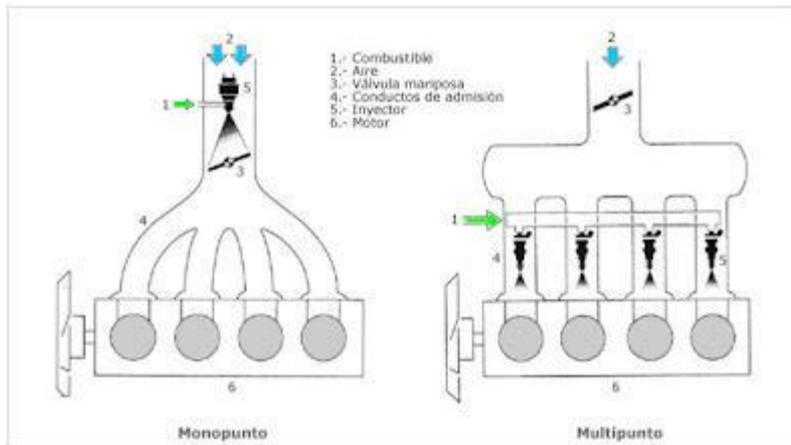
2.3.1. *Por Número de Inyectores*

Aquí se diferencian dos tipos de sistemas (Figura 3):

- **Monopunto:** cuenta con un inyector ubicado antes de la aleta de aceleración. Su principio de funcionamiento es similar al carburador, pues el aire y el combustible ingresan al inicio del múltiple de admisión.
- **Multipunto:** en este caso existe un inyector para cada cilindro.

Figura 3

Sistema de inyección monopunto y multipunto



Nota. Tomado de *Sistemas de inyección*, Bosch, 2005.

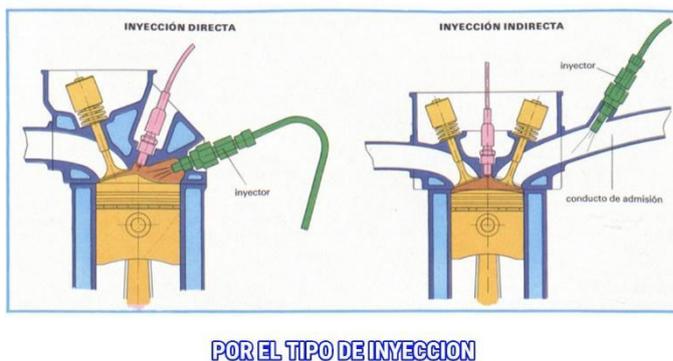
2.3.2. Por Ubicación del Inyector

Al igual que la clasificación previa, se distinguen dos tipos (Figura 4):

- **Inyección directa:** el combustible ingresa directamente a la cámara de combustión y logra mayor eficiencia.
- **Inyección indirecta:** el combustible se introduce en el colector de admisión para que exista una mezcla con aire en la cámara de combustión.

Figura 4

Sistema de inyección directa e indirecta



Nota. Tomado de *Análisis del funcionamiento en los sensores de inyección electrónica para controlar el consumo de combustible*, por Aguilar et al., 2022.

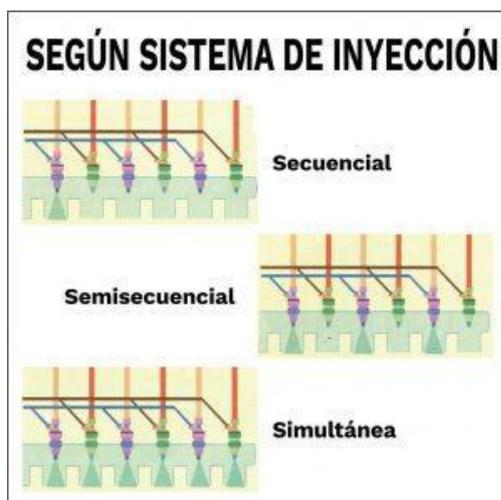
2.3.3. Por Sincronismo de Inyección

Esta clasificación diferencia tres tipos de sistemas (Figura 5):

- **Simultanea:** el combustible ingresa al mismo tiempo en cada inyector a una determinada frecuencia, pero que es distinta a la apertura de la válvula.
- **Semisecuencial:** los inyectores se activan por grupos, generalmente en pares.
- **Secuencial:** los inyectores trabajan independientemente, suministran la cantidad de combustible necesaria al aperturarse la válvula de admisión y se abren conforme al orden de encendido.

Figura 5

Sistema de inyección secuencial, semisecuencial y simultanea



Nota. Tomado de *Sistemas de inyección*, Bosch, 2005.

Componentes del Sistema de Inyección Electrónica

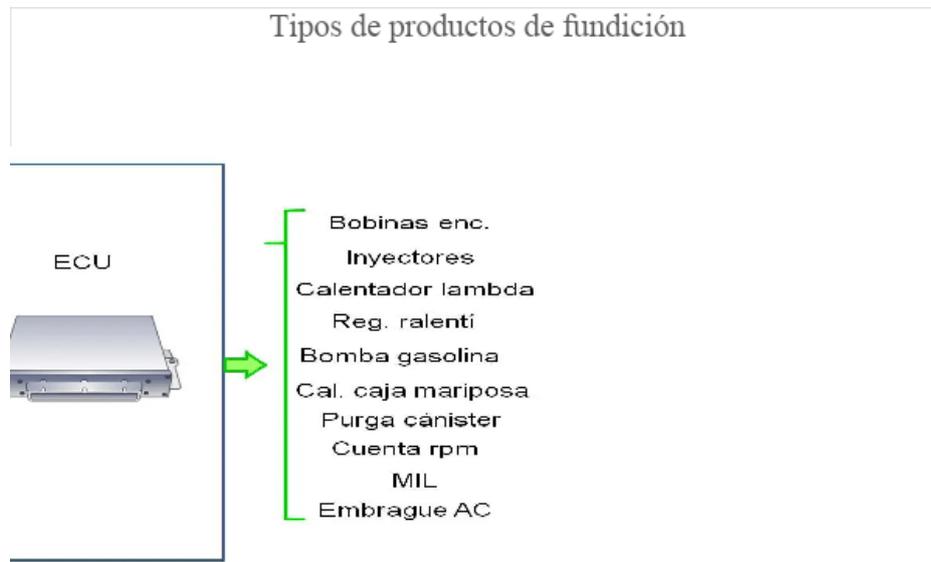
Todos los sistemas cuentan con tres elementos esenciales:

- Sensores
- Actuadores
- ECU

Por otro lado, la Figura 6 presenta una gráfica sobre la gestión electrónica de la ECU.

Figura 6

Gestión electrónica y emulación de señal



Nota. Tomado de *Emulación de señal*, Collantes, 2000.

2.4. Sensores de Inyección Electrónica

Los sensores son responsables de censar y captar las condiciones de funcionamiento del motor o del automóvil y transmitir los datos al computador: las revoluciones en las que el motor gira, la temperatura del refrigerante, la cantidad de aire que ingresa por la admisión, entre otros. Existen dos grupos de sensores: por un lado, aquellos que requieren de un voltaje de referencia (5v, 12v u 8v), masa de la ECU y señal; por otro lado, los que generan su propia señal y no requieren de un voltaje de referencia como el CKP inductivo, el VSS inductivo, el sensor de oxígeno y el de cascabeleo.

2.4.1. Sensores de Temperatura

Es posible identificar cuatro tipos de sensores según su función:

- ECT (*Engine Coolant Temperature*): para el refrigerante del motor
- WTS (*Water Temperature Sensor*): para la temperatura de agua
- IAT (*Intake Air Temperature*): para la temperatura del aire de entrada
- MAT (*Manifold Air Temperature*): para la temperatura de aire del múltiple

La Figura 7 presenta una fotografía del sensor de temperatura.

Figura 7

Sensores de temperatura



Sensores de temperatura NTC para medir la temperatura del aire

Nota. Tomado de *Sensores de temperatura automotriz* por Cam2, s.f.

Los sensores para medir la temperatura del aire y del refrigerante son tipo NTC, es decir que el valor varía inversamente: a mayor temperatura, menor resistencia y viceversa. Comúnmente, están ubicados en la carcasa del termostato, de tal modo que sea posible modificar algunos parámetros como la cantidad de combustible suministrada a la mezcla, el paso de aire en el ralentí y el avance de encendido. Además, la mayoría de los sensores tienen una configuración de masa, voltaje de referencia y señal y se alimentan de dos cables: uno de masa y otro de voltaje, pero que al conectarlo se transforma en señal.

Throttle position sensor (TPS): este sensor determina si la mariposa de aceleración está cerrada o el grado de apertura que tenga; generalmente se ubica en el eje central de la mariposa de aceleración. Gracias a ello, el ECU busca corregir el avance del sentido y el combustible inyectado. Existen cuatro tipos de TPS: potenciómetro, interruptor, mixto y de efecto hall.

Sensor de presión barométrica (BPS): permite detectar la presión atmosférica y los m s.n.m. a los que se desplaza el vehículo, de ese modo la ECU corrige el avance de encendido. Puede ser analógico o digital: el primero mide en voltaje y el segundo en

frecuencia; ambos varían proporcionalmente con la presión atmosférica. Finalmente, cabe indicar que no tiene una ubicación exacta dentro de la carrocería.

Sensor de presión absoluta del múltiple (MAP): está ubicado sobre el múltiple de admisión con el fin de medir la presión que genera a diferentes condiciones de funcionamiento del motor: si es tipo análogo, lo hace mediante voltaje; si es digital, mide en Hertz. Las fallas se evidencian ante la emisión de humo negro por el escape y el alto consumo de combustible.

Sensor de flujo de masa de aire (MAF o AFS): se lo ubica después del depurador y antes de la mariposa de aceleración para medir el nivel aire que aspira el motor y determinar la cantidad de combustible a inyectarse, el avance de encendido y el control de marcha mínima.

Sensor de posición del cigüeñal (CKP): detecta e informa a la ECU la posición en la que se encuentra el cigüeñal para sincronizar el encendido.

CKP inductivo: consiste en un imán más un bobinado que produce una señal de voltaje alterno ante las variaciones del campo magnético (no recepta voltaje de referencia ni masa de la ECU).

CKP efecto hall y efecto óptico: son sensores que se enfrentan a una rueda dentada y reciben un voltaje de referencia de 12 V, una masa y una señal digital.

Sensor de posición del árbol de levas: recepta la posición del árbol de levas y debe coincidir con la del CKP para asegurar el buen funcionamiento.

Sensor de velocidad del vehículo (VSS): informa a la ECU si el vehículo está detenido, en movimiento y la velocidad de desplazamiento con el fin de controlar el ralenti y/o evitar sobre-revoluciones.

Sensor de oxígeno o sonda lambda: establece la cantidad de oxígeno en los gases para determinar si la mezcla ha sido pobre, ideal o rica. El sensor siempre está ubicado en el tubo de escape.

Sensor de detonación o picada (KS): generalmente está en el block. Su funcionamiento se asemeja a un micrófono porque capta los ruidos del motor para reducir el cascabeleo mediante el retardo o avance de encendido.

2.5. Actuadores en Inyección Electrónica

Están ubicados en varias partes del motor y son controlados por la ECU mediante señales digitales. Ahora bien, hay que tener presente que si la ECU recibe información incorrecta el control suele ser errado y generar problemas, pero no por defectos del actuador. Un escenario en el que puede ocurrir esta situación es al momento en que existen dificultades del ralentí, cuyo control radica en la válvula IAC o el motor de pasos. Si el auto permanece acelerado, no necesariamente implica un problema del actuador, sino que suele estar vinculado al sensor TPS que emite una señal errónea a la ECU, lo que provoca el mal funcionamiento del actuador y a su vez del ralentí. Algunos tipos de actuadores son los siguientes:

- Inyectores
- Bobinas
- Electroventiladores
- Bomba de combustible
- válvula IAC, ISC y motores de pasos
- Cuerpos de aceleración
- Sistemas de encendido: módulos APP o de avance de encendido
- Sistema de control de emisiones evaporativas
- Sistema de recirculación de gases EGR

- Válvulas OCV que forman parte de la correlación del tiempo valvular variable.

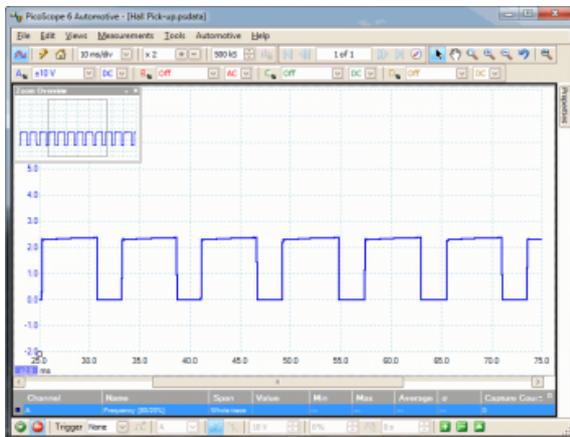
Varios actuadores poseen dos cables, uno positivo y otro negativo, que son utilizados en electroventiladores y en la bomba de combustible. Además, en la mayoría que trabajan de forma intermitente, como inyectores, bobinas, motor de pasos, la señal de los cables es diferentes: una fija, ligada al pin positivo; una pulsante, que ejecuta el funcionamiento del actuador y es generada desde el pin negativo. Hay otros actuadores activados por medio de una señal de pulsos positivos, por ejemplo, las bobinas de encendido que incorporan módulo.

Como ya se mencionó, varios actuadores son controlados por medio de señales digitales, también llamadas pulsantes, las cuales únicamente pueden tomar dos valores: alto (pulso positivo) y bajo (pulso negativo o masa), ambos con tiempo de duración diferente.

A continuación, la Figura 8 presenta la señal CKP efecto hall.

Figura 8

Señal CKP efecto hall



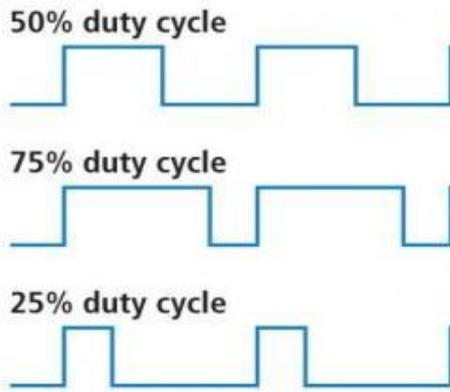
Nota. Tomado de *Señal CKP*, Hall, 2021

En las señales digitales es posible analizar varios aspectos: frecuencia, que es la cantidad de veces que un suceso o ciclo de onda ocurre en 1 segundo; ciclo del trabajo, (Figura 9) el cual se expresa en porcentaje y corresponde a la fracción de tiempo que en un solo ciclo el actuador permanece activado; por último, ancho de pulso y el ángulo Dwell (aunque actualmente no tiene aplicación alguna). Por supuesto, para interpretar la señal

correctamente deben reconocerse los diferentes actuadores y además hay que tener en cuenta si la señal de activación es positiva o negativa.

Figura 9

Ciclo de trabajo



Nota. Tomado de *Análisis de la dinámica de convertidores electrónicos de potencia usando PWM basado en promediado cero de la dinámica del error (ZAD)*, por Angulo, 2004.

Para calcular el ciclo de trabajo debe aplicarse la Ecuación 1:

$$\text{Ciclo de trabajo} = \frac{ton}{ton + toff} * 100\%$$

(1)

Donde:

Ton: tiempo de activación, tiempo de trabajo

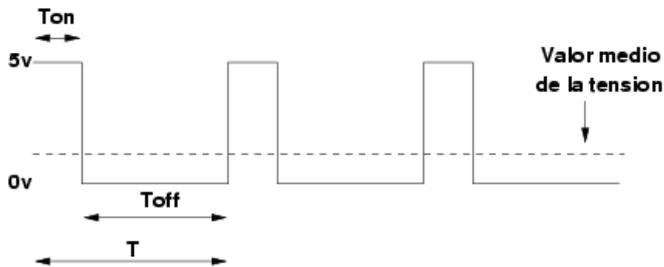
Toff: tiempo de reposo, tiempo de descanso

Cabe acotar nuevamente que algunos actuadores funcionan con una señal negativa como es el caso de los inyectores.

Por otro lado, la Figura 10 presenta el periodo de la señal PWM.

Figura 10

Periodo de la señal PWM



Nota. Tomado de *Análisis de la dinámica de convertidores electrónicos de potencia usando PWM basado en promediado cero de la dinámica del error (ZAD)*, por Angulo, 2004.

A partir de la Figura 10 es posible suponer que el Ton es de 1 ms y el Toff es 4 ms.

Entonces:

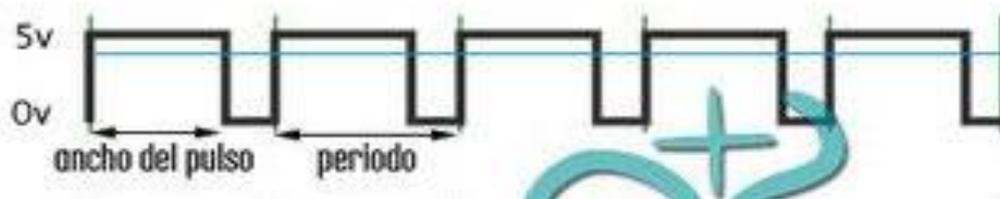
$$\text{Ciclo de trabajo} = \frac{1}{1+4} * 100 \%,$$

$$\text{Ciclo de trabajo} = 20 \%$$

Ancho de pulso: generalmente medido en milisegundos, es el tiempo de la duración de un pulso cuando el actuador está en funcionamiento (Figura 11).

Figura 11

Ancho de pulso



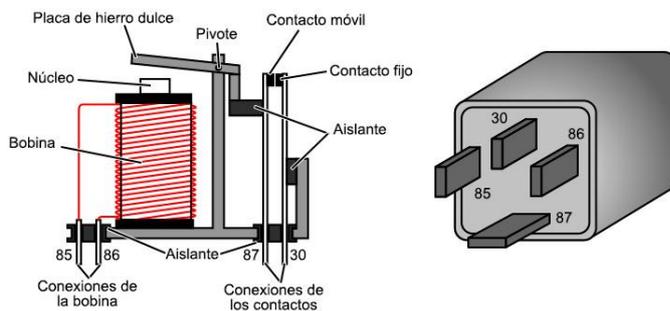
Nota. Tomado de *Análisis de la dinámica de convertidores electrónicos de potencia usando PWM basado en promediado cero de la dinámica del error (ZAD)*, por Angulo, 2004.

Actuadores: reciben las señales emitidas por la ECU y actúan de acuerdo con las necesidades del vehículo ya sea en ralentí, media o plena carga. Son alimentados por un relé tras el contacto de 12 V y comandados por la ECU a través de masa o pulsos de masa.

Relé: interruptores de muy bajo consumo activados mediante una señal electromagnética por medio de un cable. Se unen tras circular corriente por la bobina, lo que crea un campo magnético que provoca el cierre de los contactos. Al interrumpirse el paso de corriente, se desactiva de forma automática (Figura 12).

Figura 12

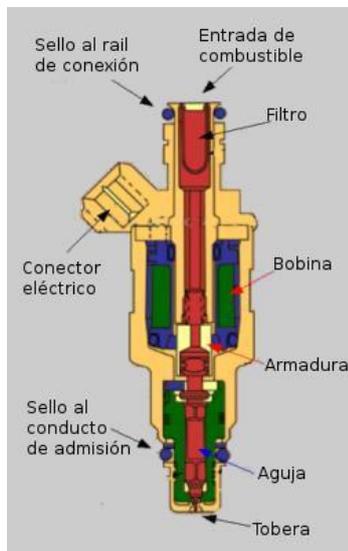
Circuito relé



Nota. Tomado de *Circuito Relé*, Grup, 2012

2.5.1. Inyector de Gasolina

Su función principal es suministrar combustible a la cámara de combustión sin llegar a las paredes del colector para que logre evaporarse rápidamente y se mezcle con el aire previo a la apertura de la válvula de admisión. La ECU lo activa mediante un pulso transitorio negativo: al poner la llave en contacto, el relé principal entra en funcionamiento (el tiempo total del pulso para la activación de 1.8 ms) (Figura 13).

Figura 13*Inyector de gasolina*

Nota. Adaptado de *Inyector de gasolina*, Ayala, 2016

2.5.2. Control de Ralentí por Motor de Pasos IAC (*Idle Air Control*)

Se lo emplea para regular la cantidad de aire desviado: entre mayor es el número de paso de la válvula, mayor es la apertura que permite el flujo de aire. Por lo general, está ubicado en el bypass con el cuerpo de aceleración en el múltiple de admisión (Figura 14).

Figura 14*Válvula IAC*

Nota. Tomado de *Motor paso a paso de regulación del ralentí (IACV)*, por Petrolhead Garage, s.f.

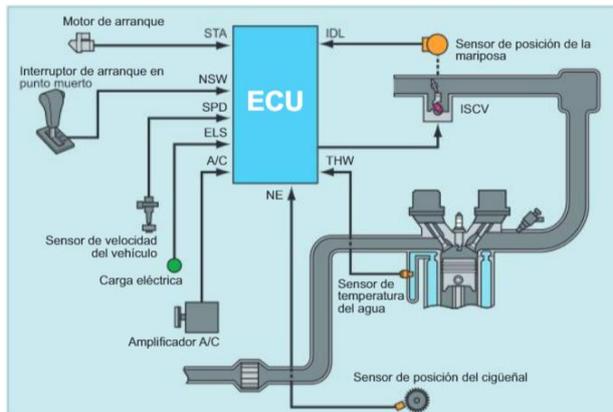
2.5.3. *Válvula de Regulación de Ralentí ISC*

La válvula regula las revoluciones y distribuye y controla la cantidad de aire que ingresa a la cámara de combustión. Es comandada de forma electromagnética, lo que permite la apertura y el cierre según parámetros de temperatura del aire, presión atmosférica y refrigerante. En cuanto a su posición se encuentra ubicada con el cuerpo de aceleración, sobre el múltiple de admisión.

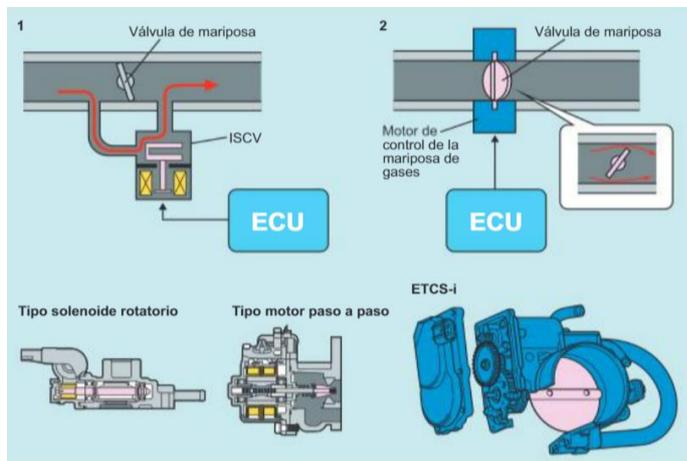
La válvula influye en la velocidad de calentamiento del motor y la ECU determina su funcionamiento por medio de la corriente que envía de acuerdo con valores indicados por el sensor de temperatura. Al arrancar el motor en frío, a medida que se calienta, las revoluciones oscilan entre 1000 rpm y 1100 rpm (Figura 15 y 16).

Figura 15

Sistema ISC



Nota. Tomado de *Sistema ISC*, Moreno, 1996

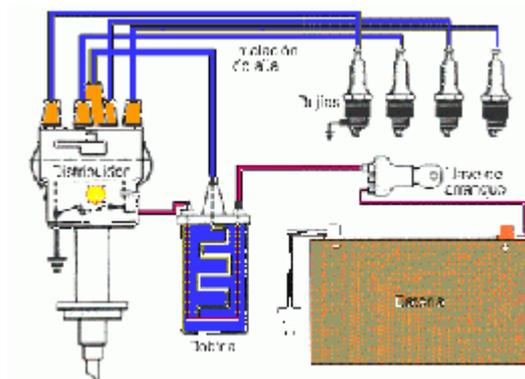
Figura 16*Cuerpo de aceleración electrónico TAC*

Nota. Tomado de *Cuerpo de aceleración electrónico*, Sandoval, 2019

La función del TAC consiste en ajustar el ángulo de la mariposa de aceleración para mantener las revoluciones adecuadas en función de las condiciones del motor. La ECU controla al actuador de aceleración y modifica la velocidad de ralentí del motor en función de diversos parámetros de varios sensores del vehículo en media y plena carga. El control del ángulo de la aleta de aceleración es activado mediante un motor de pasos de corriente directa encargado de controlar por medio de señales de ancho de pulso provenientes de la ECU, de esta forma ajusta la cantidad de aire específica para el funcionamiento del motor.

2.5.4. Sistemas de Encendido

Bobinas de Encendido: eleva el voltaje de 12 V o 24 V a un valor mil a dos mil veces mayor para lograr la chispa en la bujía y permitir la inflamación de la mezcla aire-combustible en la cámara de combustión (Figura 17).

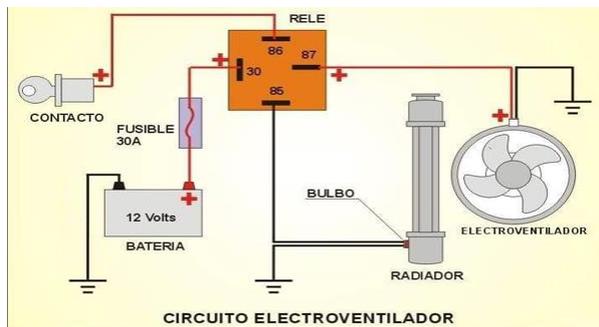
Figura 17*Sistema de encendido*

Nota. Tomado de *Sistema de encendido*, Cerquera, 2009

La bobina de encendido consta de un bobinado primario con un cable de 0.75 mm^2 de diámetro que da 200 vueltas y uno secundario con un cable de 0.063 mm^2 que da 20 000 vueltas a un núcleo de hierro y una carcasa con aislamiento.

Válvulas solenoides: normalmente están cerradas (sin flujo) o pueden controlarse mediante la ECU. Consta de diferentes aplicaciones como purgar el sistema EVAP, controlar el sistema EGR, el funcionamiento del turbo y el regulador de presión.

Electroventilador: dispositivo eléctrico que controla la temperatura correcta del motor. Anteriormente solía acoplarse al motor, pero hoy en día es un sistema independiente que utiliza un motor eléctrico para mantener la temperatura en los rangos normales de operación ($100 \text{ }^\circ\text{C}$). Es controlado por la ECU mediante un relé que asigna las revoluciones requeridas (altas o bajas) (Figura 18).

Figura 18*Funcionamiento electroventilador*

Nota. Adaptado de *Funcionamiento electroventilador*, Parera, 2000

2.6. Unidad de Control Electrónico

La ECU es el corazón del vehículo porque controla todas las funciones específicas: desde aspectos básicos como ventanas, retrovisores, asientos y cerraduras, hasta lo más indispensables como el sistema de inyección, bolsas de aire, frenado, entre otros (Tabla 1).

Tabla 1

Funciones de la ECU

Funciones
-La relación de mezcla de aire y combustible
-El punto de ignición y el tiempo de apertura y cierre de las válvulas
-Velocidad de marcha mínima o ralentí
-Encendido electrónico
-Límite de revoluciones
-Correcta temperatura del agua
-Alimentación de combustible -tiempo variable de levas

2.6.1. Partes Básicas de la ECU

La ECU está compuesta por diversos componentes físicos (hardware) y un software que permiten de forma conjunta que un procesador o microcontrolador ejecute funciones a altas velocidades según la información del entorno (Tabla 2).

Tabla 2

Partes básicas de la ECU

Circuitos
-Fuente de alimentación
-Procesamiento de datos
-Driver o salidas
-Lógico y periferia

2.6.1.1. Circuito de Fuente de Alimentación. Es el encargado de transformar el voltaje de 12 V proveniente de la batería en uno o más voltajes para alimentar y distribuir a los circuitos del módulo de control electrónico y regular el de la alimentación de sensores, actuadores y el del módulo principal (Figura 19).

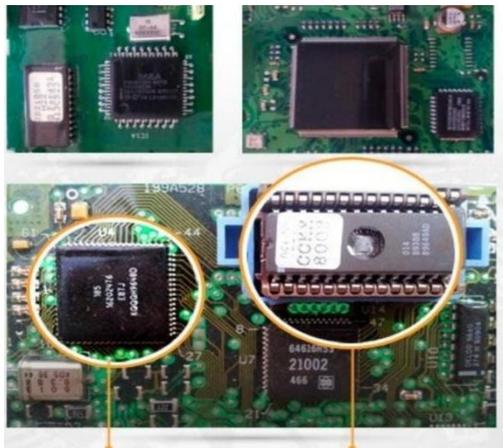
Figura 19*Circuito fuente de alimentación*

Nota. Tomado de *Circuito fuente de alimentación*, Autoavance, 2012

2.6.1.2. Circuito de Procesamiento de Datos. Su enfoque es gestionar el aspecto lógico de la ECU. Cuenta con un procesador y una memoria que se desempeña a una frecuencia constante y almacena la información de operación de la ECU (Figura 20).

Figura 20

Circuito de procesamiento de datos

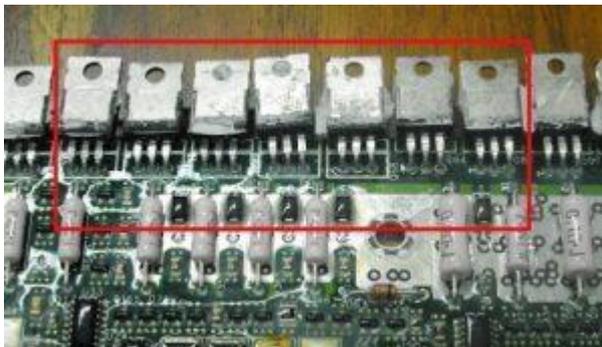


Nota. Tomado de *Circuito procesamiento de datos*, Autoavance, 2012

2.6.1.3. Circuito de Driver o Salidas. Su trabajo es enviar las ordenes hacia los actuadores y remitir la corriente de los elementos que generen un consumo de gran amperaje como inyectores, bobinas y relés (Figura 21).

Figura 21

Circuito driver o salidas

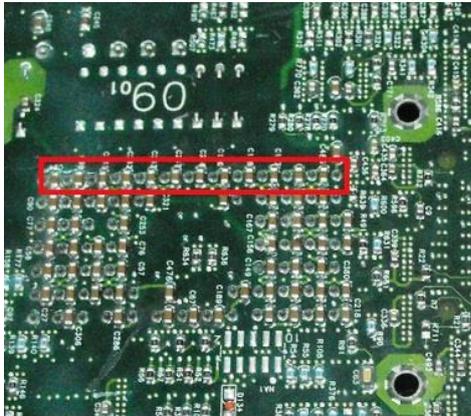


Nota. Tomado de *Circuito driver o salidas*, Autoavance, 2012

2.6.1.4. Circuito Lógico y Periferia. Es capaz de disminuir o aumentar las señales de entrada y de salida que utiliza la ECU y los circuitos lógicos. Además, hace cálculos y comparaciones lógicas para generar resultados al convertir una señal análoga en digital (Figura 22).

Figura 22

Circuito lógico y periferia



Nota. Tomado de *Circuito lógico y periferia*, Autoavance, 2012

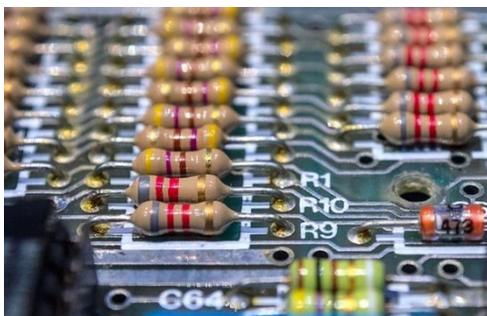
2.6.2. *Componentes del Módulo*

Son varios los componentes que integran el módulo, pero es posible juntarlos en dos grupos grandes: pasivos y activos.

2.6.2.1. Componentes Pasivos. Son aquellos que no generan amplificación y controlan la electricidad: **Resistencias.** Son las más abundantes y están en la mayoría de los componentes electrónicos, pues controlan las tensiones y corrientes para mantenerlas constantes (Figura 23).

Figura 23

Resistencia



Nota. Adaptado de *Resistencia*, Autoavance, 2012

Varistores. Su resistencia óhmica disminuye cuando el voltaje aplicado aumenta, lo que evita que se produzcan cortocircuitos (Figura 24).

Figura 24

Varistores



Nota. Tomado de *Varistores*, 2012

Condensadores. Almacenan energía y la liberan cuando el sistema lo requiere (Figura 25).

Figura 25

Condensadores



Nota. Tomado de *Condensadores*, Llumiquinga, 2012

Bobinas. Almacenan energía mediante un campo magnético para generar inductancia (Figura 26).

Figura 26

Bobina



Nota. Tomado de *Bobinas*, Torres, 2007

2.6.2.2. Componentes Activos. Suministran y controlan el flujo de electricidad, lo que permite simplificar los circuitos porque pueden conducir o limitar el paso de corriente convirtiéndose así en un semiconductor.

Diodos. Están fabricados en dos clases de materiales, tipo N y tipo P, ánodo y cátodo, necesarios para generar un campo magnético.

Diodos Rectificadores. Es un generador de tensión continua, aunque cuando se polariza en inversa puede considerarse como un circuito abierto. Su función es proteger contra cortocircuitos.

Diodo Zener. Generador de tensión continua empleado para estabilizar la tensión.

Diodo Led. Produce una luz led de diferentes colores y es utilizado para destacar la instrumentación.

Transistores. Semiconductor capaz de amplificar y rectificar las señales; por lo general, es utilizado como interruptor.

2.6.3. Circuito de Procesamiento de Datos

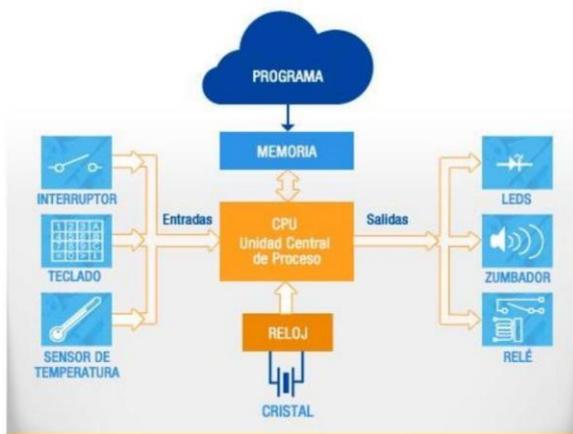
El microcontrolador es un elemento básico en el sistema de un microprocesador; es un modelo específico basado en entradas y salidas con instrucciones dentro de un programa. La mayoría son ejecutores de instrucciones de propósito general proporcionadas por un

programador: el software envía una orden al microprocesador para que realice largas secuencias de acciones y realice tareas determinadas.

2.6.3.1. Definición de Microcontrolador. Circuito integrado programable que realiza órdenes grabadas en la memoria. Cuenta con una unidad central de procesamiento, memoria y un reloj oscilador (Figura 27).

Figura 27

Entradas sistema microprocesador



Nota. Tomado de *Entradas sistema microprocesador*, Bolton, 2017

2.6.3.2. Entradas de un Sistema con Microprocesador. Generan información por medio de datos recabados del exterior. En una computadora convencional, el dispositivo de entrada sería el teclado, pero en una unidad central de proceso una de las entradas de información es generada por la señal que proviene del sensor de oxígeno, la cual mide la eficacia de la combustión.

La mayoría de los microcontroladores procesan señales digitales niveladas con la fuente de alimentación: se considera 0 V como VSS (sensor de velocidad) y a la fuente positiva de alimentación con un promedio de 5 V como VDD. Cuando el sensor envía señales analógicas, para que un microprocesador lo interprete debe generar datos binarios; en ciertos casos incluyen convertidores analógicos a digitales.

2.6.3.2. Señales de Salida de un Sistema con Microprocesador o Microcontrolador.

Los dispositivos de salida son utilizados para transmitir la información o ejecutarla. En una computadora convencional la pantalla constituye el dispositivo de salida, mientras que en un microcontrolador los leds y las lámparas cumplen esta función.

2.6.3.3. Reloj. Una señal de reloj o clock es binaria y se la utiliza para gestionar diversas acciones de diferentes circuitos. Puede generarse con una frecuencia predefinida o trabajar por periodos en función de una señal de sincronización.

2.6.3.4. Memorias. Como su nombre lo indica, guardan datos informáticos durante un tiempo predeterminado. Es posible distinguir memorias para almacenar programas (Tabla 3) y datos (Tabla 4).

Tabla 3

Memorias para almacenar programas

TIPO	DETALLE
ROM (Read Only Memory)	Memoria solo de lectura que se programa en la fábrica.
EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)	Memoria solo de lectura, es programable eléctricamente y puede borrarse con luz ultravioleta.
OTP (One Time Programmable)	Memoria solo de lectura y programable una sola vez.
Flash	Memoria programable y borrrable electrónicamente. Es utilizada para guardar programas inalterables.

Tabla 4*Memorias para almacenar datos*

Tipo	Detalle
RAM (Random Access Write)	Memoria de acceso a lectura o escritura aleatoria utilizada para el almacenamiento temporal de datos. La memoria pierde datos cuando se queda sin batería.
EPROM (Erasable Programmable Read Only memory)	Memoria solo de lectura. Es programable y borrable eléctricamente.

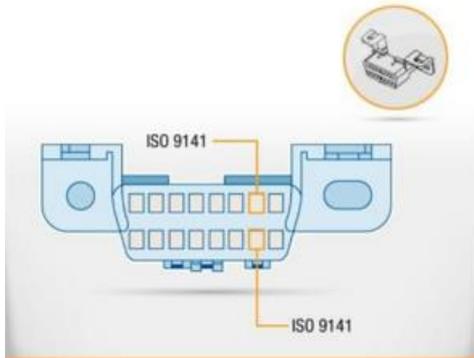
2.6.3.5. Programa de un Microprocesador o Microcontrolador. El software resulta de la unión de instrucciones encargadas de realizar una o varias tareas en una computadora.

2.7. Protocolos de Comunicación Automotriz

La integración de dispositivos electrónicos en los vehículos mejora el control y el diagnóstico de todos los elementos que lo componen y son parte esencial del confort, la seguridad y el desempeño del automóvil. Para ello, se generan protocolos de comunicación entre dos o más unidades mediante conexiones inalámbricas o alámbricas que envían señales a ser codificadas por la centralita en lenguaje binario.

2.7.1. Protocolos ISO, CAN Y SAE J1850

Protocolo ISO 9141. Es un sistema empleado sobre todo en vehículos europeos y japoneses. Requiere únicamente de un cable y utiliza los pines 7 y 15 DLC (Figura 28).

Figura 28*Protocolo ISO*

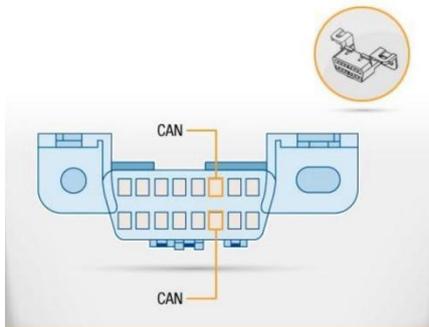
Nota. Tomado de *Protocolo ISO*, Mohan, 2003

Protocolo CAN. El *controller area network*, bus CAN, fue diseñado por Bosh en 1986 con base en la transmisión de mensajes distribuidos en entornos. Opera por medio del *open systems interconnection*, modelo OSI, que soporta frecuencias de 125 Kbps a una distancia de 40 m. Resulta así una red de rápida comunicación entre microcontroladores y que permite conocer los requerimientos en tiempo real.

Entre otras características, el protocolo requiere de dos cables, CAN H (alto) y CAN L (bajo), no presenta colisión de mensajes de transferencia y soporta mensajes prioritarios para operar en tasas de hasta 1 Mb/s. Actualmente, es la red más utilizada en vehículos producidos desde 2008 y utiliza los pines 6 y 14 de la DLC (Acosta, s.f.) (Figura 29).

Figura 29

Protocolo CAN

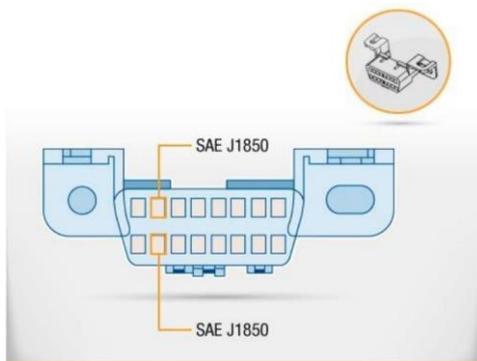


Nota. Tomado de *Protocolo CAN*, Mohan, 2003

Protocolo SAE J1850. Es un sistema aplicado en vehículos de origen americano y que utiliza dos cables que transmiten al pin 2 y 10 de la DLC (Figura 30).

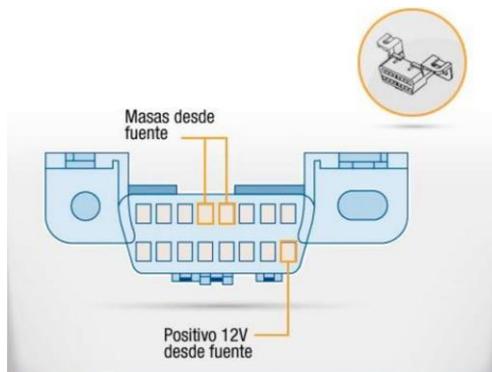
Figura 30

Protocolo SAE J1850



Nota. Tomado de *Protocolo SAE J1850*, Mohan, 2003

Para alimentar el scanner al DLC, el positivo se lo incorpora en el pin 16 y las masas en el pin 4 y 5 (Figura 31).

Figura 31*Pines de alimentación y masas*

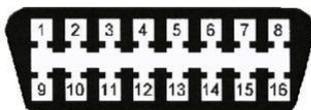
Nota. Tomado de *Pines de alimentación y masas*, Mohán, 2003

2.7.2. Conectores para Diagnóstico de Vehículos

Inicialmente, para la implementación de sistemas de diagnóstico los fabricantes crearon varios conectores, pero actualmente hay ciertas normas que establecen un estándar. Por ejemplo, para los vehículos ligeros se emplean conectores de diagnóstico OBD1 y OBD2: El OBD1 fue el primer regulador implementado obligatoriamente desde 1991 para controlar las emisiones de los automóviles por medio de monitorización, mientras que el OBD2 (Figura 32) mejora la medición de emisiones reduciendo el error de su versión anterior.

Figura 32*Terminales conectores OBD2*

Terminales del Conector OBDII



1 - Sin uso	9 - Sin uso
2 - J1850 Bus positivo	10 - J1850 Bus negativo
3 - Sin uso	11 - Sin uso
4 - Tierra del Vehículo	12 - Sin uso
5 - Tierra de la Señal	13 - Tierra de la señal
6 - CAN High	14 - CAN Low
7 - ISO 9141-2 - Línea K	15 - ISO 9141-2 - Línea L
8 - Sin uso	16 - Batería - positivo

Nota. Tomado de *Terminales conectores OBD2*, Mohán, 2003

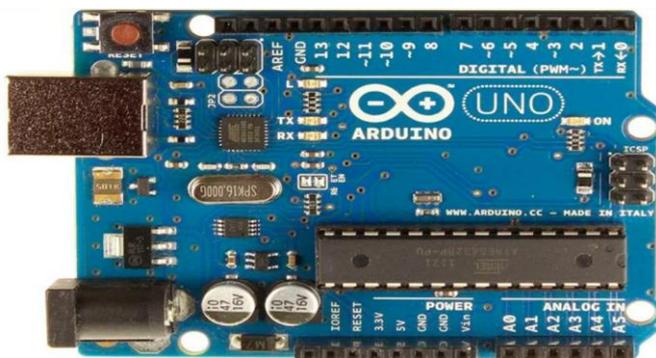
2.8. Arduino Uno

Es una placa electrónica con software y hardware de código abierto muy versátil debido a la cantidad de herramientas que ofrece. Surgió en 2005 como un proyecto estudiantil en Italia, pero posteriormente se extrapoló a otros ámbitos debido a la capacidad para generar varios microordenadores de una sola placa. Es así como resulta una manera ágil y de gran utilidad para desarrollar proyectos de distinta complejidad: desde un reloj hasta automatizaciones (Fundación AQUAE, 2020).

Un Arduino (Figura 33) puede emplearse para desarrollar elementos autónomos o para anclarse e interactuar con otros programas, es decir para controlar un elemento o transformar la información procedente de una fuente. Existen de dos tipos: microcontrolador, el cual funciona a la par de un programa instalado en un computador que sirve de base para la toma de decisiones y el control de dispositivos e interactúa con el entorno físico por medio de sensores y actuadores; por otro lado, funciona de interfaz entre un dispositivo u otro computador y ejecuta una tarea específica con el fin de transmitirla al entorno mediante una acción con ayuda de sus sensores (Fundación AQUAE, 2020).

Figura 33

Arduino Uno



Nota. Tomado de *Arduino UNO*, Velasco, 2015

Arduino Uno es básicamente una placa electrónica con un microcontrolador ATMEGA 328 que puede programarse. Cuenta con pines de entrada y de salida con el fin de

realizar distintas acciones, así como funciones y herramientas que permiten utilizarla como salida PWM y modular el ancho de pulso con entradas analógicas. El voltaje de trabajo es 5V y el de alimentación varía entre 7 V a 12 V; integra 14 pines E7S, seis PWM y seis analógicos con una intensidad de corriente continua y una memoria EEPROM de 1 Kb.

Las funciones generales de los pines son:

- Incorpora un LED controlado por el pin 14 que se enciende cuando tiene un valor alto.
- Permite emitir 5V regulados que suelen ser alimentados con el conector USB para suministrar voltaje a través de los pines.
- El VIN permite suministrar el voltaje a través de una alimentación externa.
- GND, pines de tierra.
- Suministra 3.3 V generados por el regulador de la placa con un consumo de corriente de 50 mA.
- El Reset se utiliza para reestablecer el sistema que ha generado un bloqueo en el tablero.
- El IOREF proporciona el voltaje de referencia necesario para que el microcontrolador funcione, lea el voltaje y seleccione una fuente de alimentación que permita que los traductores de voltajes trabajen a 5V o 3.3V.

Finalmente, Arduino Due es la primera tarjeta con un microcontrolador de 32 bits con lenguaje de programación compatible con Arduino que permite la migración de datos en cuestión de minutos. Tiene 54 pines (entrada y salida): 12 son PWM y 12 son análogas (Arduino.cl, s.f.).

3. Capítulo III. Metodología

El proyecto fue estructurado en cuatro fases: la primera describe todos los elementos requeridos para la elaboración y construcción de una computadora automotriz; la segunda expone el proceso de construcción de un banco de pruebas, los pasos para la fabricación y su ensamble; la tercera etapa consiste en el banqueo de una computadora de un vehículo Nissan Almera, la conexión y diferenciación de cada uno de los pines en la ECU; finalmente, se presentan los resultados. Pudo reconocerse así el funcionamiento de la ECU y del envío de las señales requeridas para la activación de inyectores, bobinas, CKP, CMP, IAC y bomba de combustible con el fin de obtener un diagnóstico concreto y real.

Por otro lado, el proceso respondió a los siguientes métodos de investigación:

- Revisión documental: empleado para recopilar datos teóricos con el fin de conocer generalidades del sistema de inyección y de la unidad de control, así como para establecer parámetros de investigación del proyecto.
- Observación científica: implicó fundamentarse en conocimiento empírico y medir los resultados para replicar y mejorar el proyecto.
- Método inductivo deductivo: por medio de la inducción y deducción pudo realizarse un banco de pruebas de computadora automotriz para mejorar el desempeño y el diagnóstico de un vehículo.
- Método cuantitativo: aplicado para procesar los datos de las señales requeridas para la activación de los actuadores.
- Método matemático y estadístico: empleado para realizar el análisis de costos y factibilidad del proyecto.

3.1. Materiales y Herramientas

Para crear el banco de pruebas de computadoras automotrices se utilizó la ECU de un Nissan Almera. El proceso requirió validar la activación del relay de la bomba de combustible, la sincronización y activación de inyectores, bobinas, válvula IAC y electroventilador mediante un scanner y un multímetro.

3.1.1. Herramientas

Multímetro. Utilizado para verificar el voltaje, la resistencia y el amperaje de cada instrumento requerido para el proyecto (Figura 34).

Figura 34

Multímetro



Osciloscopio. Utilizado para verificar las ondas de activación de los actuadores (Figura 35).

Figura 35

Osciloscopio automotriz.



Arduino. Empleado para la programación y la generación de las ondas CKP efecto hall (Figura 36).

Figura 36

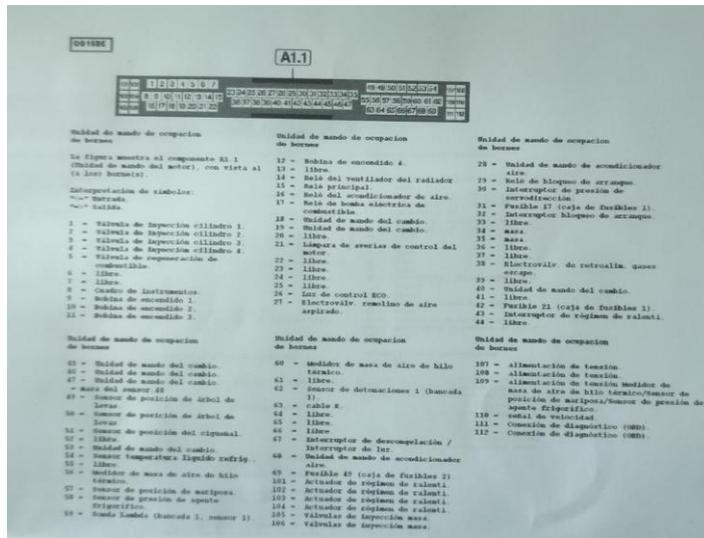
Arduino UNO



Diagrama de computadora automotriz. El diagrama de la Figura 37 se lo utilizó para banquear la ECU.

Figura 37

Diagrama Nissan Almera



Nota. Adaptado de *Diagrama Nissan Almera*, Auto Avance, 2013

3.1.2. Materiales

Los materiales necesarios para la ejecución del proyecto fueron los siguientes:

- 15 carcasas para focos
- 15 focos 12 voltios
- 4 LEDs blancos
- 4 resistencias de 440 Ohm
- 1 carcasa para foco
- 3 interruptores simples
- 1 porta fusible tubular
- 2 conectores jack hembra
- 1 amperímetro analógico
- 1 pantalla LCD 16 x 2
- 1 Arduino Uno
- 3 pulsantes para banco
- 2 placas perforadas de 10 cm
- 2 conectores hembra y macho de 20 V
- 4 potenciómetros de 0 K ohm a 5 K ohm

3.2. Diseño del Sistema

El banco de pruebas es un sistema digital que genera señales de frecuencia de combinación configurable para controlar diferentes actuadores de motores a gasolina; sus mecanismos controlan la frecuencia y ciclo duty del inyector. A su vez, representa procesos de inyección simultánea, secuencial y semisequencial, para lo cual se gestiona la activación de la bomba de combustible por medio de la modulación del ancho de pulso.

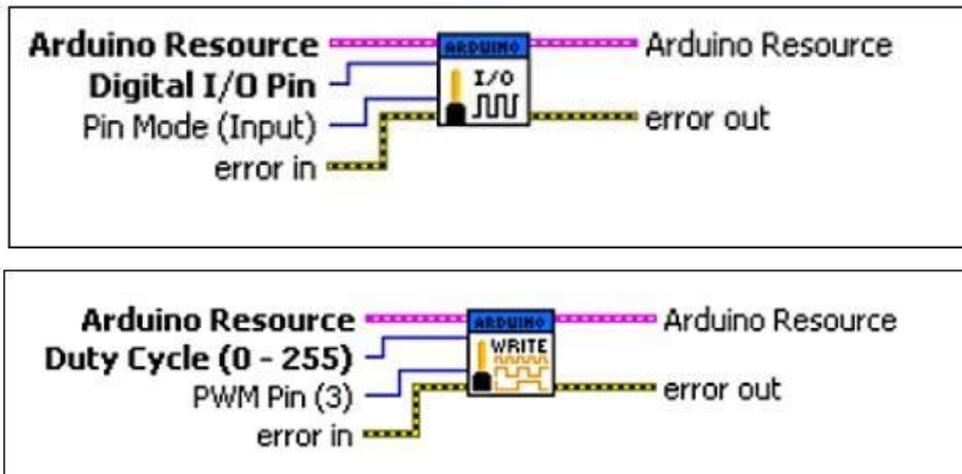
El microcontrolador principal Arduino Uno es encargado de procesar la información y adquirir variables externas mediante codificaciones de datos para entregar la información vía remota y con una visualización adecuada. A continuación, la Figura 38 presenta las características.

Figura 38

Características

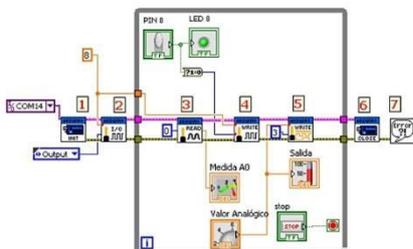
Microcontrolador	<i>ATmega 2560</i>
Voltaje Operativo	5V
Voltaje de Entrada	7-12V
Voltaje de Entrada (límites)	6-20V
Pines digitales de Entrada / Salida	54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
Pines análogos de entrada	16
Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida	40 mA
Corriente DC entregada en el Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	256 KB (8KB usados por el bootloader)
<i>SRAM</i>	8KB
<i>EEPROM</i>	4KB
Clock Speed	6 MHz

La programación y codificación de los diversos actuadores requirió generar señales de entrada y salida que normalmente las emitiría la ECU. La simulación de sensores se realizó al establecer valores para que funcionen en bloques de programación digital I/O (para señales cuadradas) y PWM para generar las señales emitidas por los potenciómetros con el fin de simular la variación de la señal (Figura 39).

Figura 39*Digital I/O y PWM*

Nota. Tomado de *Digital I/O y PWM*, Mohan, 2003

Las señales de entrada y de salida simularon a los actuadores con el propósito de realizar pruebas de funcionamiento en la ECU (Figura 40).

Figura 40*Bloque Arduino*

1. Configuración de la tarjeta Arduino
2. Configuración del pin 8 digital como salida
3. Lectura del valor analógico de pin A0
4. Escritura digital en el pin 8
5. Escritura en el PIN 3 generando un señal tipo
6. Potenciometro
7. Cierre de los puertos anteriormente usados
8. Tratamiento de errores.

Nota. Tomado de *Bloques Arduino*, Mohán, 2003

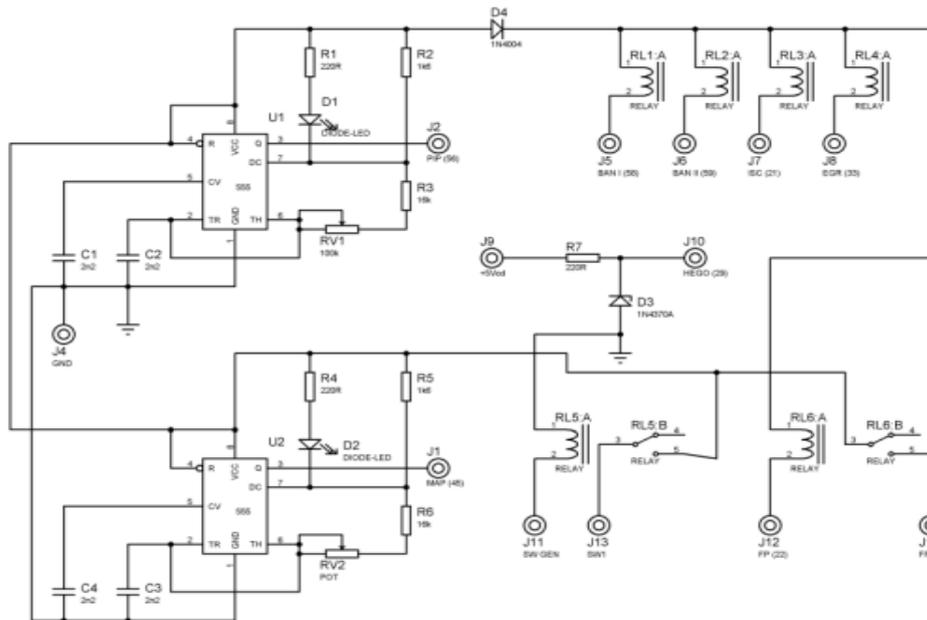
El control de pulsos fue efectuado mediante el circuito LM 555, el cual permite una variación de la resistencia de 0V a 5V.

3.3. Diagramas y Diseños Elaborados para la Tarjeta Electrónica y Conexión del Simulador

La Figura 41 presenta el diseño de la tarjeta electrónica.

Figura 41

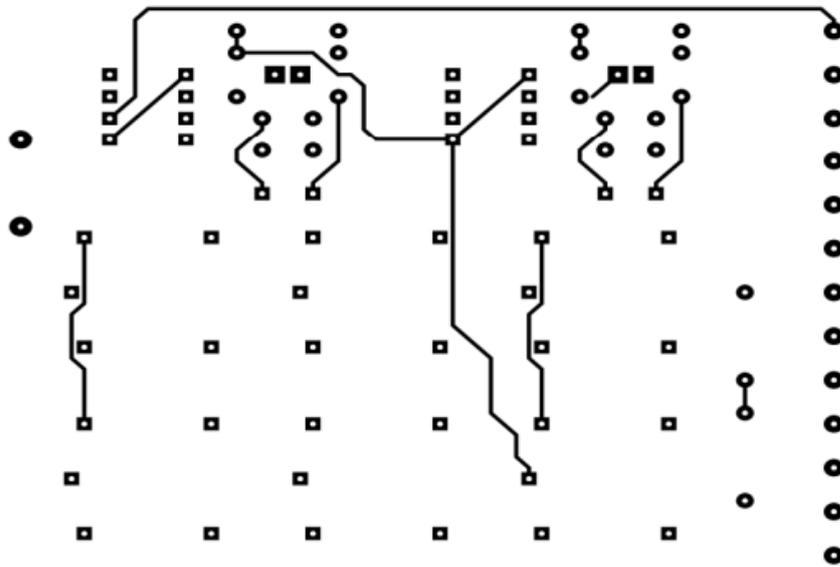
Diseño de tarjeta electrónica



El diseño de la tarjeta electrónica para la energización de la bobina del relé consiste en un circuito disparador con una lógica negativa en el que el LED está conectado mediante una resistencia, que a su vez conecta a una barra de 12 LEDs de pantalla de cristal con una interfaz de 14 contactos (Figura 42).

Figura 42

Diseño de tarjeta electrónica en Proteus

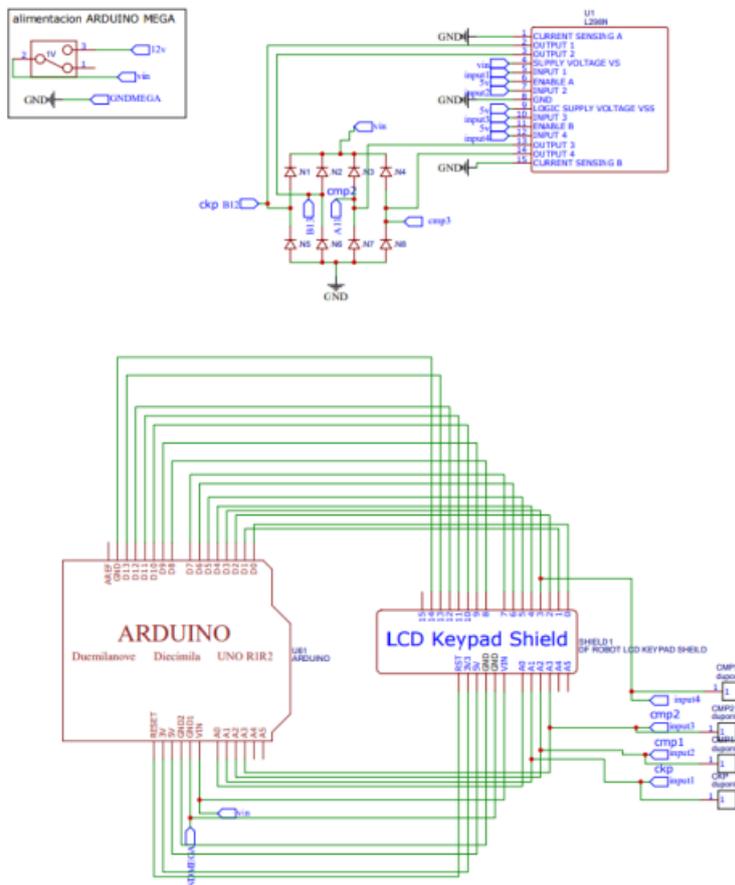


El diseño de la placa electrónica usualmente es utilizado con el fin de simular y verificar el funcionamiento de cada uno de los circuitos electrónicos. La elaboración de la placa física fue efectuada con el programa PCV Wizard.

En lo que respecta al diagrama de conexión del simulador, la Figura 43 lo presenta visualmente.

Figura 43

Diagrama de conexión del simulador



El circuito de control consta de una pantalla para ingresar a una interfaz que gestiona las diferentes funciones del banco mediante la placa Arduino, proceso realizado por las vías de comunicación que envían la información. Cada componente se alimenta de 5 V o 12 V.

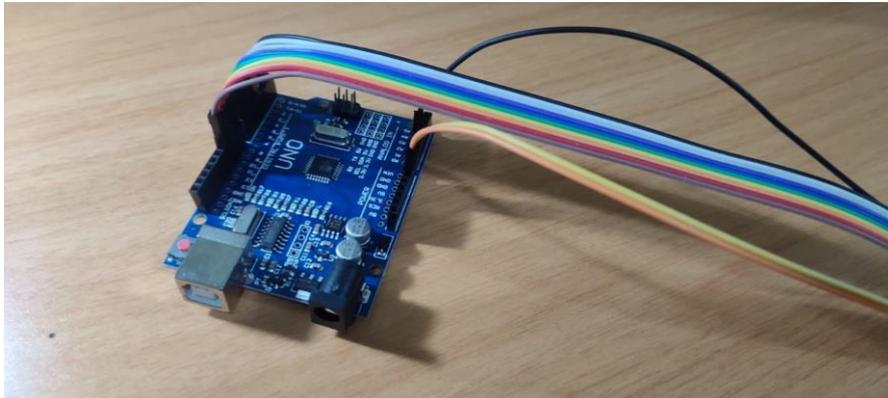
3.4. Fabricación y Ensamblaje

La construcción del banco de pruebas siguió protocolos que minimizan el deterioro del diseño y previenen una mala manipulación:

Tarjeta electrónica. Arduino Uno posee dos puertos para convertir una señal digital a analógica que es generada por el microcontrolador y verificada por la ECU (Figura 44).

Figura 44

Arduino Uno utilizado en el proyecto



Pantalla LCD 16 x 2. Se verificó la compatibilidad del Arduino con la pantalla, que cuenta con cristal líquido y dos filas de 16 caracteres para mostrar información alfanumérica (Figura 45).

Figura 45

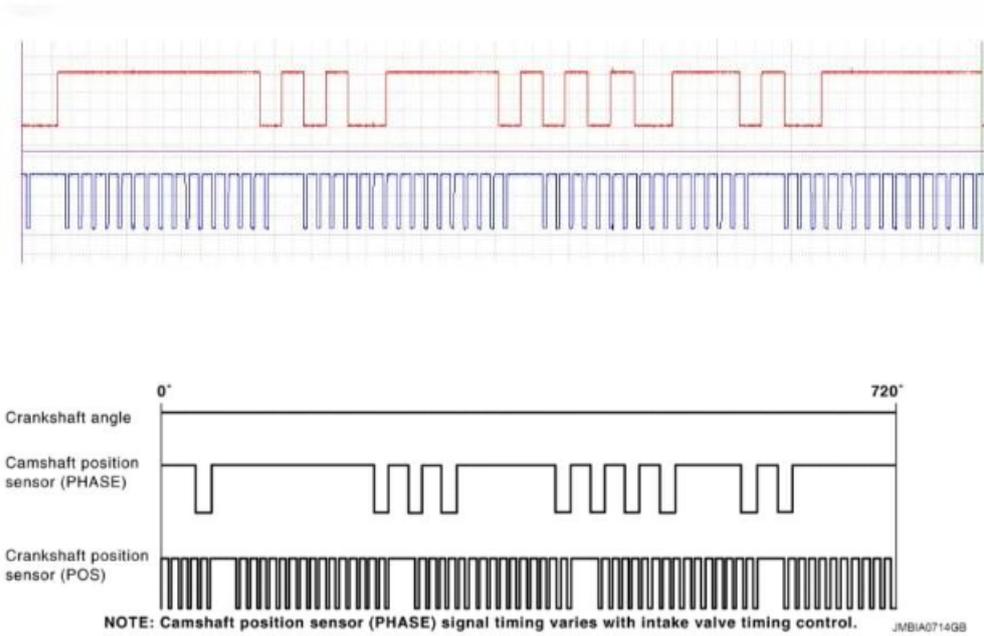
Pantalla LCD 16 x 2



Diseño de control. Para diseñar el circuito tuvo que simularse diferentes tipos de señales. De ese modo, se empleó una señal cuadrada con un voltaje de 0 V a 5V para enviarse a la ECU del automóvil (Figura 46).

Figura 46

Señal sensor CKP



Acondicionador de señal cuadrada. La señal de onda cuadrada proviene de Arduino DUE, pin 21, e ingresa al circuito mediante una resistencia de 220 ohmios, mientras que los pines 4 y 5 envían la señal necesaria a la ECU para la activación de los actuadores (Figura 47).

Figura 47

Conectores DB20

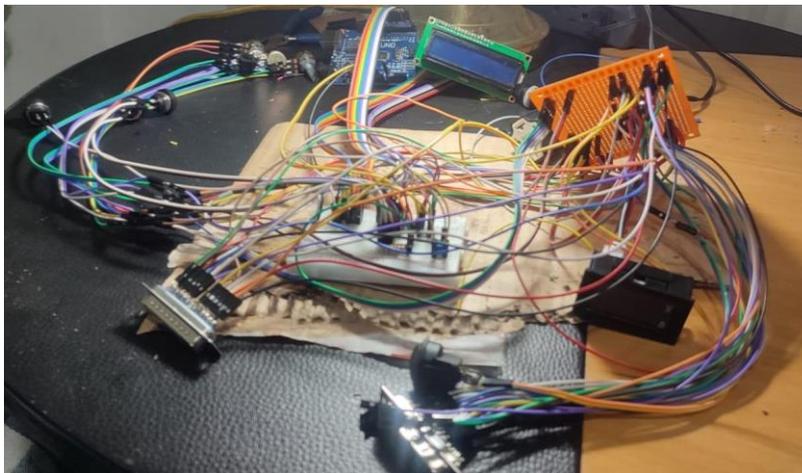


Activación de las señales provenientes de la ECU. Las señales son de 5 V para la bobina y el inyector. Para tal efecto, Arduino acondiciona una tensión máxima de 3.3 V con el fin de simular la señal.

Aplicación en protoboard. Se comprobó el funcionamiento mediante la conexión en el protoboard y por medio de una prueba previa del banco (Figura 48).

Figura 48

Conexión en protoboard en prueba

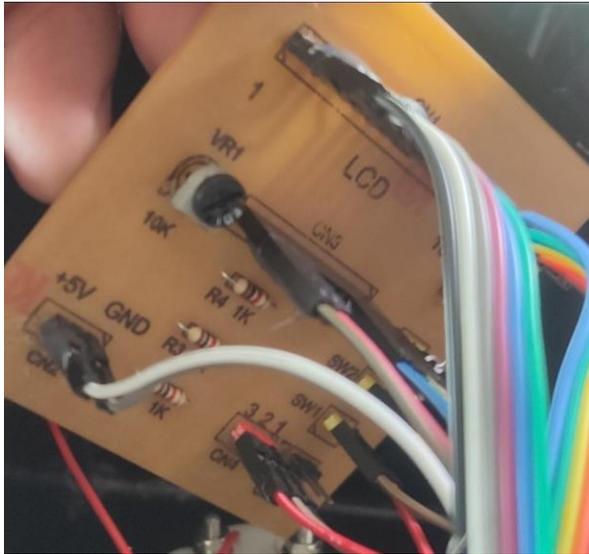


Diseño de la placa. Se realizó un circuito impreso específico del banco de pruebas con las siguientes características: distancia mínima de 5 mm entre puntos, trazos de la pista sobre la placa y se sumergió en ácido el circuito durante 30 minutos para que desaparecieran las

zonas de cobre que no estaban cubiertas con tinta. Una vez culminado este proceso, se limpió el circuito previo a ser utilizado (Figura 49).

Figura 49

Diseño de placa circuito



Construcción del comprobador de computadora. Tras identificar los materiales necesarios para la construcción del banco de pruebas, se realizó una planificación de ellos y fueron soldados en la placa (Figura 50).

Figura 50

Suelda de componentes



Posteriormente, cada componente se dispuso al interior de la carcasa con el nombre correspondiente (Figura 51).

Figura 51

Banco de pruebas



Generación de señales CKP. Fue realizada la simulación de la señal sensor CKP efecto hall; se realizó la respectiva programación, la cual muestra su onda (Figura 52).

Figura 52

Programación de señal CKP Nissan Almera

```

1 void funcion_27(){           // ALMERA
2 for(i=1;i<=12;i++){
3 digitalWrite(ckp,1); delayCal(1); // señal 1 es igual a 12
4 digitalWrite(ckp,0); delayCal(1);
5 }
6 digitalWrite(ckp,0); delayCal(1);
7 digitalWrite(ckp,0); delayCal(1);
8
9
10
11 for(i=1;i<=16;i++){
12 digitalWrite(ckp,1); delayCal(1); // señal 1 es igual a 12
13 digitalWrite(ckp,0); delayCal(1);
14 }
15 digitalWrite(ckp,0); delayCal(1);
16 digitalWrite(ckp,0); delayCal(1);
17
18
19 for(i=1;i<=16;i++){
20 digitalWrite(ckp,1); delayCal(1); // señal 1 es igual a 12
21 digitalWrite(ckp,0); delayCal(1);
22 }
23 digitalWrite(ckp,0); delayCal(1);
24 digitalWrite(ckp,0); delayCal(1);
25
26
27 for(i=1;i<=16;i--){

```

3.5. Protocolo de Pruebas

Para verificar el banco de pruebas tuvo que conectarse a una fuente de 13.7 V y activarse el switch principal de encendido. La pantalla muestra el voltaje de alimentación (Figura 53).

Figura 53

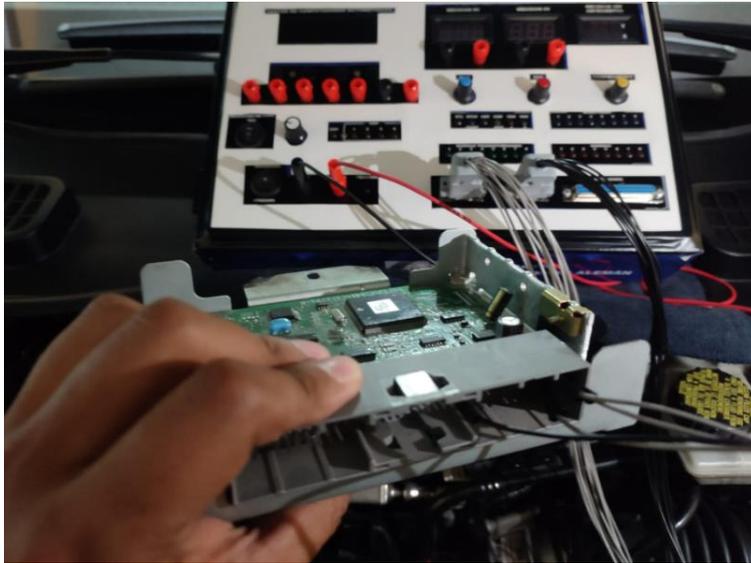
Encendido del banco de pruebas



Mediante el diagrama de la computadora del vehículo, se banqueó la computadora como lo muestra la Figura 54.

Figura 54

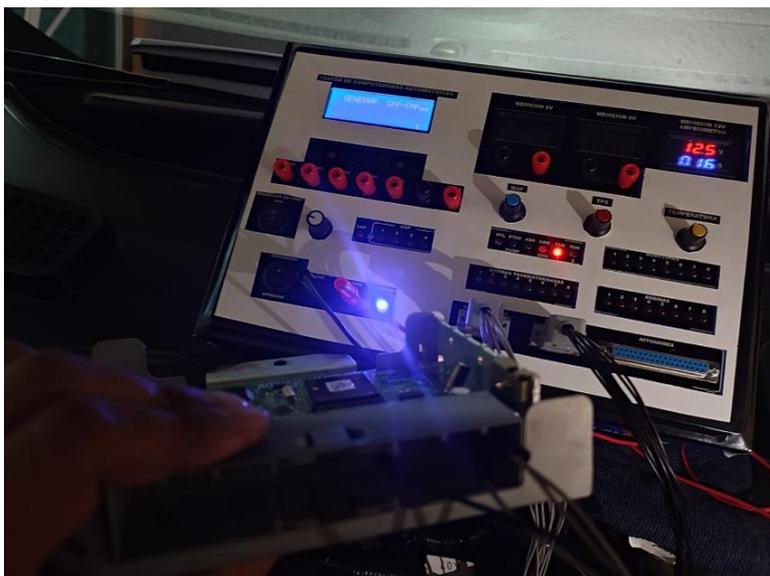
Banqueo de computadora Nissan Almera



Se conectaron las alimentaciones de 12 V y masas según el diagrama de referencia para obtener el amperaje de la computadora (Figura 55).

Figura 55

Conexión de alimentación y masas



Luego, fueron conectados los actuadores (bobinas e inyectores) como lo muestra la Figura 56.

Figura 56

Conexión de actuadores



El siguiente paso consistió en conectar el sensor CKP para activar los inyectores y las bobinas y realizar su comprobación (Figura 57).

Figura 57

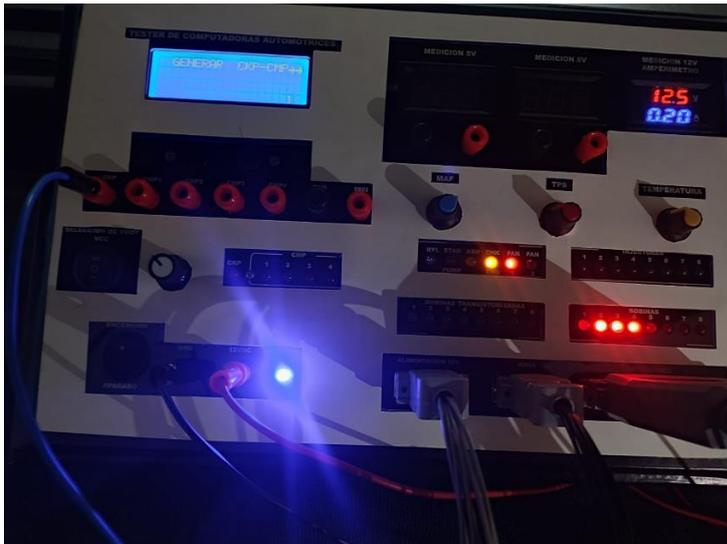
Activación emulación señal CKP



Posteriormente, el banco de pruebas fue encendido y se aumentó la velocidad para simular la aceleración del vehículo y emitir la señal del sensor CKP para corroborar que los actuadores trabajen correctamente (Figura 58).

Figura 58

Comprobación de actuadores



Por último, se verificó la computadora y el funcionamiento con el fin de generar un diagnóstico.

3.6. Verificación del Funcionamiento de la ECU

La verificación requirió realizar una prueba de consumo corriente, corroborar que no sobrepase de un amperio y comprobar que el check engine se prenda. De ese modo, fue posible asegurar que el vehículo encendía con normalidad y sin problemas de arranque (Figura 59).

Figura 59*Comprobación de amperaje y check engine*

Enseguida, se confirmó el funcionamiento de los microcontroladores de activación de inyectores al conectar los actuadores. También, fueron conectadas las bobinas y pudo evidenciarse que el microcontrolador de activación no funcionaba porque no emite la señal necesaria. Asimismo, se identificó el recalentamiento de un driver y de la memoria cuando la computadora tiene alimentación (Figura 60).

Figura 60*Recalentamiento driver*

4. Capítulo IV. Resultados

La Tabla 5 y la Figura 61 muestran los resultados.

En la tabla 5, se muestra la verificación de los voltajes de alimentación con el vehículo en contacto, con el vehículo encendido y a su vez una prueba de consumo de corriente, con lo cual se verifico el buen funcionamiento de la alimentación de esta computadora.

Tabla 5

Prueba de banqueo

Tipo	Volteos
Voltaje de alimentación KOER	12.5V
Voltaje de alimentación KOEO	13.6V
Consumo de corriente (Amperios)	0.16V

En la figura 61, se muestra un diagnóstico completo de cada PIN de la computadora Nissan Almera con lo cual se pudo evidenciar el mal estado de tres válvulas de inyección debido a un circuito integrado que no genera los pulsos correctos, de igual forma el recalentamiento del driver que no genera pulsos, adicional el mal estado que presenta el driver que genera la señal del sensor CKP.

Figura 61*Actuadores*

Numero de PIN de conexion computadora NISSAN ALMERA			
N.	Actuador	Estado	Observacion
1	Valvula de inyeccion cilindro 1	Buen estado	Ciruito integrado genera pulso de inyeccion
2	Valvula de inyeccion cilindro 2	Mal estado	Ciruito integrado driver no envia pulso para que el inyector se active
3	Valvula de inyeccion cilindro 3	Mal estado	Ciruito integrado genera pulso de inyeccion
4	Valvula de inyeccion cilindro 4	Mal estado	Ciruito integrado driver no envia pulso para que el inyector se active
9	Bobina de encendido 1	Buen estado	Ciruito integrado genera pulso para la activacion
10	Bobina de encendido 2	Buen estado	Ciruito integrado genera pulso para la activacion
11	Bobina de encendido 3	Buen estado	Ciruito integrado genera pulso para la activacion
12	Bobina de encendido 4	Buen estado	Ciruito integrado genera pulso para la activacion
51	Sensor de posicion del ciguenal	Mal estado	Al recalentarse el indriver no genera la senal del CKP
14	RELE del ventilador	Buen estado	Presenta su activacion despues de la simulacion del aumento de temperatura
21	Lampara de averia de control remoto	Buen estado	Permanece activa
34	Masa	estado	Genera masa al sistema
35	Masa	estado	Genera masa al sistema
107	Alimentacion de tension	Buen estado	Alimenta a todo el sistema
108	Alimentacion de tension	Buen estado	Alimenta a todo el sistema
109	Alimentacion de tension	Buen estado	Alimenta a todo el sistema
111	Conexion de diagnostico OBD2	Mal estado	No permite la conexion por OBD2
112	Conexion de diagnostico OBD2	Mal estado	No permite la conexion por OBD2

- La fuente principal de alimentación de la computadora permitió captar el voltaje correcto de 13.7 V.
- El amperaje de la computadora (una vez conectada) fue de 0.16 amperios. Dado que no superó un amperio, la computadora no estuvo quemada.

- Al conectar el CKP hacia la computadora pudo identificarse que las bobinas no trabajaban de forma adecuada, pues la bobina uno no emitía la señal para su activación.
- La señal hacia los inyectores mostró el funcionamiento correcto de cada uno de ellos, con la activación simultánea y la variación de señal en caso de modificar su periodo.
- La señal de la bomba cumplió con el proceso de activación para la alimentación del combustible.

Por otro lado, la Tabla 6 muestra la verificación del estado de los actuadores.

Tabla 6

Estado de actuadores

Actuador	Estado	Observación
Check Engine	Activo	Se activa al alimentar la ECU
Rele bomba	Activo	Al enviar la señal del CKP, la ECU se activa
Rele ventilador	Inactivo	Permanece inactivo si la temperatura del refrigerante es menor a 86 °C
Iac	Activo	Se regula de acuerdo con la entrada de aire requerida

Finalmente, la Tabla 7 detalla la prueba de activación de actuadores según el orden de encendido.

Tabla 7

Prueba de activación de actuadores

No	Actuador	Estado	Observación
1	Bobina 1	Activo	Cuenta con bobinas independientes, activación correcta
2	Bobina 2	Activo	Genera pulso de activación
3	Bobina 3	Activo	Genera pulso de activación
4	Bobina 4	Activo	Genera pulso de activación
5	Inyector 1	Activo	Se envía pulso para activación del inyector 1
6	Inyector 2	Inactivo	No genera pulso de activación
7	Inyector 3	Inactivo	No genera pulso de activación
8	Inyector 4	Inactivo	No genera pulso de activación
9	Check engine	Activo	Se activa al alimentar el circuito al momento de comenzar su trabajo.
10	Rele de la bomba	Activo	Se activa 3 segundos en la alimentación y permanece encendido todo el tiempo en la simulación de encendido
11	Rele del ventilador	Inactivo	Se activa al aumentar la simulación de pulsos del inyector
12	IAC	Activo	Permanece activo de acuerdo con las condiciones que el vehículo esté solicitando

4.1. Discusión

El análisis realizado ante la sospecha de que la ECU estaba defectuosa consistió en varios pasos. Primero, verificar si la falla realmente era de la ECU y descartar problemas de bujías, bobinas e inyectores. Luego, comprobar que el circuito posea una alimentación de 12 V, un fusible de protección y una masa para suministrar la carga necesaria a diferentes puntos de la unidad con un voltaje de referencia de 5 V, el cual genera la activación de actuadores y señales pulsantes con una frecuencia de pulsos controlada que simula la señal de giro del CKP. De ese modo, logró identificarse que uno de los drivers de activación no enviaba ninguna señal.

Asimismo, por medio del banco automotriz se corroboró que los microcontroladores que activan al inyector funcionaban correctamente. Además, hubo 0.20 amperios y, por ende, la computadora no presentaba ningún cortocircuito ni problemas con la memoria principal. El check engine permaneció encendido, lo que indicaba que el vehículo va a tener el primer contacto para encenderse, y se verificó que el fan y fuel pump también enciendan y que la bomba de combustible se apague dentro de unos segundos. Fue posible identificar que los microcontroladores encargados del encendido de las inyectores tenían un corto debido a que el driver principal estaba recalentado.

También, se chequearon los pines de salida de la ECM, los terminales y su desempeño dentro del módulo de control, tal como lo muestra el diagrama. Fue necesario comprobar la alimentación de tensión que provee la ECU, las señales de referencia de 5 V y sus masas. Tras verificar las señales pulsantes usadas como controladores y drivers de los actuadores, pudo confirmarse que la activación de las bobinas no era correcta. Entonces, se simularon las señales variables TPS, MAP y ECT lo que permitió identificar el aumento de pulsaciones de los actuadores y evaluar la mejor solución para reemplazar los componentes afectados.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Fue posible identificar distintos componentes de la ECU, tanto pasivos como activos, su estado y el diagnóstico concreto de la unidad.
- Al banquear la computadora automotriz se identificaron los puntos clave para evaluar el funcionamiento correcto de la ECU: alimentación de tensión de 12 V, la unidad de comunicación del scanner ISO, SAE, CAN y la entrada de información de sensores y negativos, masas y salidas de control.
- Con el software correspondiente a Arduino Uno fue posible programar la interfaz de la pantalla y simular las señales requeridas para la activación de los módulos de control dentro de la tarjeta electrónica, lo que permitió corroborar el funcionamiento de la computadora automotriz.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento de la computadora del Nissan Almera con diferentes características al simular la señal del sensor CKP y enviarla hacia los LEDS de prueba, así como por medio de los pulsos para la activación y la verificación mediante el encendido simultáneo.

Recomendaciones

- Es importante obtener el diagrama de la computadora para realizar un banqueo correcto antes de realizar las correcciones al banco de pruebas.
- Debe efectuarse un análisis previo a banquear y verificar si realmente la falla no proviene de otro componente deteriorado como bujías, bobinas, inyectores u otro.
- Es esencial conectar correctamente los pines del banco de computadoras hacia el módulo de control para evitar cortos circuitos que puedan dañar módulos internos.
- Para el banqueo es indispensable tener conocimiento de inyección electrónica con el fin de otorgar un diagnóstico idóneo.

Referencias

Acosta, R. (s.f.). *Conector 16 pines O.B.D 2. Protocolo J1962*.

<https://pdfcoffee.com/conector-16-pines-o-protocolo-j1962-4-pdf-free.html>

Aguilar, C., Gallo, E., Calero, D. y Guerra, J. (2022). Análisis del funcionamiento en los sensores de inyección electrónica para controlar el consumo de combustible.

Dominio de las Ciencias, 7(2), 751-769.

<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2673>

Angulo, F. (2004). *Análisis de la dinámica de convertidores electrónicos de potencia usando PWM basado en promediado cero de la dinámica del error (ZAD)* [tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Cataluña].

<https://www.tdx.cat/handle/10803/5941#page=1>

Arduino.cl. (s.f.). *Arduino Due*. [https://arduino.cl/producto/arduino-](https://arduino.cl/producto/arduino-due/#:~:text=Arduino%20Due%20es%20la%20primera,mediante%20el%20IDE%20de%20Arduino.)

[due/#:~:text=Arduino%20Due%20es%20la%20primera,mediante%20el%20IDE%20de%20Arduino.](https://arduino.cl/producto/arduino-due/#:~:text=Arduino%20Due%20es%20la%20primera,mediante%20el%20IDE%20de%20Arduino.)

Cam2. (s.f.). *Sensores de temperatura automotriz*.

<https://www.cam2.com.pe/single-post/2020/02/17/sensores-de-temperatura-automotriz>

Cekit. (2008). *Curso Fácil de Electrónica Básica* Editorial Cekit S.A.

Chaudhuri, P. (2004). *Computer Organization and Design*. Prentice Hall India Pvt

Fundación AQUAE. (30 de octubre de 2020). *¿Sabes qué es un Arduino y para qué sirve?*

<https://www.fundacionaquae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/>

Gemacar. (11 de junio de 2021). *Constitución de los sistemas electrónicos de los vehículos*. <https://solucionesguemacar.es/constitucion-de-los-sistemas-electronicos-de-los-vehiculos/>

Gómez, J. (1990). *Circuitos Eléctricos*. Universidad de Oviedo.

Hernández, P. (2015). *Banco de pruebas para inyectores electrónicos para la industria automotriz* [tesis de pregrado, Tecnológico Nacional de México].
http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/1753/MD_RPIM2014137.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Horacio D. Vallejo. (2013). *Material educativo de formación de técnico en electrónica*. Editorial Quark.

Lara, R. (2014). De sistema mecánico a sistema tecnológico complejo: El caso de los automóviles. *Contaduría y administración*, 59(2), 11-39.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/cya/v59n2/v59n2a2.pdf>

Lucas, F. (2016). *Software de simulación del comportamiento de sistemas de control de vehículos en función de parámetros electrónicos y medioambientales* [tesis de pregrado, Universidad de Castilla-La Mancha].
<https://ruidera.uclm.es/items/38c4ab47-a91c-4f8d-8415-76a7bd3d59f1>

Martí, A. (1990). *Inyección electrónica en motores de gasolina*. Marcombo.

Mohan, N., Undeland, T. y Robbins, W. (2003). *Power Electronics. Converts, Applications and Design*. (3^{ra} ed.) JohnWiley & Sons.

Müller, W. (1984). *Electrotécnica de potencia. Curso superior*. Editorial Reverté S.A.

Petrolhead Garage. (s.f.). *Motor paso a paso de regulación del ralentí (IACV)*.

<https://petrolheadgarage.com/cursos-automocion/motor-paso-a-paso-de-regulacion-del-ralenti-iacv/>

Rueda, J. (2006). *Manual Técnico de Fuel Injection*. (3^{ra} ed.). Diseli Editores.

Schöner, H. (2004). Automotive mechatronics. *Control engineering practice*, 12(11), 1343-1351.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967066103002314>

Silberschatz, A., Baer, P. y Gagne, G. (2005). *Operating System Concepts Essentials*. Wiley.

Tipler, P. y Mosca, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología*. Editorial Reverté.

Urbina, A. (2008). *Manual práctico de diagnóstico y corrección de fallas referentes al sistema de inyección electrónica en los vehículos de la línea Toyota* [tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Nacional].

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/655/1/CD-1595%282008-07-15-01-27-36%29.pdf>

Villar, E. (2017). *La revolución electrónica*. Universidad de Cantabria.

Anexos

Anexo A. Guía de práctica

			
Guía de Practica #1			
ASIGNATURA	RESPONSABLE	FECHA DE PRACTICA	DURACION PRACTICA
	Docente		2- HORAS
LABORATORIO O TALLER	GUIA PRACTICA N.	NOMBRE DE LA PRACTICA	
Taller	1	Proceso de conexion de la ECU del NISSAN NAVARA al banco de pruebas	
1. OBJETIVO GENERAL			
Realizar correctamente las conexiones			
2. OBJETIVOS ESPECIFICOS			
Dar a conocer el proceso que se realiza para realizar las conexiones			
Dar a conocer los implementos que se necesitan para poder llevar acabo el proceso			
Dar a conocer los pines del banco de prueba			
3. RECURSOS			
EQUIPOS	MATERIALES	INSUMOS	
Bancos de pruebas ECU	Cables dupont	Pinput del vehiculo	
Osciloscopio	Bateria 12V		
4. DESARROLLO DE LA PRACTICA			
1. Mediante el diagrama realizar la conexion o banqueo de la ECU			
2. Realizar la conexion de la fuente y obtener el voltaje de alimentacion			
3. Conectar las alimentaciones de la computadora y masas segun el diagrama y obtener			
4. Dar un criterio del amperaje obtenido anteriormente			
5. Conectar bobinas e inyectores			
6. Conectar CKP y dibujar la onda generada mediante la conexion de un osciloscopio			
7. Dibujar secuencias de funcionamiento de bobinas inyectores			
8. Dar una opinion sobre el funcionamiento de la computadora del vehiculo			
9. Ddemostrar el funcionamiento de la ECU			