



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
INYECCIÓN ELECTRÓNICA J20A A TRAVÉS DE LA
ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACELERACIÓN
ELECTRÓNICA TAC, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN
EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE
LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

**MENA JIMENEZ RIGOBERTO ROLANDO
VENEGAS NÚÑEZ JAIME SANTIAGO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**RIOBAMBA – ECUADOR
2015**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-01-31

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

MENA JIMENEZ RIGOBERTO ROLANDO

Titulada:

**“REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECCIÓN
ELECTRÓNICA J20A A TRAVÉS DE LA ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE
ACELERACIÓN ELECTRÓNICA TAC, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN
EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis Buenaño
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Andrea Razo
ASESORA DE TESIS

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-01-31

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

VENEGAS NÚÑEZ JAIME SANTIAGO

Titulada:

**“REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECCIÓN
ELECTRÓNICA J20A A TRAVÉS DE LA ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE
ACELERACIÓN ELECTRÓNICA TAC, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN
EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Luis Buenaño
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Andrea Razo
ASESORA DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: MENA JIMENEZ RIGOBERTO ROLANDO

TÍTULO DE LA TESIS: “REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA J20A A TRAVÉS DE LA ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICA TAC, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Examinación: 2015-06-04

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Buenaño DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Andrea Razo ASESORA			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: VENEGAS NÚÑEZ JAIME SANTIAGO

TÍTULO DE LA TESIS: “REPOTENCIACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA J20A A TRAVÉS DE LA ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICA TAC, PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Examinación: 2015-06-04

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Luis Buenaño DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Andrea Razo ASESORA			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Santillán Gallegos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Rigoberto Rolando Mena Jimenez

Jaime Santiago Venegas Núñez

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada primeramente a Dios, que con sus bendiciones y espíritu de fortaleza me ayudo a salir adelante en todos los obstáculos que se me presentaron a lo largo de mi carrera. A mi familia, de manera especial a mis padres; quienes fueron el pilar fundamental en mi vida para poder superarme como profesional, con su apoyo incondicional.

A mi esposa quien me enseñó a sobresalir de los problemas por más difíciles que sean siempre hay solución. A mis hijas quienes con su amor y ternura me dieron la fuerza para seguir adelante en mis estudios. A mis hermanas quienes me ayudaron moralmente para culminar mi carrera.

Rigoberto Rolando Mena Jimenez

Poder culminar mis estudios ha sido una de las metas más importantes de mi vida y para lograrlo pude contar con el apoyo incondicional de muchas personas y la bendición de Dios y sobre todo de la Santísima Virgen del Quinche.

Esta tesis se la dedico primeramente a mis padres que con su apoyo y ejemplo de vida me enseñaron a nunca rendirme y luchar por mis sueños, me demostraron que nada en la vida es fácil pero que con trabajo, perseverancia y responsabilidad se puede lograr.

A mis dos queridos hermanos Diana Carolina y Jonathan Rubén que les adoro más que a mi vida y me han dado la fortaleza para no rendirme y demostrarme que con el amor de la familia se supera todas las adversidades que se presentan en la vida.

A mis abuelitos por formar parte de este logro y ser una inspiración enorme en mi vida.

Jaime Santiago Venegas Núñez

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a Dios por guiarme y darme la sabiduría y la fortaleza para no rendirme en mi vida estudiantil.

Y en especial a mi esposa e hijas por brindarme su apoyo incondicional y a la misma vez enseñarme el valor del amor y que gracias a ellas pude sobresalir día a día a pesar de la distancia y del tiempo que no podía compartir a su lado.

A mis padres que gracias a su apoyo moral, sacrificio económico y sentimental pudieron inculcarme que todo esfuerzo vale la pena y que todo sacrificio tiene su recompensa

Rigoberto Rolando Mena Jiménez

Le doy gracias a Dios y a la Virgen primeramente por permitirme seguir con vida y darme la oportunidad de poder formarme profesionalmente y a darme cuenta que el amor de la familia es lo más valioso.

Quiero agradecer a mi padre César Venegas y mi querida madre Patricia Núñez por saber guiarme y sobre todo por estar siempre presentes en mis momentos de adversidad y cuando más los necesito, los amo con todo mi corazón gracias por ser los mejores padres del mundo.

Un agradecimiento muy especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz por inculcar valores y conocimientos para mi vida personal y profesional.

A mis queridos amigos que de una u otra manera formaron parte de este logro y me demostraron que la verdadera amistad existe.

Jaime Santiago Venegas Núñez.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO.	
2.1 ¿Qué es inyección electrónica?.....	4
2.2 Funcionamiento del sistema de inyección de combustible.....	4
2.3 Clasificación de los sistemas de inyección.....	5
2.3.1 <i>Según el lugar donde inyectan.</i>	5
2.3.1.1 <i>Inyección directa</i>	5
2.3.1.2 <i>Inyección indirecta</i>	5
2.3.2 <i>Según el número de inyectores</i>	5
2.3.2.1 <i>Inyección monopunto.</i>	5
2.3.2.2 <i>Inyección multipunto</i>	5
2.3.3 <i>Según el número de inyecciones</i>	6
2.3.3.1 <i>Inyección continua.</i>	6
2.3.3.2 <i>Inyección intermitente.</i>	6
2.3.4 <i>Según las características de funcionamiento</i>	7
2.3.4.1 <i>Inyección electrónica J20A.</i>	7
2.4 Sensores	10
2.4.1 <i>CMP (Camshaft Position Sensor).</i>	10
2.4.2 <i>MAF (Sensores de Flujo de Masa de Aire).</i>	11
2.4.3 <i>IAT (Sensor de Temperatura de Aire de Admisión).</i>	11
2.4.4 <i>TPS (Sensor de Posición de la Mariposa del Acelerador).</i>	12
2.4.5 <i>Sensor de oxígeno.</i>	12
2.4.6 <i>ECT (Sensor de Temperatura del Refrigerante).</i>	13
2.5 Actuadores	13
2.5.1 <i>Inyectores.</i>	13
2.5.2 <i>Bobinas de encendido</i>	14
2.5.3 <i>Válvula IAC (Idle Air Control).</i>	14
2.6 Sistema de aceleración electrónica TAC	14
2.6.1 <i>Qué es el sistema TAC (Throttle Actuador Control</i>	14
2.7 Sensor de posición del pedal del acelerador (APP).....	17
2.8 Cuerpo acelerador.....	18
2.8.1 <i>Regulación de la marcha mínima y régimen bajo.</i>	19
2.8.2 <i>Aceleración y regímenes altos.</i>	20
2.9 Servomotor	22
2.10 Arduino Uno.....	23
3. SELECCIÓN Y DISEÑO.	
3.1 Análisis del estado del motor.....	25
3.1.1 <i>Análisis del sistema electrónico de inyección.</i>	25

3.1.2	<i>Análisis del sistema mecánico.</i>	26
3.2	Resultados del análisis del banco de pruebas.	27
3.3	Selección de elementos para la puesta a punto del motor	28
3.4	Repotenciación del banco	28
3.5	Selección del tacómetro para visualización de parámetros	29
3.6	Diseño del mecanismo de aceleración electrónica TAC	30
3.7	Selección de elementos del TAC	30
3.8	Diseño del mecanismo del pedal y del sensor APP.	34
3.9	Diseño del sistema electrónico de control del mecanismo TAC.	35
3.9.1	<i>Diseño de la programación.</i>	35
3.10	Programación	36
3.11	Elementos del sistema de control	39
3.12	Selección de elementos de seguridad para el banco de inyección electrónica J20A.	41
3.12.1	<i>Normativas para su instalación.</i>	41
4.	IMPLEMENTACIÓN Y ENSAMBLAJE DE PARTES.	
4.1	Instalación de los elementos para la puesta a punto del motor	43
4.1.1	<i>Desmontaje de la unidad de control y la bobina de encendido.</i>	43
4.1.2	<i>Organización del cableado del sistema de encendido.</i>	44
4.1.3	<i>Nuevo arnés de cables.</i>	44
4.1.4	<i>Verificación del pin data.</i>	45
4.1.5	<i>Montaje de la nueva ECU en el banco J20A</i>	46
4.1.6	<i>Instalación de la nueva bobina de encendido</i>	46
4.1.7	<i>Conector del sensor MAF</i>	47
4.1.8	<i>Calibración de la válvula IAC</i>	47
4.1.9	<i>Sustitución del sensor de oxígeno</i>	48
4.1.10	<i>Bomba de combustible</i>	48
4.1.11	<i>Depósito de refrigerante</i>	49
4.1.12	<i>Tapa del radiador</i>	49
4.2	Instalación de los elementos para la repotenciación del motor	50
4.2.1	<i>Conexión del tablero de instrumentos</i>	50
4.2.2	<i>Montaje del tablero electrónico</i>	51
4.3	Ensamblaje del mecanismo de aceleración electrónica TAC	51
4.4	Construcción del sistema electrónico de control del sistema TAC	53
4.5	Implementación de elementos de seguridad en el banco J20A	56
5.	PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICA.	
5.1	Plan de pruebas	58
5.1.1	<i>Pruebas de funcionamiento del motor.</i>	58
5.1.2	<i>Pruebas del sistema de inyección.</i>	60
5.1.3	<i>Pruebas electrónicas del tablero digital.</i>	64
5.1.4	<i>Pruebas del TAC.</i>	66
6.	PRESUPUESTOS DE IMPLEMENTACIÓN.	
6.1	Costos directos	70
6.1.1	<i>Costo de materiales:</i>	70
6.1.2	<i>Costo de mano de obra.</i>	71
6.1.3	<i>Costo de equipos y herramientas.</i>	71

6.1.4	<i>Costo de transporte.</i>	72
6.2	Costos indirectos.....	72
6.3	Costo total.....	72

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1	Conclusiones.....	73
7.2	Recomendaciones	73

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Cuadro de terminales de los conectores..... 9
2	Elementos en mal estado..... 27
3	Elementos para la repotenciación 28
4	Componentes de control 39
5	Dispositivos de seguridad 42
6	Materiales..... 70
7	Mano de obra 71
8	Equipos y herramientas..... 71
9	Transporte 72
10	Costos indirectos..... 72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Riel de inyectores J20A 4
2	Inyección directa e indirecta 5
3	Inyección monopunto y multipunto 6
4	Inyección secuencial, semisequencial y simultánea 6
5	Diagrama electrónico motor J20A 7
6	Sensor CMP 11
7	Sensor MAF 11
8	Sensor IAT 11
9	Sensor de posición de la mariposa 12
10	Sensor de oxígeno 12
11	Circuito sensor ECT 13
12	Inyectores 13
13	Bobina de encendido 14
14	Diagrama de la válvula IAC 14
15	Componentes del sistema TAC 15
16	Módulo de control y sensores 16
17	Configuración A 16
18	Configuración B 17
19	Sensor APP 17
20	APP de dos potenciómetros 18
21	Cuerpo acelerador 18
22	Conjunto del cuerpo de aceleración 19
23	Cambio de giro del motor 19
24	Regulación de la marcha mínima 20
25	Aceleración 20
26	Potenciómetros del sistema TAC 21
27	Trabajo de los potenciómetros 21
28	Control de aceleración y desaceleración 21
29	Control del servo por pulsos 23
30	Arduino Uno 24
31	Tablero electrónico J20A 29
32	Dinamómetro 31
33	Fuerza del dinamómetro 31
34	Radio del estrangulador 32
35	Servomotor 33
36	Cable flexible 33
37	Mecanismo del potenciómetro 35
38	Diagrama APP 35
39	Diagrama de flujo 36

40	Programa Arduino.....	37
41	Programa Arduino.....	38
42	Programa Arduino.....	38
43	Diagrama eléctrico	39
44	Elementos en Ares	40
45	Ruteado en la placa	40
46	Circuito de control en 3D.....	41
47	ECU en mal estado	43
48	Bobina de encendido averiada	43
49	Arnés de cables imperfectos	44
50	Organización de las conexiones del tablero de mando	44
51	Arnés de cable instalado	45
52	Conectores de la ECU.....	45
53	Instalación de la ECU	46
54	Bobina de encendido cilindro No. 4	46
55	Conector.....	47
56	Válvula IAC.....	47
57	Sensor de oxígeno.....	48
58	Medición de la presión.....	48
59	Bomba de combustible.....	48
60	Depósito del refrigerante	49
61	Tapa del radiador	49
62	Tablero de instrumentos.....	50
63	Conectores del tablero de instrumentos	50
64	Montaje del tablero digital.....	51
65	Denominación de elementos	51
66	Cable de aceleración mecánica	52
67	Servomotor.....	52
68	Carcasa servomotor.....	52
69	Cables de conexión	53
70	Elementos.....	53
71	Elementos soldados.....	54
72	Ensamble del control del TAC.....	54
73	Modulo instalado	54
74	Mecanismo del APP.....	55
75	Sócalos del APP y TAC.....	55
76	Malla de seguridad.....	56
77	Protector.....	57
78	Prohibido manipular	57
79	Prohibido tocar.....	57
80	Análisis con el escáner.....	58
81	Lavado de inyectores	59
82	Microfiltros sucios	59
83	Cauchos (o-ring)	59

84	Sensor CMP vs. Bobina N° 4.....	60
85	Positivo y masa _ bobina N° 4.....	61
86	Inyectores.....	61
87	Sensor de oxígeno de zirconio	62
88	Sensor TPS.....	63
89	IAC a 2000 rpm	63
90	Válvula EGR a 2000 rpm.....	64
91	Revoluciones del motor	64
92	Temperatura y nivel de combustible.....	65
93	Check engine.....	65
94	Indicador aceite y batería	66
95	Masa APP 1	66
96	Alimentación APP 1	67
97	Señal de referencia APP 1	67
98	Señal de referencia APP2	67
99	Sensor APP	68
100	APP en ralentí	68
101	Aceleración total	69
102	APP vs. Servomotor.....	69

SIMBOLOGÍA

F	Fuerza del resorte	N
R	Radio	m
T	Factor de seguridad	kg _f
I	Relación de transmisión	

LISTA DE ABREVIACIONES

TAC	Control del accionador del acelerador
ECU	Unidad de control electrónica
CMP	Posición del árbol de levas
MAF	Flujo de aire en masa
VSS	Sensor de velocidad del vehículo
TP	Posición de la mariposa
TPS	Posición de la mariposa
IAT	Temperatura de aire de admisión
ECT	Temperatura refrigerante del motor
IAC	Control de aire de ralentí
EGR	Recirculación de gases de escape
EVAP	Emisiones por evaporación
PSP	Presión de la servo dirección
ABS	Sistema de frenos antibloqueo
A/C	Amplificador
HO2S	Sensor de oxígeno
PCM	Módulo de control del motor
NTC	Sensor de coeficiente negativo
PTC	Sensor de coeficiente positivo
APP	Posición del pedal del acelerador
ECM	Módulo de control electrónico/ módulo de control del motor
USB	Universal Serial Bus/ Bus Universal en Serie

LISTA DE ANEXOS

- A** Pin data del tablero de instrumentos
- B** Circuito de aceleración electrónica
- C** Plan de mantenimiento
- D** Manual de usuario
- E** Guías de laboratorio

RESUMEN

La repotenciación de un banco de pruebas de inyección electrónica para la Escuela de Ingeniería Automotriz tiene como propósito habilitar un equipo que requiere funcionalidad, que permita ampliar habilidades y destrezas a las personas que se preparen en el área de laboratorios; de este modo, el banco en mejores condiciones brinda mayor comodidad y facilidad durante el trabajo y manejo de equipos para afinación y control.

La recolección de información y el análisis del estado actual del banco determinaron cada uno de los elementos averiados para la puesta a punto del motor. En la fase de afinación se procedió a reemplazar e instalar todos los componentes en mal estado por los nuevos, según las recomendaciones del fabricante.

Por medio de una plataforma de Aduino Uno se elaboró la programación para el control electrónico de aceleración (ECT) para la repotenciación del banco J20A, además se utilizó el software Proteus para la simulación del circuito de control electrónico y Ares en la construcción de la tarjeta electrónica. En la construcción del sistema de aceleración electrónica (TAC) se adaptó un servomotor conectado con un cable flexible al estrangulador, y un pedal de aceleración con un sensor (APP) que indica su posición.

El banco se sometió a varias pruebas de funcionamiento y control con equipos electrónicos para obtener una repotenciación confiable, a más de dotarle con la señalética apropiada y dispositivos de seguridad, quedando a punto para ser manipulado por personal autorizado en el laboratorio Automotriz. Es recomendable regirse al manual de usuario y de mantenimiento para su utilización.

Palabras clave: Aceleración electrónica, control electrónico, dispositivos de seguridad, motor, repotenciación, sistema.

ABSTRACT

The present investigation was carried out repowering of a test electronic injection at School of Automotive Engineering, aims to enable a requires adequate equipment functionality that expand abilities and skills to people who are prepared in the laboratory area; thus, the bank in a better position provides comfort and ease while working and handling equipment for tuning and control.

Collection of data and analysis of the current state from bank determined each defective elements for tuning the engine. In phase of affirmation it proceeded to replace and install all components in poor condition with new ones, according to the manufacturer's recommendations.

Through a platform programming Arduino Uno was elaborated to tread for quicker acceleration control (ECT) to repowering bank J20 A, besides the Proteus software for electronic circuit simulation and Ares building control electronics card was used. In the construction of electronic acceleration (TAC) adapted an actuator connected to a flexible cable to the throttle, and an accelerator pedal (APP) indicating its position sensor adapted.

The bank underwent several tests of operation and control-electronic equipment accounting for an upgrade, to more than provide it with appropriate signage and safety devices, being ready to be manipulated by authorized laboratory personnel Automotive. It is advisable to govern the operating and maintenance users for use.

Keywords: acceleration, electronic control, safety, engine, upgrade, system.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes

La repotenciación del motor J20A de la Escuela de Ingeniería Automotriz, tiene como objetivo principal habilitar una herramienta que permita adquirir conocimientos de la transformación de la energía calorífica a energía mecánica de un motor de combustión interna de cuatro tiempos ciclo Otto para desarrollar destrezas y cualidades en los operarios a través de la construcción y adaptación de un sistema de aceleración electrónica que es un avance tecnológico que se presenta en el parque automotor en vehículos de alta gama para contribuir al desarrollo socioeconómico y cultural del país, con un mejor estilo de vida.

Por la gran evolución tecnológica de la automoción en el país y la introducción de sistemas de aceleración controladas automáticamente en los vehículos, el tema de tesis está programado para adaptar un sistema de aceleración electrónica TAC en la repotenciación del sistema de inyección electrónica J20A, lo que facilitará al estudiante adquirir conocimientos acerca del funcionamiento de cada elemento que lo constituye, y pueda tener un excelente desenvolvimiento en la vida profesional. Con este aporte los futuros profesionales de la Escuela de Ingeniería Automotriz, serán capaces de contribuir a la sociedad brindando un servicio garantizado y de calidad en el mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos.

Es un instrumento de aporte al estudiante en la parte práctica en concordancia con los avances tecnológicos que se presentan día a día en el parque automotor, para adquirir conocimientos esenciales en su formación y ser profesionales competentes con un alto grado de nivel académico y tecnológico.

El propósito de realizar este trabajo de investigación es con la finalidad de proveer conocimientos prácticos a los estudiantes sobre el funcionamiento de un motor de ciclo Otto y a su vez diagnosticar los síntomas de falla que se pueden presentar en cada uno de los sensores y actuadores del mismo.

1.2 Justificación

La creación de este plan de tesis es abastecer el laboratorio de inyección electrónica de la escuela de Ingeniería Automotriz con un banco de pruebas electrónico que permitirá a los estudiantes tener mayor facilidad de manipulación de los equipos de diagnóstico y conocer los valores reales de funcionamiento de un motor y al mismo tiempo poner en práctica todo lo aprendido teóricamente en su carrera universitaria.

Este proyecto de tesis cumple con todos los objetivos planteados, constituyéndose en un instrumento útil para mejorar el aprendizaje y las destrezas de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, ya que existe la necesidad del profesional de poner en práctica sus conocimientos adquiridos en su formación en el parque automotor, como aporte a la sociedad y al desarrollo del país.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Repotenciar el banco de pruebas de inyección electrónica J20A a través de la adaptación de un sistema de aceleración electrónica TAC, para la implementación en el laboratorio de inyección electrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

1.3.2 Objetivos específicos

Analizar y estudiar el funcionamiento del sistema de inyección electrónica J20A y de los cuerpos de aceleración electrónica TAC.

Evaluar el estado actual del banco de pruebas para determinar las posibles soluciones requeridas a través del diseño y simulación del sistema de aceleración electrónica TAC para su correcto funcionamiento.

Poner a punto el motor J20A e implementar el sistema TAC y dispositivos de seguridad en el banco de pruebas del laboratorio de inyección electrónica de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Realizar las pruebas mecánicas y electrónicas del motor J20A, por medio de aparatos de medición para la comprobación del buen funcionamiento del banco de pruebas de inyección electrónica.

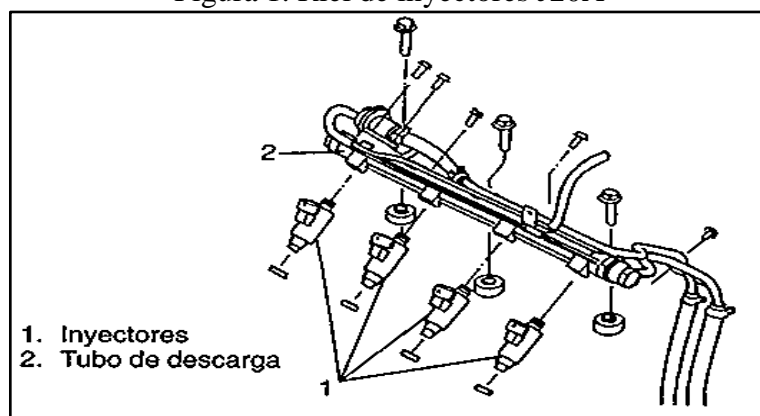
CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 ¿Qué es inyección electrónica?

Es un método que reemplazó al carburador para lograr reducir la emisión de gases nocivos y a la vez una mayor efectividad en la dosificación de combustible, este sistema está constituido por la unidad electrónica de control, sensores y actuadores, aumentando también la potencia y par del motor. (Efrén, 2006)

Figura 1. Riel de inyectores J20A



Fuente: SUZUKI manual de servicio/volumen 2de 2/motor

2.2 Funcionamiento del sistema de inyección de combustible

El funcionamiento de la inyección electrónica está acorde a la medición de parámetros de trabajo del motor como son: el caudal de aire, temperatura del aire y refrigerante, estado de carga, cantidad de oxígeno en los gases de escape, revoluciones, cada una de estas señales las procesa la ECU, y las envía a los actuadores que controlan la inyección.

En estos sistemas actualmente constan de una luz indicadora de mal funcionamiento conocida como Check Engine controlada por un sistema de diagnóstico, que comunica al usuario del vehículo a través de la iluminación del testigo Check cuando algo no trabaja adecuadamente en el sistema, igualmente hay la posibilidad de ejecutar un diagnóstico externo por medio de scanners electrónicos que se conectan a la unidad de

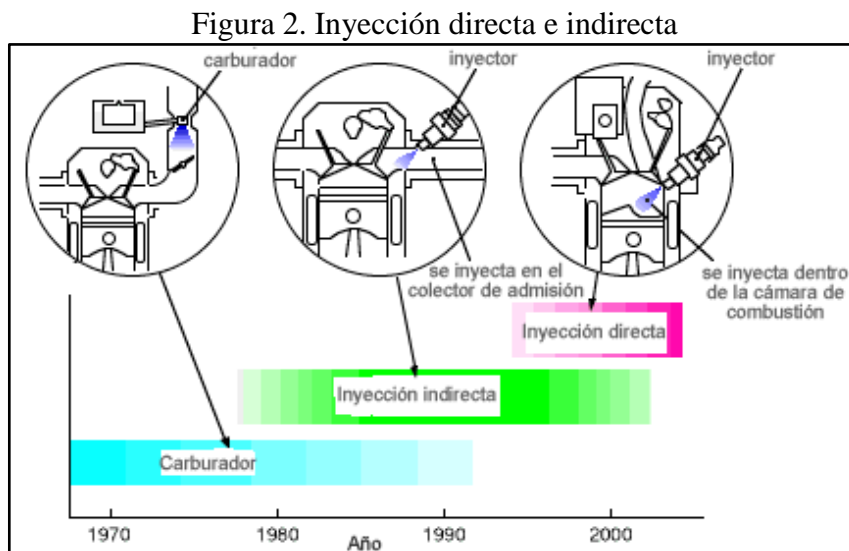
control y revisan todos los parámetros, revelando los valores que no están dentro del rango. (MEGANEBY, 2014)

2.3 Clasificación de los sistemas de inyección

2.3.1 Según el lugar donde inyectan

2.3.1.1 Inyección directa. Se inyecta el combustible directamente en la cámara de combustión.

2.3.1.2 Inyección indirecta. El combustible es inyectado en el colector de admisión, arriba de la válvula de admisión.



Fuente: <https://sites.google.com/site/288sistemasdealimentacion/inyeccion-electronica>

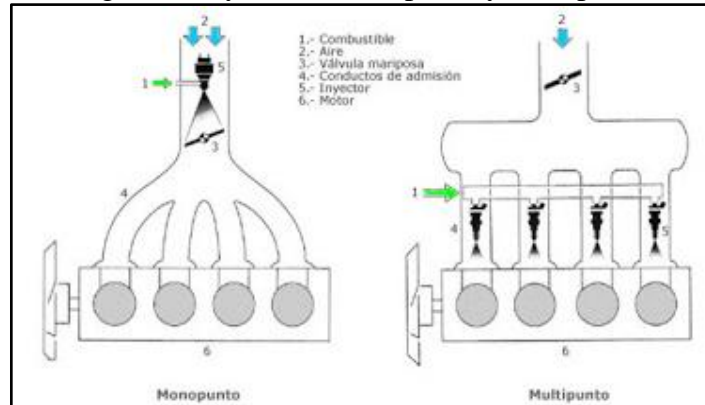
2.3.2 Según el número de inyectores

2.3.2.1 Inyección monopunto. Tiene solo un inyector que mete el combustible en el colector de admisión después de la mariposa de gases.

La diferencia que tiene con el carburador es que la cantidad de gasolina no depende de la depresión del colector.

2.3.2.2 Inyección multipunto. Consta de un inyector por cilindro, puede ser inyección directa o indirecta.

Figura 3. Inyección monopunto y multipunto



Fuente: <http://mecatronic-mecatronics.blogspot.com/2009/03/inyeccion-electronica-introduccion-los.html>

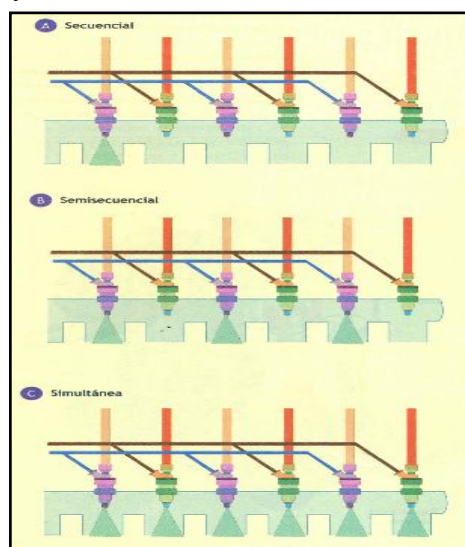
2.3.3 Según el número de inyecciones

2.3.3.1 Inyección continua. Se inyecta combustible dosificado de forma continua a presión, puede ser constante o variable.

2.3.3.2 Inyección intermitente. Los inyectores dosifican el combustible de modo intermitente.

Este tipo de inyección se divide a su vez en tres tipos: secuencial, semisequencial y simultánea. (Jesús, 2011)

Figura 4. Inyección secuencial, semisequencial y simultánea

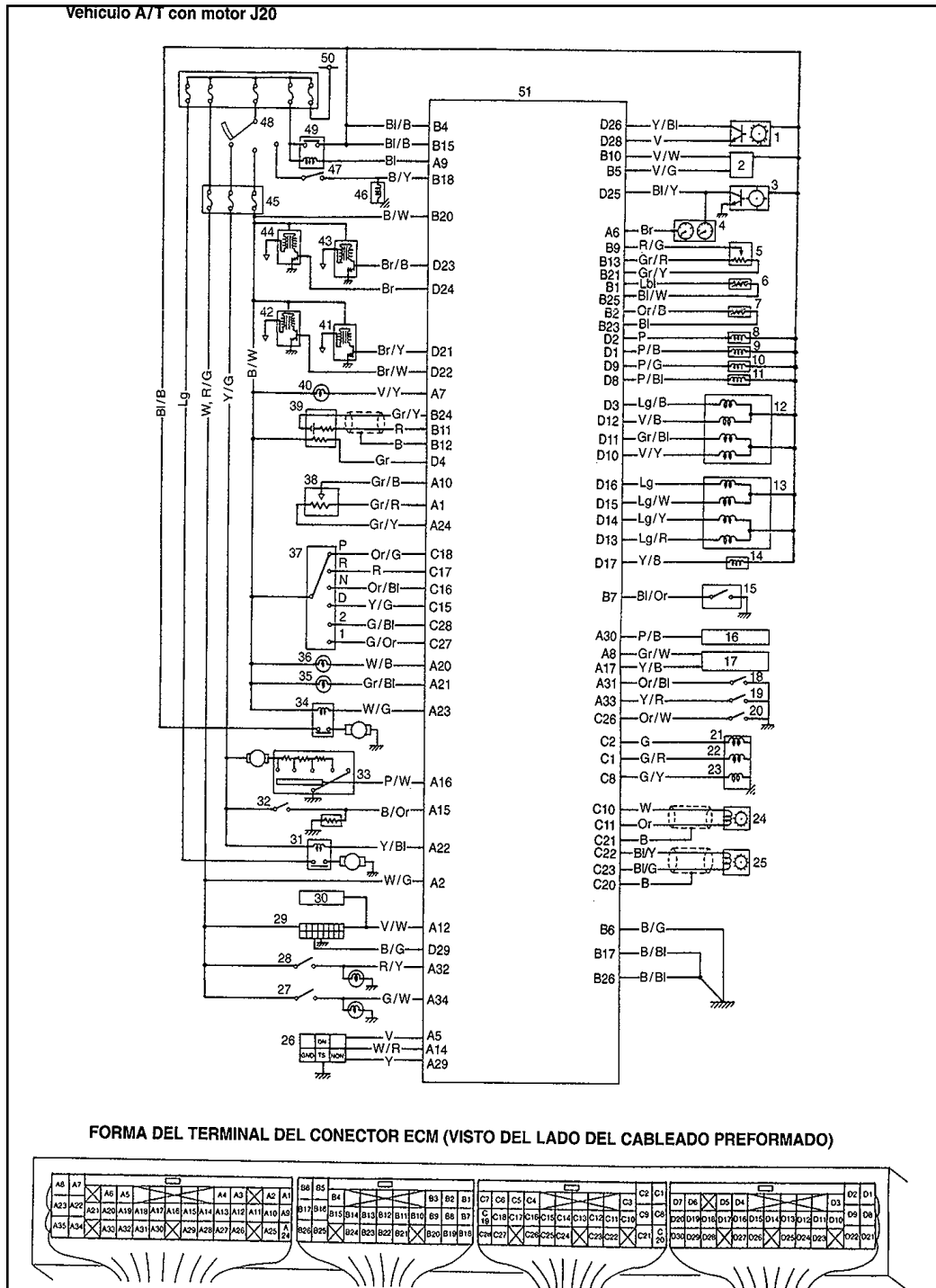


Fuente: http://www.runsa.com.mx/08intranet/programa_de_capacitacion/pdfs/07_electronico_electrico/5_2_clasificacion_de_los_sistemas_de_inyeccion.pdf

2.3.4 Según las características de funcionamiento

2.3.4.1 Inyección electrónica J20A. Motor y sistema de control de emisiones de un vehículo Grand Vitara que tiene un sistema de inyección de combustible múltiple en secuencia para el motor J20A

Figura 5. Diagrama electrónico motor J20A



Fuente: SUZUKI manual de servicio/volumen 2de 2/motor

Denominación de elementos:

- 1 Sensor de posición del árbol de levas [CMP]
- 2 Sensor de flujo de aire masivo [MAF]
- 3 Sensor de velocidad del vehículo [VSS]
- 4 Medidor combinado
- 5 Sensor de posición de la mariposa [TP]
- 6 Sensor de temperatura aire admisión [IAT]
- 7 Sensor de temperatura refrigerante del motor [ECT]
- 8 Inyector N° 1
- 9 Inyector N° 2
- 10 Inyector N° 3
- 11 Inyector N° 4
- 12 Válvula de control de aire de ralentí [IAC]
- 13 Válvula EGR (si está instalada)
- 14 Válvula de purga del recipiente EVAP
- 15 Interruptor de presión de la dirección asistida [PSP]
- 16 Módulo de control ABS (si está instalado)
- 17 Amplificador A/C (si está instalado)
- 18 Interruptor de cambio POWER/NORMAL
- 19 Interruptor de corte de sobre marcha
- 20 Interruptor de 4WD bajo
- 21 Solenoide de cambio A
- 22 Solenoide de cambio B
- 23 Interruptor TCC
- 24 Sensor de velocidad (salida) del vehículo A/T
- 25 Sensor de velocidad para entrada en A/T
- 26 Conector del monitor
- 27 Interruptor de la luz de parada
- 28 Interruptor de luces
- 29 Conector de enlace de datos
- 30 Módulo de control en movilizador (si está instalado)
- 31 Relé el ventilador del condensador de A/C (si está instalado) Interruptor de luces
- 32 Interruptor del desempañador trasero (si está instalado)

- 33 Interruptor del ventilador del calentador
- 34 Relé de la bomba de combustible
- 35 Luz “POWER”
- 36 Luz “O/D OFF”
- 37 Interruptor de posición de la transmisión (sensor)
- 38 Resistencia de ajuste de CO (si está instalada)
- 39 Sensor de oxígeno calentado, HO2S (si está instalada)
- 40 Luz “CHECK ENGINE”
- 41 Conjunto de la bobina de encendido para N° 4
- 42 Conjunto de la bobina de encendido para N° 3
- 43 Conjunto de la bobina de encendido para N° 2
- 44 Conjunto de la bobina de encendido para N° 1
- 45 Caja de fusibles
- 46 Interruptor magnético de motor de arranque
- 47 Interruptor de posición de la transmisión (interruptor de posición de estacionamiento/ punto muerto)
- 48 Interruptor de encendido
- 49 Relé principal
- 50 Voltaje positivo de la batería
- 51 Módulo de control del tren de potencia. (SUZUKI, 1998)

Tabla 1. Cuadro de terminales de los conectores

Terminal	Circuito	Terminal	Circuito
A1	Alimentación Eléctrica de resistencia de ajuste CO (si está instalada)	B23	Tierra de sensor ECT
A2	Alimentación eléctrica de reserva	B24	Tierra de HO2S (si está instalado)
A3-A4	-----	B25	Tierra de sensor IAT
A5	Terminal de salida de ciclo de trabajo	B26	Tierra
A6	Tacómetro		
A7	Luz “CHECK ENGINE”	C1	Solenoide de cambio B
A8	Señal corte A/C (si está instalada)	C2	Solenoide de cambio A
A9	Relé principal	C3-C7	-----
A10	Resistencia ajuste CO (si está instalado)	C8	Solenoide TCC
A11	-----	C9	-----
A12	Conector enlace datos	C10	Sensor (-) de velocidad de entrada A/T
A13	-----	C11	Sensor (+) de velocidad de entrada A/T
A14	Terminal interruptor diagnóstico	C12-C14	-----
A15	Interruptor desempañador trasero	C15	Interruptor posición “D”
A16	Interruptor de ventilador calentador	C16	Interruptor posición “N”
A17	Señal A/C (si está instalado)	C17	Interruptor posición “R”
A18-A19	-----	C18	Interruptor posición “P”
A20	Luz “O/D OFF	C19	-----
A21	Luz “POWER”	C20	Tierra de cable blindado de sensor de velocidad de salida A/T

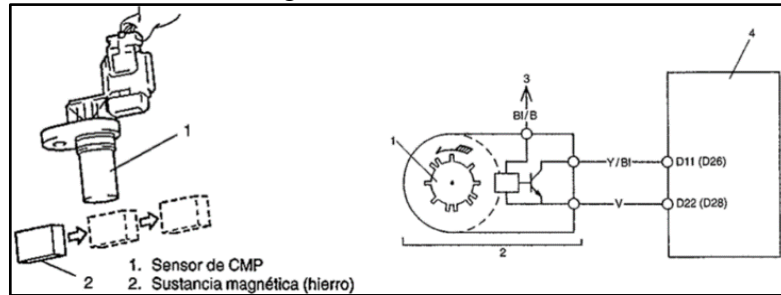
Terminal	Circuito	Terminal	Circuito
A22	Relé motor ventilador A/C (si está instalado)	C21	Tierra de cable blindado de sensor de velocidad de entrada A/T
A23	Relé de la bomba de combustible	C22	Sensor (-) de ajuste de salida A/T
A24	Resistencia (-) ajuste CO (si está instalado)	C23	Sensor (+) de ajuste de salida A/T
A25-A28	-----	C24- C25	-----
A29	Terminal interruptor diagnostico	C26	Interruptor 4WD baja
A30	Modulo control ABS (si está instalado)	C27	Interruptor posición "L"
A31	Interruptor cambio potencia/normal	C28	Interruptor posición "2"
A32	Interruptor de luces		
A33	Interruptor de corte sobre marcha	D1	Inyector N° 2
A34	Interruptor luz de parada (interruptor pedal freno)	D2	Inyector N° 1
A35	-----	D3	Válvula IAC (bobina 1 de motor de velocidad gradual)
		D4	Calentador de HO2S (si está instalado)
B1	Sensor temperatura aire admisión	D5-D7	-----
B2	Sensor temperatura refrigerante motor	D8	Inyector N° 4
B3	-----	D9	Inyector N°3
B4	Alimentación eléctrica	D10	Válvula IAC (bobina 4 de motor de velocidad gradual)
B5	Tierra de sensor MAF	D11	Válvula IAC (bobina 3 de motor de velocidad gradual)
B6	Tierra	D12	Válvula IAC (bobina 2 de motor de velocidad gradual)
B7	Interruptor presión dirección asistida	D13	Válvula EGR (bobina 4 de motor de velocidad gradual, si está instalado)
B8	-----	D14	Válvula EGR (bobina 3 de motor de velocidad gradual, si está instalado)
B9	Sensor posición mariposa (TPS)	D15	Válvula EGR (bobina 2 de motor de velocidad gradual, si está instalado)
B10	Sensor flujo de aire masivo (MAF)	D16	Válvula EGR (bobina 1 de motor de velocidad gradual, si está instalado)
B11	Sensor oxígeno calentado (si está instalado)	D17	Válvula de purga recipiente EVAP
B12	Tierra para cable blindado HO2S (instalado)	D18- D20	-----
B13	Alimentación eléctrica sensor TP	D21	Conjunto de bobina de encendido para N° 4
B14	-----	D22	Conjunto de bobina de encendido para N° 3
B15	Alimentación eléctrica	D23	Conjunto de bobina de encendido para N° 2
B16	-----	D24	Conjunto de bobina de encendido para N° 1
B17	Tierra	D25	Sensor velocidad vehículo
B18	Señal arranque motor	D26	Sensor CMP (+)
B19	-----	D27	-----
B20	Interruptor de encendido	D28	Sensor CMP (-)
B21	Tierra de sensor TP	D29	Tierra para DLC
B22	-----	D30	-----

Fuente: SUZUKI manual de servicio/volumen 2de 2/motor

2.4 Sensores

2.4.1 CMP (Camshaft Position Sensor). Sensa el Punto Muerto Superior en el primer cilindro, cuando se encuentra en tiempo de compresión y lo cambia a señal eléctrica. El sensor se encuentra contiguo al eje de levas y posee tres cables que corresponde a una alimentación, una señal y masa (REYES, 2013)

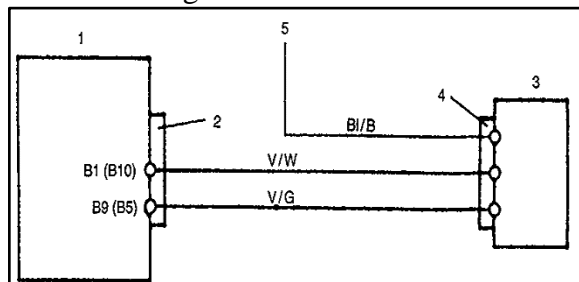
Figura 6. Sensor CMP



Fuente: SUZUKI manual de servicio/volumen 2de 2/motor

2.4.2 MAF (Sensores de Flujo de Masa de Aire). Son llamados sensores de masa de aire, asumen la tarea de convertir en una señal de voltaje la cantidad de aire que se aspira hacia la admisión y calcular la carga del motor. Permite tasar la cantidad de combustible a inyectar, el instante del salto de la chispa para cada cilindro y saber cuándo acoplar los cambios de velocidad y se ubica entre el filtro de aire y cuerpo de aceleración, tiene un cable de señal otro de alimentación y una masa.

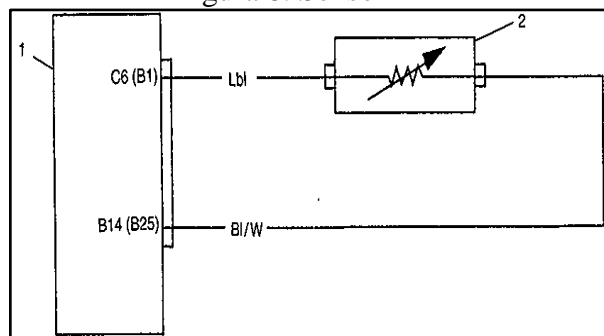
Figura 7. Sensor MAF



Fuente: SUZUKI manual de servicio/volumen 2de 2/motor

2.4.3 IAT (Sensor de Temperatura de Aire de Admisión). El IAT es parte del sensor MAF y es usado para detectar la temperatura ambiente en arranques en frío y la temperatura del aire de admisión mientras el motor calienta el aire que ingresa.

Figura 8. Sensor IAT

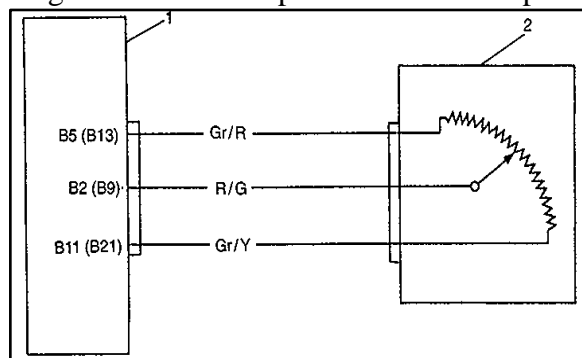


Fuente: SUZUKI manual de servicio/volumen 2de 2/motor

2.4.4 TPS (Sensor de Posición de la Mariposa del Acelerador). La señal indica en qué posición está la mariposa del acelerador a la PCM, ganando el incremento de la potencia del motor.

Contiene un potenciómetro en el eje de la mariposa que trabaja como una resistencia que varía según el movimiento del eje, se alimenta con 5 voltios, tiene una señal variable de voltaje hacia la ECU y masa.

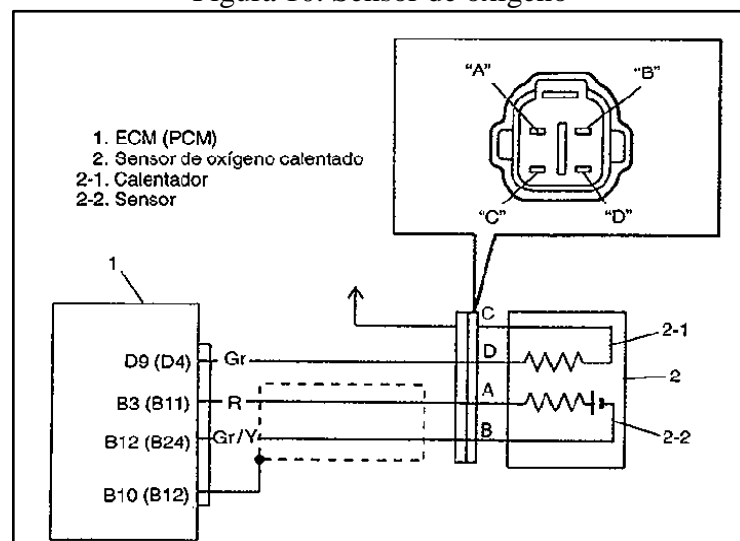
Figura 9. Sensor de posición de la mariposa



Fuente: SUZUKI manual de servicio/volumen 2 de 2/motor

2.4.5 Sensor de oxígeno. Verifica que la dosificación aire/combustible sea exacta para el convertidor catalítico por medio de la señal eléctrica del sensor de oxígeno a la ECU, y ajustará la mezcla idónea a inyectar en la cantidad de aire que entra al colector de admisión. Este sensor consta de cuatro cables: 2 al calefactor del sensor, una señal y una masa

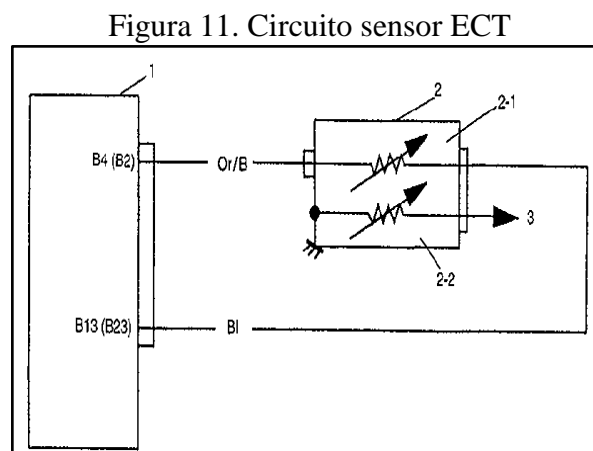
Figura 10. Sensor de oxígeno



Fuente: SUZUKI manual de servicio/volumen 2 de 2/motor

2.4.6 ECT (Sensor de Temperatura del Refrigerante). Este sensor mide la temperatura del refrigerante por medio de una resistencia que provoca una caída de voltaje a la unidad de control para que ajuste la mezcla registrando la temperatura del motor, los pulsos de inyección y la activación del moto ventilador, el sensor está localizado cerca al termostato en la culata y en contacto con el líquido refrigerante.

Son de dos tipos: sensor de coeficiente negativo (NTC), aumenta su resistencia cuando la temperatura disminuye o sensor de coeficiente positivo (PTC), su resistencia aumenta cuando la temperatura aumenta.



Fuente: SUZUKI manual de servicio/volumen 2de 2/motor

2.5 Actuadores

2.5.1 Inyectores. Estos dispositivos se encargan de pulverizar la gasolina que ingresa a presión de la admisión, por medio de una fina electroválvula que se abre y cierra sin fuga de combustible con una reacción inmediata a los pulsos eléctricos.

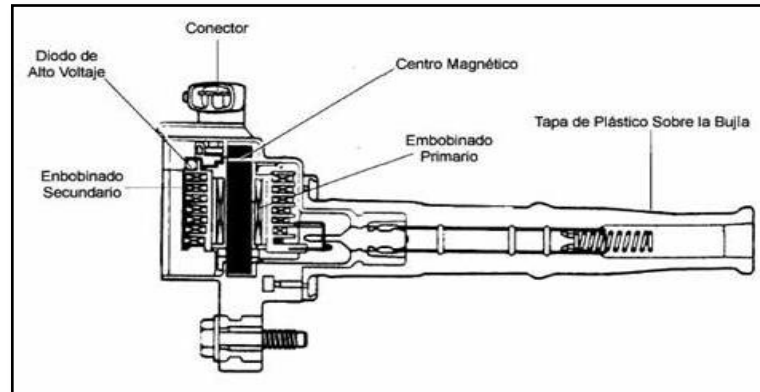
Figura 12. Inyectores



Fuente: Autores

2.5.2 Bobinas de encendido. El sistema de encendido del motor J20A consta de una bobina COP transistorizada para cada cilindro y van montadas sobre las bujías, y cumplen la función de elevar el voltaje a un valor mucho mayor para lograr el arco eléctrico.

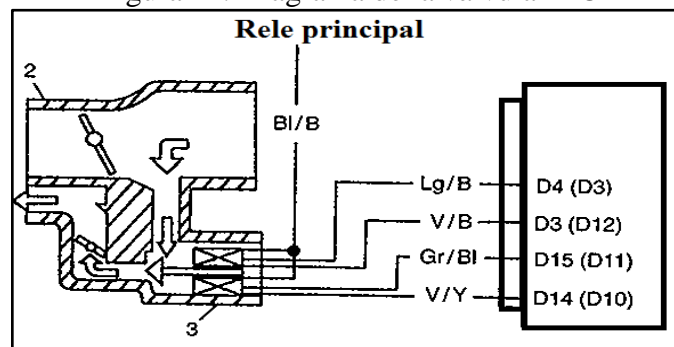
Figura 13. Bobina de encendido



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos77/encendido-electronico-distribuidor-sin-distribuidor/encendido-electronico-distribuidor-sin-distribuidor2.shtml>

2.5.3 Válvula IAC (Idle Air Control). La válvula IAC provee de aire necesario para mantener las revoluciones estables en el motor, porque el aire que transita por la mariposa de aceleración no es el adecuado. Esta válvula posee internamente un motor unipolar de 6 cables que corresponden a cuatro bobinas y dos alimentaciones. (Efrén, 2006)

Figura 14. Diagrama de la válvula IAC



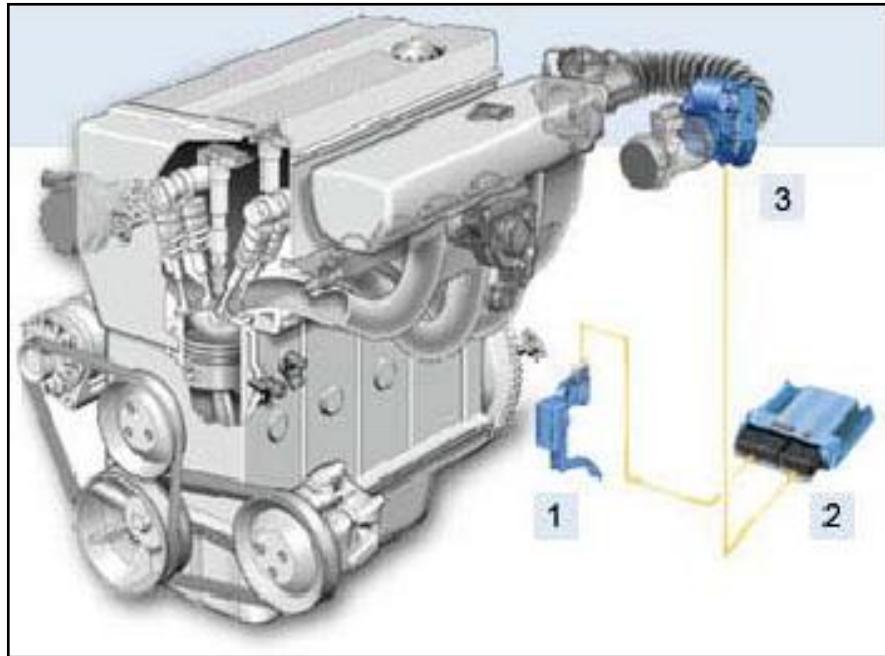
Fuente: SUZUKI manual de servicio/volumen 2 de 2/motor

2.6 Sistema de aceleración electrónica TAC

2.6.1 Qué es el sistema TAC (Throttle Actuator Control). La aceleración electrónica suprime el acoplamiento mecánico entre la mariposa y el acelerador en vehículos a

gasolina, siendo sustituido por una conexión eléctrica por medio de una unidad de control, que a la vez comanda la inyección y el encendido del motor para un mejor arranque en frío.

Figura 15. Componentes del sistema TAC



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I>

Elementos del sistema:

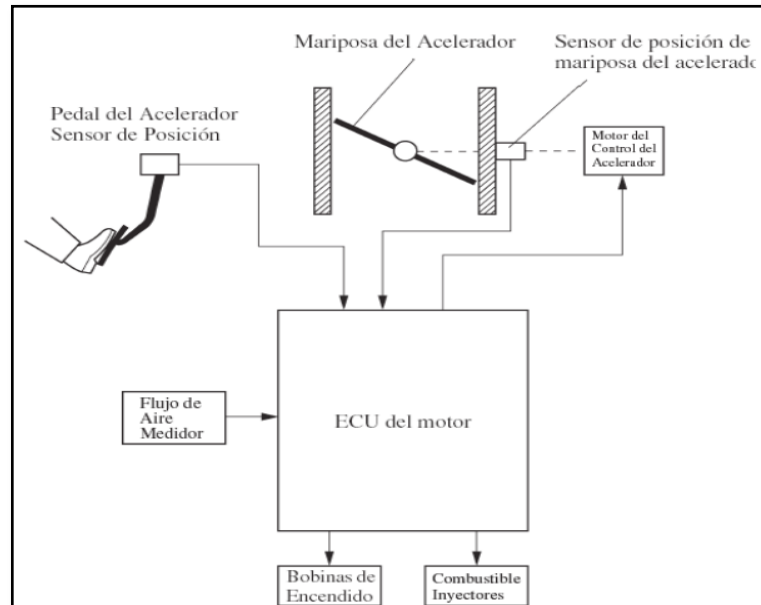
- Sensor de posición del pedal del acelerador (APP).
- ECU - ETC (Electronic Throttle Control)
- Cuerpo de mariposas motorizado (TAC).

Con la instalación de sistemas de aceleración electrónica se conseguirá la reducción de los gases de escape, una aceleración controlada y precisa sobre todo en velocidades invariables.

Debido a las estrictas normas contra la contaminación se opta por crear estos sistemas motorizados que modifican las condiciones de aceleración controladas por la ECU e interviniendo en los límites de aceleración y control de las emisiones de gases nocivos que antes lo hacían conjuntos sensibles al deterioro como los sistemas de marcha mínima en el vehículo.

La mariposa de aceleración se encontrará en una estrategia para limitar las revoluciones al instante que se muestre un mal funcionamiento del motor o los sensores TP y APP, por lo que la ECU no debe tener errores.

Figura 16. Módulo de control y sensores

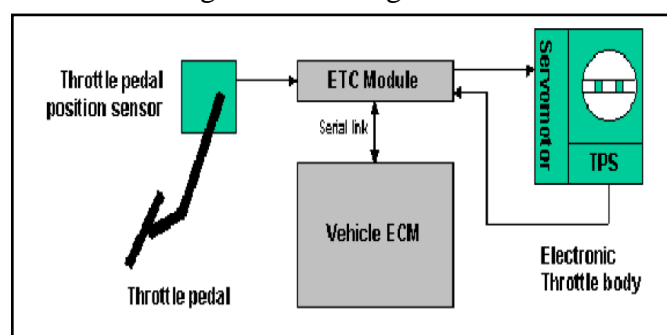


Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I>

Los dispositivos de control de la aceleración electrónica TAC vienen diseñados y adecuados según el fabricante para su adecuado funcionamiento en sus respectivas configuraciones y se exponen dos arreglos:

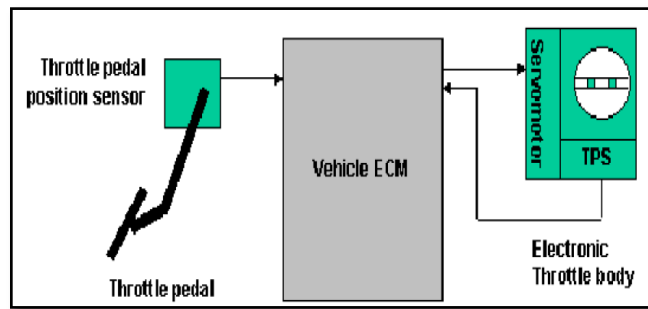
La configuración A consta de un módulo de control electrónico de la mariposa independiente del ECM del motor, y la configuración B tiene incorporado el ECT en la ECM.

Figura 17. Configuración A



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I>

Figura 18. Configuración B



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I>

2.7 Sensor de posición del pedal del acelerador (APP)

Este sensor puede venir equipado en el propio pedal o a su vez que un cable de gobierno se envíe al mismo, de este modo el conductor ejecuta la acción sobre un resorte que moverá los potenciómetros del APP para saber las exigencias a las que se está realizando la aceleración.

Figura 19. Sensor APP

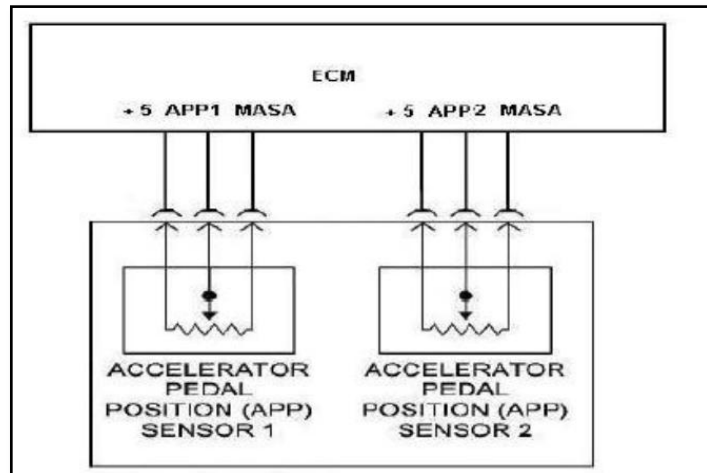


Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I>

Los sensores APP pueden constar de dos o tres potenciómetros, si es un sensor de dos potenciómetros tienen dos señales diferentes por lo que el voltaje de un potenciómetro se amplía y la otra decrece al mover el pedal del acelerador.

La ECU examina como se desenvuelven los potenciómetros verificando que las tensiones se encuentren dentro de los rangos precisados. Cuando un potenciómetro da una posición del acelerador proporciona un valor de tensión, de igual manera lo hace el otro dentro del rango estipulado por la unidad de control.

Figura 20. APP de dos potenci6metros



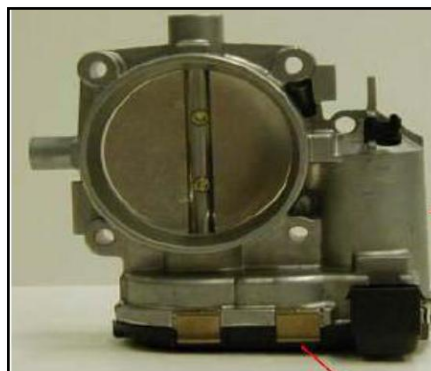
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I>

En el caso de APP de 3 potenci6metros, los voltajes de salida de dos potenci6metros son descendentes y uno es ascendente.

2.8 Cuerpo acelerador

La mariposa queda en una posici6n de reposo un tanto abierta (1200 rpm), por medio de resortes antagonicos ubicados en el eje de la mariposa, dando la posibilidad de abrir o cerrar el estrangulador a trav6s de un motor que se le aplicar6 diferentes polaridades para su funci6n.

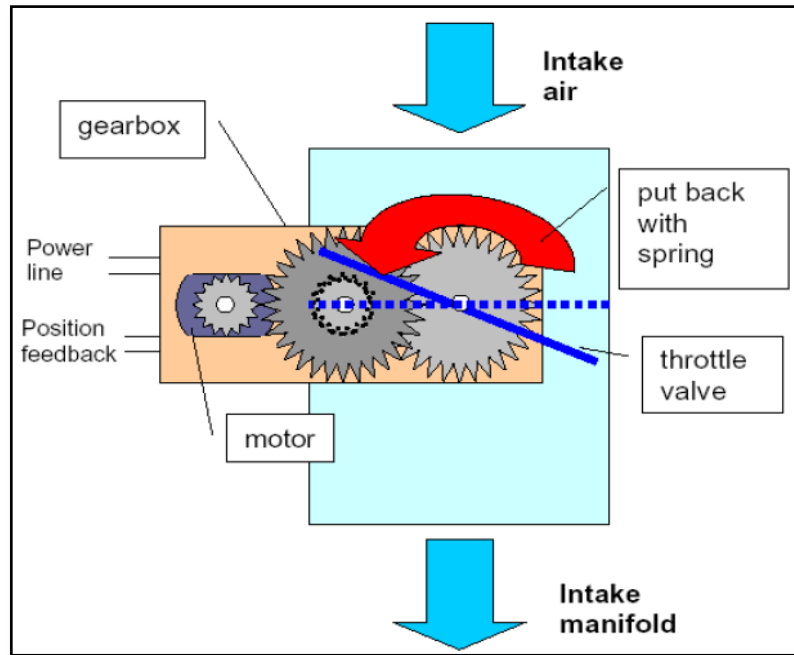
Figura 21. Cuerpo acelerador



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I>

Si se presenta un fallo, la unidad de control cortar6 la alimentaci6n al motor y este quedar6 en la condici6n de reposo, lo que indica que estar6 en ralent6 acelerado que es una estrategia para reducir la potencia. (CISE, 2005)

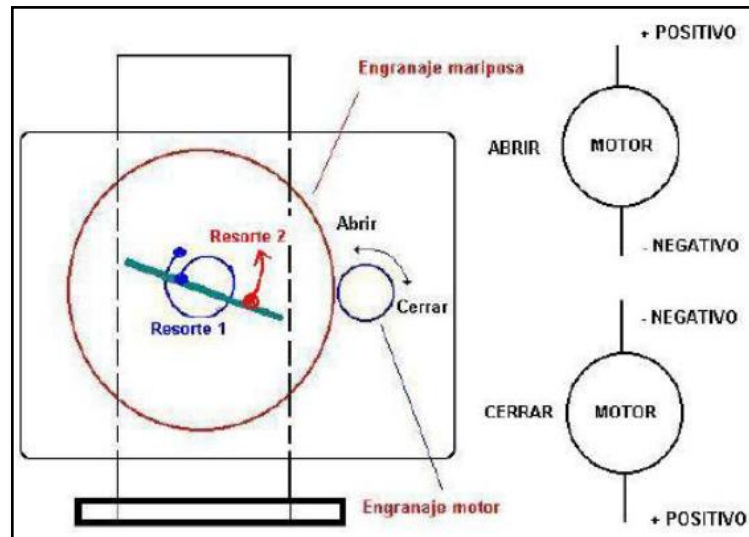
Figura 22. Conjunto del cuerpo de aceleración



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I>

El giro del motor se controla al invertir las polaridades, el un polo como masa o positivo mientras es pulsado el otro.

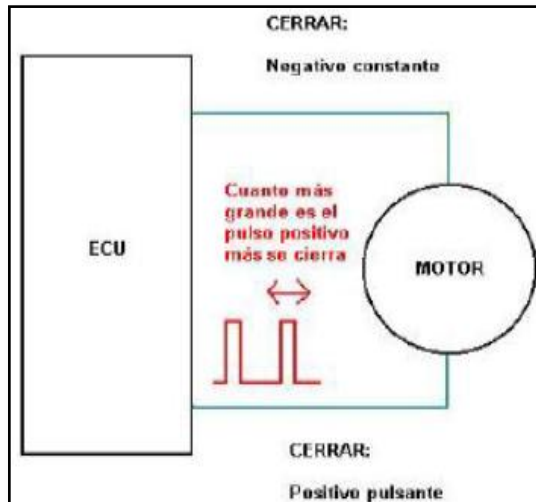
Figura 23. Cambio de giro del motor



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941432/Cuerpo-Mariposas-Mot-II>

2.8.1 Regulación de la marcha mínima y régimen bajo. Para conseguir regular la marcha mínima de aceleración la ECU deberá enviar pulsos positivos más prolongados para que se cierre la mariposa, mientras el otro polo será la masa.

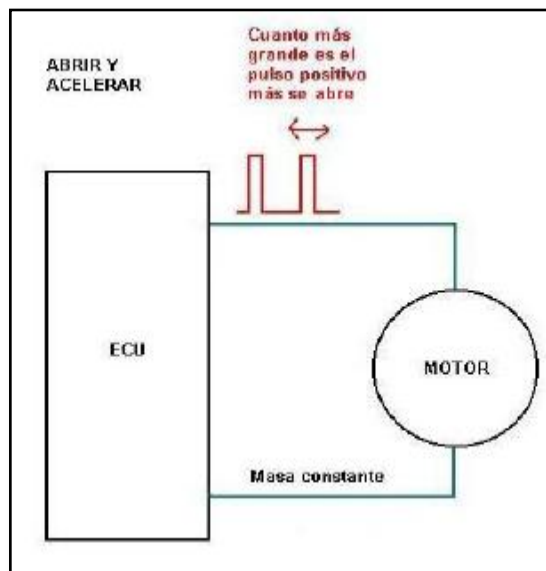
Figura 24. Regulación de la marcha mínima



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941432/Cuerpo-Mariposas-Mot-II>

2.8.2 Aceleración y regímenes altos. Para abrir la mariposa el control electrónico debe colocar masa al otro extremo del bobinado del motor y pulsar positivamente el que anteriormente estaba a masa. Para un régimen alto la ECU invierte las polaridades por lo que el bobinado que era masa ahora recibirá los pulsos positivos para abrir la mariposa y el otro polo ahora será la masa.

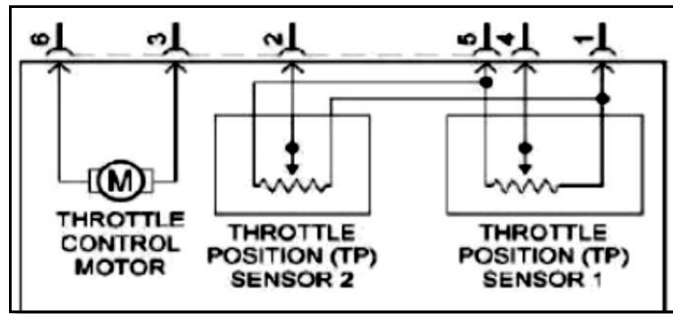
Figura 25. Aceleración



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941432/Cuerpo-Mariposas-Mot-II>

Para vigilar la posición de la mariposa se agrega en el TAC dos potenciómetros que serán los TPS del sistema.

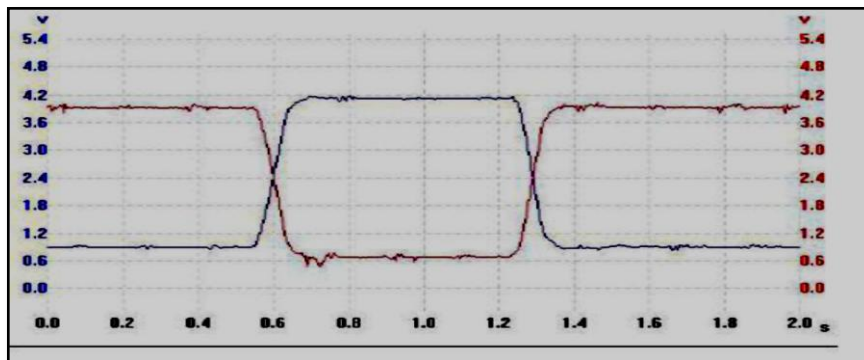
Figura 26. Potenciómetros del sistema TAC



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941432/Cuerpo-Mariposas-Mot-II>

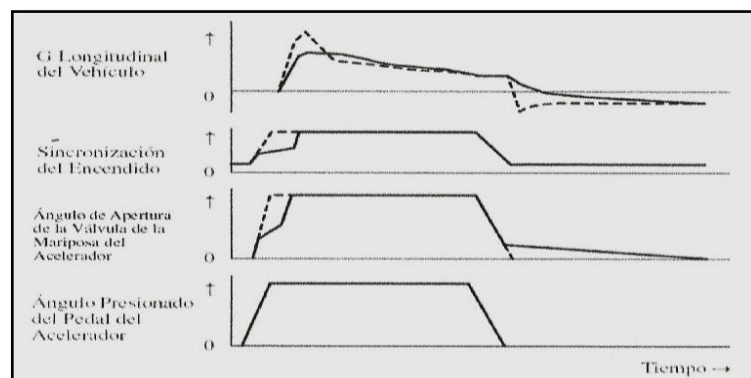
- Motor de mando de acelerador.
- TPS 2.
- TPS 1.

Figura 27. Trabajo de los potenciómetros



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941432/Cuerpo-Mariposas-Mot-II>

Figura 28. Control de aceleración y desaceleración



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/63941432/Cuerpo-Mariposas-Mot-II>

La línea punteada muestra una aceleración sin control.-----

La línea constante representa un control motorizado._____

- Control no-lineal: Comanda la fuerza sobre el acelerador y adecúa la apertura de la mariposa adecuadamente según la condición de marcha con mayor confort en los rangos de operación.
- Control de la velocidad de marcha lenta: La mariposa es controlada por la ECU para mantener la marcha lenta ideal.
- Control de velocidad constante: La unidad de control del motor viene integrada con un PCM de control de velocidad, el cual va a controlar la mariposa directamente.

Ventajas

- Admite modificar la relación de la posición del pedal del acelerador y apertura de la mariposa.
- Disminución de los tirones durante la marcha del motor.
- Alto control sobre las emisiones contaminantes.
- Funcionamiento más sutil en vehículos con transmisión automática.
- Evita regular la posición de la mariposa manualmente.
- Menor consumo.
- No existe fricción entre el cuerpo de aceleración y el pedal del acelerador por la eliminación del cable mecánico. (CISE, electronics, 2005)

2.9 Servomotor

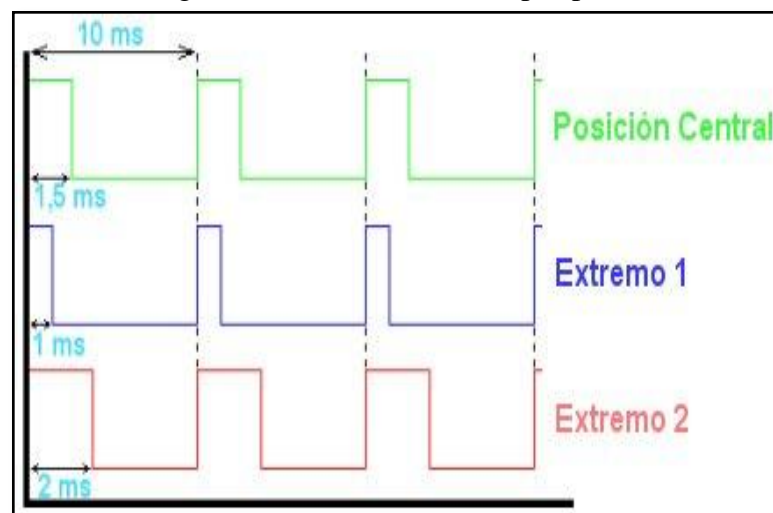
Motor de corriente continua que tiene la característica de posicionarse en cualquier punto en un margen de operación de 180° aproximadamente al recibir señales pulsantes codificadas en sus líneas de entrada.

Operan con anchos de pulso de 1 ms (mín.) y 2 ms (máx.) aproximadamente para posicionar al servo a 0° o 180°, y 1,5 ms a 90°.

Posee tres cables de enlace:

- Cable rojo para alimentación
- Cable negro para conexión a tierra
- Cable blanco o amarillo para la línea de control por la que se le envía la señal codificada para comunicar el ángulo en el que se debe posicionar. (GONZÁLEZ, 2002)

Figura 29. Control del servo por pulsos



Fuente:http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/sistema/motores_servo.htm

2.10 Arduino Uno

Es una plataforma que está constituida de un microcontrolador con reguladores de tensión, un puerto USB acoplado a un módulo adaptador USB-SERIE que permite programar el microcontrolador y ejecutar pruebas de comunicación con el propio chip.

Esta tarjeta dispone de 14 pines que se configuran como entradas o salidas y se los puede conectar cualquier dispositivo que sea apto de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5 voltios y son capaces de suministrar hasta 40 miliamperios.

A su vez dispone de entradas y salidas analógicas, mediante las cuales se pueden obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje. Estas salidas analógicas se utilizan para enviar señales de control en forma de señales PWM (modulador de ancho de pulso).

Esta placa también dispone de 6 pines de entrada analógicos que transportan las señales a un convertidor analógico/digital de 10 bits.

Tiene un lenguaje de programación Processing (integrado de códigos abiertos). (ARDUINO, 2014)

Figura 30. Arduino Uno



Fuente:<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/ralvgon/files/2013/05/Caracter%C3%ADsticas-Arduino.pdf>

CAPÍTULO III

3. SELECCIÓN Y DISEÑO

3.1 Análisis del estado del motor

3.1.1 Análisis del sistema electrónico de inyección. Para conocer el estado de funcionamiento del banco de pruebas de inyección electrónica J20A del laboratorio de la Escuela de ingeniería automotriz, se verificará cada uno de los componentes electrónicos para determinar si se encuentran en buen estado.

Al realizar el análisis del banco se constató que la unidad de control electrónica no trabajaba correctamente, ya que al encender el motor J20A la bobina de encendido del cilindro número cuatro recibía una señal de voltaje continuo de 5V, valor que debe caer después de generar la chispa de encendido para cada cilindro a un valor que está en el rango de los 0.2 a 0.5V, por lo que la bobina de encendido número cuatro se recalentaba desmedidamente y como consecuencia de este exceso de voltaje continuo permanecía activada y se quemaba.

El motivo de la falla del funcionamiento de la ECU se debía a que el pin D21 correspondiente a la señal de voltaje de la bobina número cuatro se encontraba sin aislante, por esta razón se podía ocasionar un cortocircuito y por ende una causa para que la unidad de control electrónica se dañe.

Después de haber encontrado la avería, se procedió a revisar todo el arnés de cables del sistema de encendido, y se encontró que varios conectores del mismo estaban en estado defectuoso, por lo que se podrían dañar o quemar más elementos, ya que estaban expuestos a más fallas eléctricas.

El sensor MAF estaba acoplado directamente en cada uno de los pines provocando un riesgo de cortocircuito al no tener un conector adecuado para su conexión, por esta razón se presentaba un mal funcionamiento del mismo provocando un ahogamiento al motor y una mala lectura de la computadora por lo que se inyectaba demasiado combustible.

El motor no mantenía el ralentí deseado que es de 752 rpm, este valor variaba constantemente lo cual provocaba que el mismo se apague. La causa de esta falla fue que la válvula IAC no estaba calibrada.

La ECM trabajaba en modo de lazo abierto debido que el sensor de oxígeno no operaba correctamente por lo que este oscilaba en un rango de voltaje de 0,03 a 0,4 V. presentando una mezcla pobre.

La bomba de combustible no producía una presión adecuada que es de 2.5 a 3 bares lo que causaba que el motor no revolucione rápidamente provocando un atrancamiento al accionar a fondo el pedal de aceleración.

3.1.2 Análisis del sistema mecánico. El siguiente paso fue el análisis de la parte mecánica del motor grand vitara J20A y se identificó la ausencia de varios elementos constitutivos del banco de inyección electrónica y la falta de afinación del motor para su buen funcionamiento.

Las bobinas de encendido no tenían los pernos que las sujetan contra la tapa de válvulas, por esta causa las vibraciones del motor ocasionaba que los capuchones de alta tensión se rompan causando una fuga de la chispa de encendido y el mal funcionamiento del motor.

En el sistema de refrigeración no disponía de un depósito de refrigerante adecuado y la tapa del radiador se hallaba en malas condiciones por lo que se producían fugas de líquido refrigerante.

El motor J20A no trabajaba de una forma óptima por la falta de mantenimiento y puesta a punto del mismo.

El banco de pruebas J20A no contaba con un tablero de instrumentos adecuado, tenía instalado un tablero artesanal que no funcionaba adecuadamente, debido a que presentaba fallas en las conexiones y luces indicadoras que no se prendían, a la vez no contaba con todos los indicadores como: el testigo de temperatura, presión de aceite, nivel de combustible, estado de carga de la batería y el tacómetro para visualizar las revoluciones por minuto del motor.

3.2 Resultados del análisis del banco de pruebas.

Después de un análisis minucioso del banco de pruebas de inyección electrónica J20A de cada elemento y comprobando el mal funcionamiento de varios elementos, proceder a enlistarlos y conocer detalladamente cada uno de los componentes que se encontraban averiados y la causa de su desperfecto.

Tabla 2. Elementos en mal estado

Elemento	Estado			Detalle	Función	Acción
	B	R	M			
ECU			x	Fundido el pin D21	Envía la señal de accionamiento de la bobina N° 4.	Reemplazar la ECU
Bobina de encendido (N° 4)			x	Quemada	Provoca la chispa según la señal que recibe de la ECU en el momento que el cilindro entra en el ciclo de explosión.	Reemplazar la bobina
Pernos de sujeción de las bobinas			x	Rotos	Sujeta a las bobinas de encendido evitando que estas se muevan con la vibración del motor y puede ocasionar mal contacto con la bujía.	Reemplazar todos los pernos
Arnés de cables			x	Sin aislante y deteriorados	Conducen las señales ya sea de entrada o salida de la ECU y al estar estos sin aislante se provoca un corto circuito provocando daños irreparables en los elementos electrónicos.	Reemplazar todo el arnés
Conector sensor MAF			x	Sin conector	Evita que los pines se expongan a un corto circuito, y los mantiene bien fijos en el componente electrónico.	Colocar uno de las mismas características que es de 3 pines
Depósito de refrigerante			x	Sin deposito	Mantiene los límites máximos y mínimos del refrigerante	Colocar un deposito adecuado
Tapa del radiador			x	El empaque en mal estado	Evita que existan fugas del refrigerante en el reservorio ya que si existen fugas el motor se recalienta excesivamente provocando daños internos graves.	Reemplazar la tapa del radiador
IAC			x	Des calibrada	Mantiene el ralentí en un régimen de 750 rpm	Calibrar para que el motor se mantenga en un ralentí deseado que es de 750 RPM
Sensor de oxígeno			x	Deteriorado	Envía señales de 0 a 1V para determinar la mezcla pobre o rica.	Reemplazar el sensor
Bomba de combustible			x	Su presión es de 2.3 bares	Envía el combustible a una presión de 3 bares al riel de inyectores para que se presurice.	Reemplazar la bomba
Tablero de instrumentos			x	Sin tablero	Indica a los estudiantes por medio de unos indicadores luminosos el funcionamiento del motor.	Colocar un tablero que cumpla con las necesidades requeridas por el fabricante

Fuente: Autores

Designación del estado de los elementos:

B = bueno

R = regular

M = malo

3.3 Selección de elementos para la puesta a punto del motor

Los elementos utilizados para la puesta a punto del motor de inyección electrónica J20A después de verificar los componentes que se encontraron en mal estado son seleccionados cada uno de ellos con las características especificadas por el fabricante.

Estos componentes son:

Tabla 3. Elementos para la repotenciación

Componente	Características
ECU	ECU de motor J20A A/T y control de bobinas COP.
Bobina de encendido (N° 4)	Bobinas COP transistorizadas
Pernos de sujeción de las bobinas	Pernos de un octavo por ½ milimétricos
Arnés de cables	Con conectores de la ECU (A; B; D) así como de actuadores y sensores.
Conector sensor MAF	Ya está incorporado en el nuevo arnés de cables.
Depósito de refrigerante	Indica el nivel máximo y mínimo del refrigerante.
Tapa del radiador	Con una presión de 4 PSI
IAC	Válvula unipolar de 6 cables
Sensor de oxígeno	Sensor con sonda calentada 4 cables
Bomba de combustible	Boch de 3.5 bares de presión.
Tablero de instrumentos	Tablero original del Grand Vitara A/T

Fuente: Autores

3.4 Repotenciación del banco

Para una mayor utilidad del motor de inyección electrónica se adaptará un sistema de aceleración electrónica TAC, este sistema es un nuevo método de aceleración que suprimió al convencional y hoy por hoy vienen instalados en los vehículos de alta gama brindando un mejor rendimiento y menor emisión de gases contaminantes, siendo de gran utilidad para el aprendizaje de los estudiantes de la escuela de ingeniería automotriz.

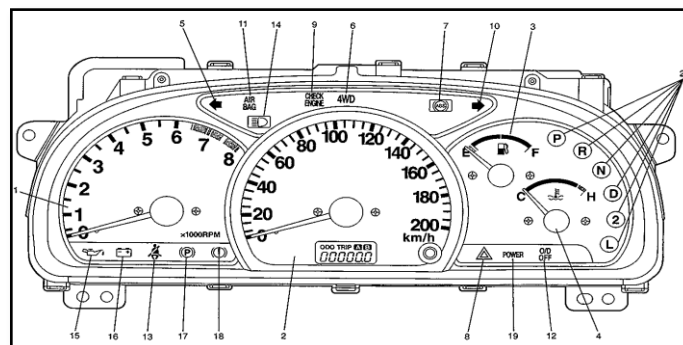
Además se implementará un tablero electrónico para visualizar los distintos parámetros de funcionamiento del motor sometido a diferentes exigencias de operación al instante de realizar las prácticas en el laboratorio de inyección electrónica, y se instalarán dispositivos y señalética de seguridad para el cuidado personal y su correcta utilización.

3.5 Selección del tacómetro para visualización de parámetros

Uno de los dispositivos que va a repotenciar el banco es el tablero de instrumentos, por lo que se optó por seleccionar un tablero electrónico el cual facilite a los practicantes el observar con mayor facilidad y de forma real si existe un mal funcionamiento de algún elemento del motor y tener lecturas de los parámetros de funcionamiento del mismo.

El tablero digital va a permitir verificar datos como por ejemplo: revoluciones por minuto, nivel de combustible, medidor de temperatura del refrigerante, luz check engine, luz testigo de la carga, presión de aceite y así tener un buen control de funcionamiento del banco J20A.

Figura 31: Tablero electrónico J20A



Fuente: SUZUKI manual de servicio/volumen 2de 2/motor

- 1 Tacómetro
- 2 Velocímetro
- 3 Medidor de nivel de combustible
- 4 Medidor de temperatura del refrigerante
- 5 Piloto de señal de viraje izquierdo
- 6 Indicador 4WD
- 7 Luz de aviso de ABS
- 8 Piloto de aviso de peligro
- 9 Luz CHECK ENGINE
- 10 Piloto de señal de viraje derecho
- 11 Luz de aviso del colchón de aire AIR BAG
- 12 Luz de sobremarcha O/D OFF (solo vehículo A/T)
- 13 Luz de cinturón de seguridad abrochado

- 14 Indicador de luces intensas
- 15 Luz de aviso de presión de aceite
- 16 Luz de aviso de carga.
- 17 Luz de aviso del freno de mano.
- 18 Luz de aviso de freno.
- 19 Luz indicadora de potencia POWER (solo vehículo A/T)
- 20 Indicador de posición de cambio (vehículo A/T)

3.6 Diseño del mecanismo de aceleración electrónica TAC

Para la fabricación del sistema electrónico de aceleración es necesario crear un modo de abrir y cerrar la mariposa por medio del estrangulador eliminando el sistema mecánico que viene instalado originalmente.

Por lo que se va a implantar un dispositivo electrónico que va acoplado al estrangulador y por ende es el encargado de ejercer una fuerza que sea capaz de abrir o cerrar la mariposa de aceleración.

También hay que instalar un elemento que pueda realizar el trabajo de regresar el estrangulador a su punto inicial y de esta manera el cuerpo motorizado no quede acelerado, para lo que se instaló un resorte antagónico que cumpla con esta aplicación.

3.7 Selección de elementos del TAC

Para adaptar este sistema de cuerpo de mariposa motorizado al motor de un vehículo Grand vitara se utilizó los siguientes elementos:

- Un servomotor de 3,1 kg.
- Un cable flexible (transmite el movimiento del servomotor al cuerpo de aceleración).

Cada uno de los elementos se seleccionaron para cumplir una función específica en el diseño del cuerpo de aceleración electrónico que se va a instalar en el banco de pruebas de inyección electrónica J20A, para llegar al objetivo planteado para habilitar una aceleración más exacta y controlada.

Cada componente del sistema motorizado de aceleración al instante de ser escogido para su fin, fue evaluado y analizado para determinar que cumpla con un óptimo funcionamiento, y se pueda acoplar de una forma correcta para la actividad adoptada.

De esta manera, como primer elemento que se usa para el diseño ya mencionado es un servomotor.

Este servomotor debe cumplir con las relaciones necesarias para abrir y cerrar el cuerpo de aceleración, este componente se seleccionó realizando pruebas de trabajo y para justificar su capacidad de funcionamiento se debe efectuar las siguientes valoraciones.

Para realizar los cálculos del torque que se necesita para seleccionar el servomotor se debe conocer la fuerza del resorte requerido para moverse y se debe medir con un dinamómetro:

Figura 32. Dinamómetro.



Fuente: Autores

Medición de la fuerza del resorte instalado en el cuerpo de aceleración la cual es de 4N.

Figura 33. Fuerza del dinamómetro



Fuente: Autores

Para aplicar la fórmula de Torque se necesita conocer también el radio del estrangulador que es de 2 cm.

Figura 34. Radio del estrangulador



Figura: Autores

Conociendo la fuerza que tiene el resorte y el radio del estrangulador, obtenemos el torque del estrangulador:

Fuerza del resorte = 4 N

Radio del estrangulador = 2 cm

$$T = F \times r$$
$$T = 4 \text{ N} * \frac{1 \text{ kg}_f}{9,8 \text{ N}} \times 2 \text{ cm}$$
$$T = 0,816 2 \text{ kg}_f \text{ cm}$$

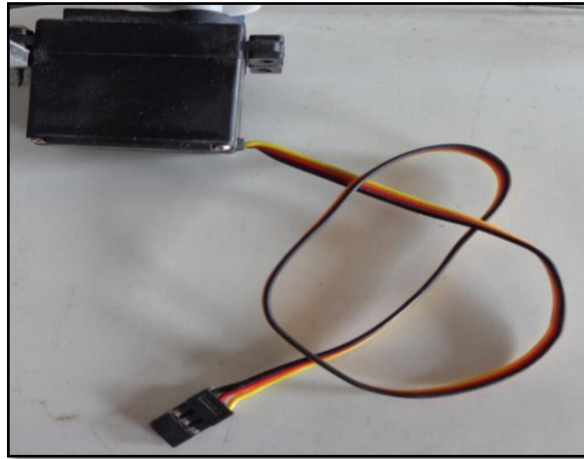
Factor de seguridad: El coeficiente de seguridad seleccionado es para tener una mayor eficiencia de trabajo del servomotor ya que el torque calculado es de 0,816 2 y el torque real de trabajo va a ser mayor, para lo cual se optará por seleccionar un factor de seguridad de 2.

$$T = 0,8162 \text{ kg}_f \cdot \text{cm} \times 2$$
$$T = 1,6324 \text{ kg}_f \cdot \text{cm}$$

Por el tipo de torque que se requiere para mover el cuerpo de aceleración se debe seleccionar un servomotor con una capacidad mayor al torque dado, para tener un trabajo óptimo del mismo, además debido a que en el mercado existen servomotores con una capacidad > 3,1 kg, seleccionamos este servomotor.

El servomotor es el mecanismo más importante del sistema electrónico de aceleración, este elemento posee la vía de control a la que se le dirige la señal codificada en sus líneas de entrada para controlar el ángulo en el que se debe posicionar la mariposa de aceleración.

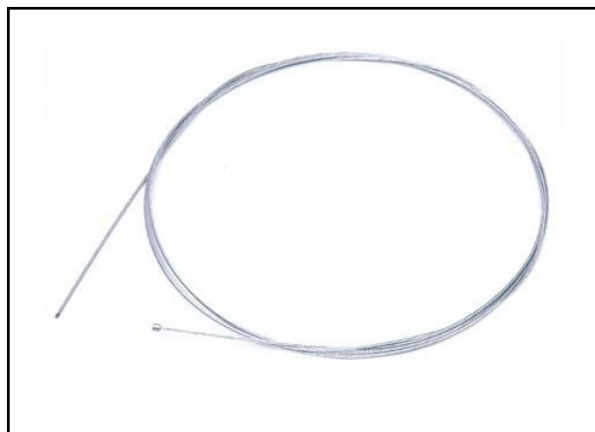
Figura 35. Servomotor



Fuente: Autores

El siguiente elemento que va a conformar parte del mecanismo electrónico es un cable el mismo que debe estar compuesto de un material flexible que debe adaptarse a la forma de transmisión de la fuerza hacia el cuerpo de aceleración, para que no exista atascamiento en el mecanismo y no interrumpa la acción de aceleración, cuyas características son: cable acerado por dentro y recubierto por una capa metálica con cabeza del cable con terminal de sujeción de longitud de los cables: $l_1 = 7$ cm y $l_2 = 5$ cm y resistente a la tracción.

Figura 36. Cable flexible



Fuente: Autores

3.8 Diseño del mecanismo del pedal y del sensor APP.

Para el diseño del mecanismo se utilizó poleas de 2 y 4 cm de diámetro, unidas entre sí por una banda de hilo, con una distancia de separación de 4 cm de polea a polea. Este mecanismo se efectuó con el propósito de aumentar los grados de accionamiento del potenciómetro que cumple con la función de APP ya que éste en cada grado de giro del potenciómetro abrirá un grado el servomotor por esta razón se decidió disminuir los grados de accionamiento del mismo, esto se logró con una polea de 4 cm colocada en el pedal y la de 2 cm en el potenciómetro con esto se ganó que por cada accionamiento en el pedal el servomotor se abra el doble.

Cálculos para conseguir que el mecanismo del pedal de acelerador incremente al doble los grados de aceleración hacia el sensor APP.

DATOS:

Relación de transmisión:

$$i = \frac{D \text{ polea conductora}}{D \text{ polea conducida}} = \frac{N \text{ polea conducida}}{N \text{ polea conductora}}$$

Diámetro polea conductora: D1= 4cm

Diámetro polea conducida: D2= 2cm

Ángulo de giro polea conductora = $\alpha 1 = 45^\circ$

Ángulo de giro polea conducida = $\alpha 2 = ?$

Reemplazar los datos en la fórmula:

$$i = \frac{D \text{ polea conductora}}{D \text{ polea conducida}}$$

$$i = \frac{4 \text{ cm}}{2 \text{ cm}}$$

$$i = \frac{2}{1}$$

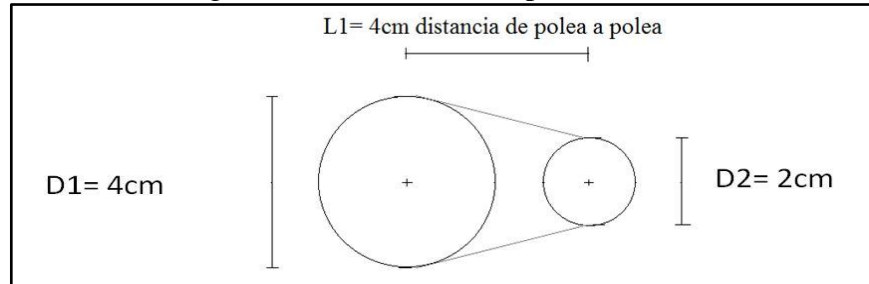
$$i = 1 \text{ a } 2$$

$i = 1$ giro de la polea conductora y 2 giros la polea conducida

$$\alpha = 1 a 2$$

$$\alpha 2 = 2\alpha 1$$

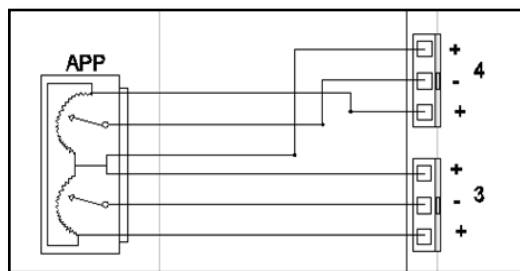
Figura 37. Mecanismo del potenciómetro



Fuente: Autores

Se ocupó un potenciómetro de frecuencia ya que posee la característica de tener incorporado seis pines que corresponde a un sensor APP de doble potenciómetro, con el objetivo de obtener dos señales una diferente de la otra por una variación de voltaje, por lo que se obtiene señales paralelas donde la segunda señal de menor voltaje se va comparando a la primera de mayor voltaje y así asegurar el buen funcionamiento del sensor de posicionamiento del pedal.

Figura 38. Diagrama APP



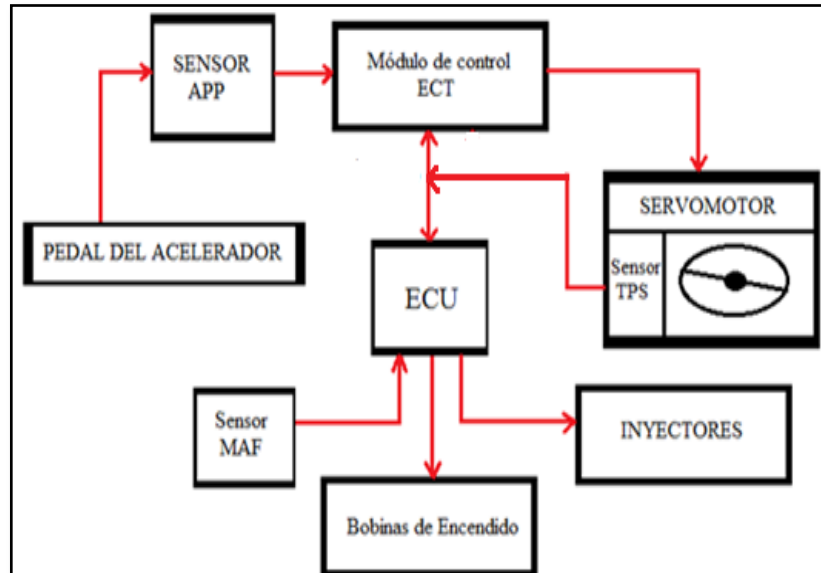
3.9 Diseño del sistema electrónico de control del mecanismo TAC.

3.9.1 Diseño de la programación. Al ejercer una fuerza sobre el pedal del acelerador actúa el sensor APP enviando una señal al módulo de control ECT, misma que verifica que los potenciómetros trabajen correctamente.

A su vez envía una señal pulsante al servomotor el cuál abre o cierra el estrangulador de la mariposa de aceleración, el sensor TPS y el módulo ECT son los encargados de

indicarle a la ECU en qué porcentaje está abierta la mariposa según las exigencias de trabajo requeridas por el operario y de esta manera la unidad de control electrónica puede calcular por medio de parámetros como la admisión de masa de aire la cantidad de combustible que se va a inyectar.

Figura 39. Diagrama de flujo



Fuente: Autores

3.10 Programación

Para poder controlar la aceleración y desaceleración del sistema de mariposa motorizado es preciso poder comandarlo por medio de un controlador electrónico.

El diseño de este control se lo va a realizar por medio de una plataforma Arduino uno, misma que tiene responsabilidad de recibir las señales analógicas del sensor APP para procesarlas y transformarlas a digitales estas se envían al servomotor indicando la posición de apertura de la mariposa según los grados de apertura del APP.

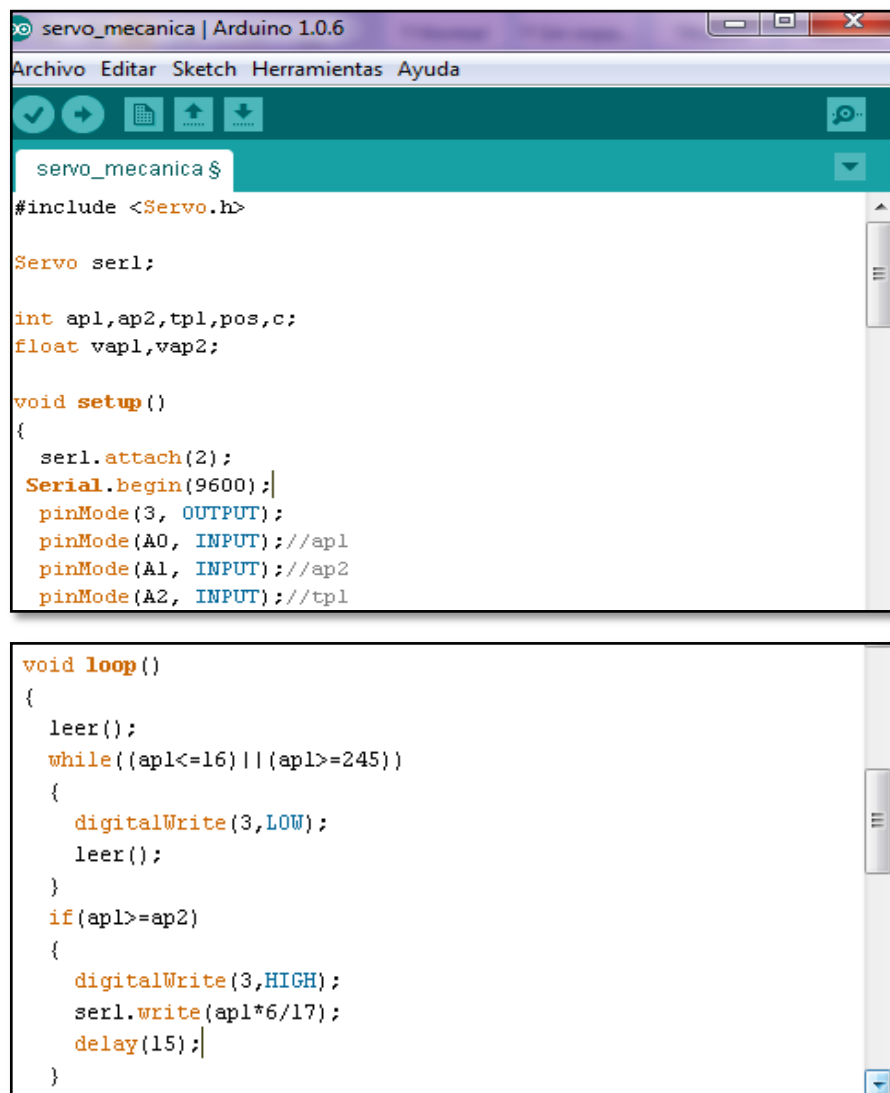
Esta plataforma es de gran utilidad ya que dispone de entradas y salidas análogas y digitales las cuales se usan para el control electrónico de la aceleración, para el diseño del sistema se requiere de tres pines de entradas analógicas encargadas de leer las señales de los potenciómetros del sensor APP y del sensor de posición de la mariposa de aceleración, y dos señales de salida digitales que van hacia el servomotor y al relé que lo comanda.

El lenguaje de programación que usan es C y C++, la programación se realiza utilizando la plataforma de Arduino uno, el cual trabaja en un entorno de Windows y Linux.

Una vez que tenemos instalado el programa Arduino uno se va a iniciar con la programación que va a ser la encargada de controlar la apertura y cierre de la mariposa de aceleración.

- Ingresar en la plataforma de Arduino y dar clic izquierdo en la barra de herramientas Sketch, después elegimos importar librería y seleccionamos servo, como siguiente paso ingresar las estructuras, funciones, variables y valores de entrada y salida que se va a cargar en la plataforma.

Figura 40. Programa Arduino



```
servo_mecanica | Arduino 1.0.6
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
servo_mecanica $
#include <Servo.h>

Servo ser1;

int ap1,ap2,tp1,pos,c;
float vap1,vap2;

void setup()
{
  ser1.attach(2);
  Serial.begin(9600);|
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(A0, INPUT);//ap1
  pinMode(A1, INPUT);//ap2
  pinMode(A2, INPUT);//tp1

void loop()
{
  leer();
  while((ap1<=16) || (ap1>=245))
  {
    digitalWrite(3,LOW);
    leer();
  }
  if(ap1>=ap2)
  {
    digitalWrite(3,HIGH);
    ser1.write(ap1*6/17);
    delay(15);|
  }
}
```

```
}
else
{
  digitalWrite(3,LOW);
}
leer();
while(tp1<=ap1)
{
  c=c+1;
  delay(1000);
  if(c>=5)
  {
    digitalWrite(3,LOW);
    c=0;
  }
}

digitalWrite(3,LOW);
c=0;
}
leer();
}
}

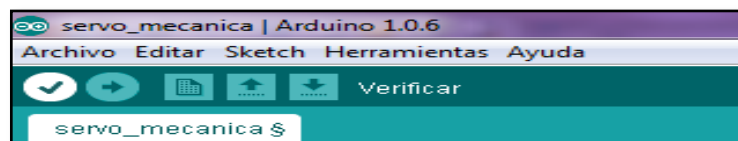
void leer()
{
  ap1=analogRead(A0)/4;
  ap2=analogRead(A1)/4;
  tp1=analogRead(A2)/4;
  vap1=ap1/51;
  vap2=ap2/51;
}
}
}

30 Arduino Duemilanove w/ ATmega328 on COM1
```

Fuente: Autores

- Después de ingresar la programación comprobar que este correctamente y dar clic en verificar.

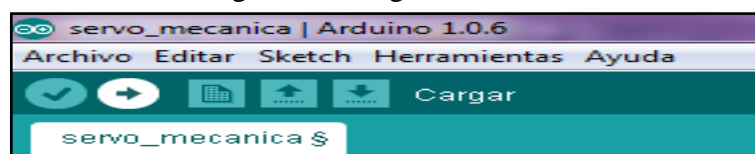
Figura 41. Programa Arduino



Fuente: Autores

- Por último cargar la programación en la plataforma Arduino uno.

Figura 42. Programa Arduino



Fuente: Autores

3.11 Elementos del sistema de control

Se detalla cada uno de los elementos que van a realizar el control de la aceleración electrónica los mismos que cumplen una función específica dentro del sistema:

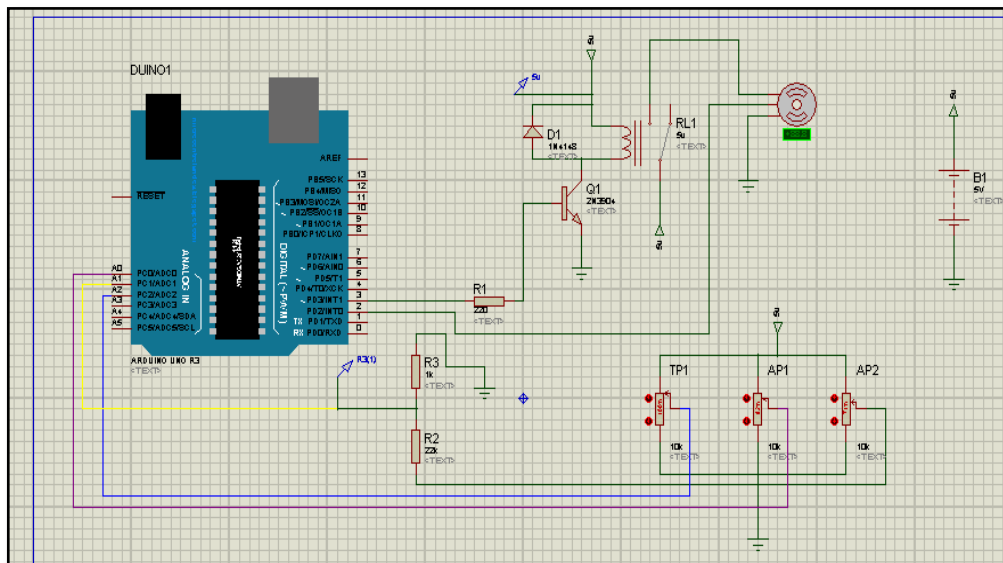
Tabla 4. Componentes de control

Elementos	Cantidad	Características
Plataforma Arduino Uno	1	Posee entradas analógicas y salidas digitales
Relé	1	De 6v y 10 A
Regulador de voltaje 7809	1	Alimentación plataforma Arduino
Regulador de voltaje 7805	1	Alimentación servomotor
Condensador 1000 microfaradios	2	Electrolítico, filtrar el sonido que crea el servomotor
Condensador 104	1	Condensador cerámico
Resistencias (22KΩ, 1KΩ y 220KΩ)	3	Divisores de voltaje
Diodo zener (protección)	1	Protección del sistema electrónico
Transistor 3904	1	NPN activación de la bobina del relé
Potenciometro doble pista (50K)	1	Función del sensor APP crea una curva en forma de espejo
Placa de baquelita	1	Alojar todos los componentes electrónicos del circuito.

Fuente: Autores

Una vez realizada la programación previa del control del sistema TAC se debe realizar también el circuito de control en el software Proteus y la obtención de la placa de baquelita para instalar cada uno de sus elementos electrónicos respectivamente (ver anexo B)

Figura 43: Diagrama eléctrico

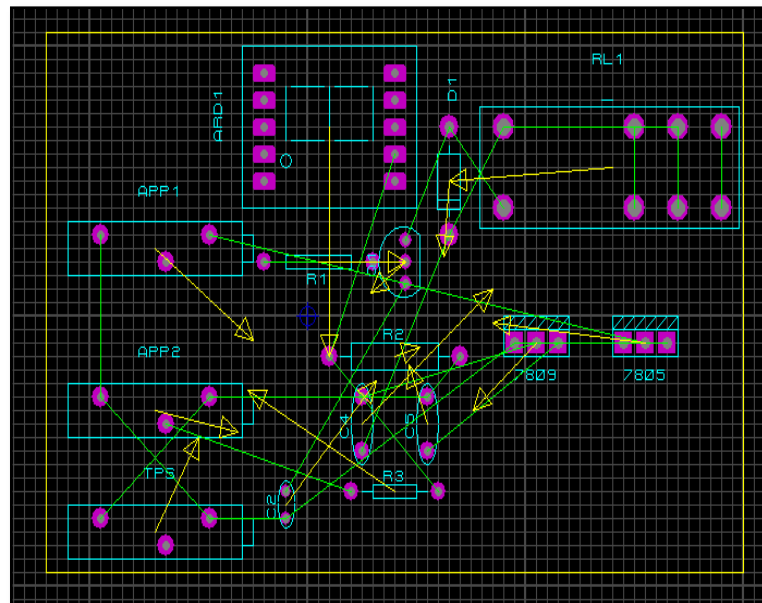


Fuente: Autores

Desarrollar el diseño de la placa electrónica en forma de circuito en la cual se va añadir todos los elementos que van a comandar el sistema de control donde se utiliza el software Ares para alcanzar el objetivo.

Con el diseño del diagrama eléctrico modelado en Proteus proceder a la colocación de cada elemento en Ares.

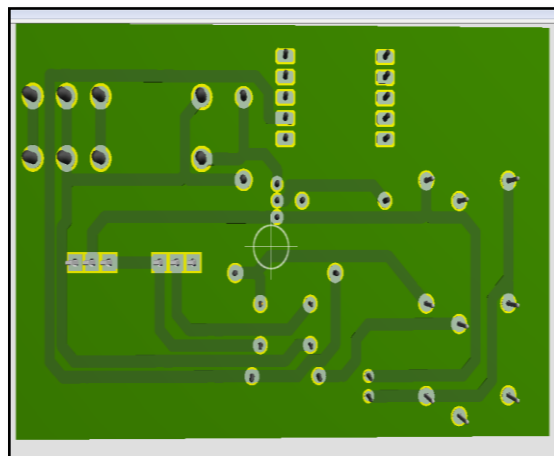
Figura 44: Elementos en Ares



Fuente: Autores

El siguiente paso a tomar es el ruteado del circuito en la placa donde se lo puede observar en la figura.

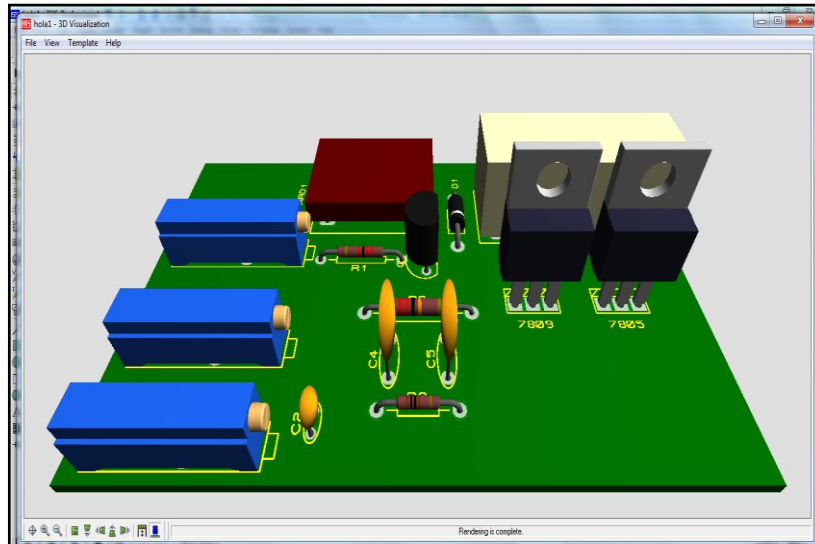
Figura 45: Ruteado en la placa



Fuente: Autores

Elementos electrónicos ensamblados en la placa para el control de aceleración comandado electrónicamente visto en el software Ares 3D.

Figura 46. Circuito de control en 3D



Fuente Autores

3.12 Selección de elementos de seguridad para el banco de inyección electrónica J20A

Para realizar las prácticas en el banco de pruebas de inyección electrónica J20A de una forma más segura se encontró la necesidad de acondicionar elementos de seguridad que brinden las garantías necesarias para los estudiantes al momento del desarrollo de las actividades académicas, para lo cual se adoptó normativas de seguridad que cumplan a cabalidad con la protección de cada una de las personas que manipulen el banco de pruebas de inyección electrónica y precautelar su integridad física.

3.12.1 Normativas para su instalación. A continuación se detalla cada una de las normativas tomadas para equipar los dispositivos de seguridad en el banco J20A:

Al momento de instalar los dispositivos de seguridad se debe dejar un espacio suficiente para poder permitir el acceso a todos los elementos del banco de pruebas J20A, para tener una cómoda operación y un fácil mantenimiento o reparación.

En los lugares donde exista alta cantidad de calor y haya riesgo de quemaduras deben ser fijadas redes de seguridad.

Es preferible colocar una armadura de protección en el ventilador para impedir accidentes o atentar contra la integridad física de las personas.

Es necesario dotar de una señalética de seguridad adecuada en el banco de pruebas de inyección electrónica para realizar un manejo correcto del mismo, tener una adecuada ubicación de sus elementos y evitar accidentes.

Proponer un lugar adecuado de trabajo para poder realizar las prácticas requeridas por los tutores en un ambiente manejable y seguro con la finalidad de disminuir los riesgos (CHAVEZ, y otros, 2013)

Conjuntos de seguridad para instalar en el banco de pruebas:

Tabla 5. Dispositivos de seguridad

Elementos	Cantidad
Malla de seguridad múltiple de escape	1
Protector del ventilador	1
Señalética de seguridad	3

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN Y ENSAMBLAJE DE PARTES.

4.1 Instalación de los elementos para la puesta a punto del motor

Después de haber revisado el estado actual del banco de inyección electrónica J20A, y tener conocimiento de todos los componentes que se encontraban dañados se procede a reemplazarlos por otros en buen estado.

4.1.1 *Desmontaje de la unidad de control y la bobina de encendido.* Como primer paso desmontamos la ECU y la bobina de encendido del cilindro número cuatro que se encontraban averiadas.

Figura 47. ECU en mal estado



Fuente: Autores

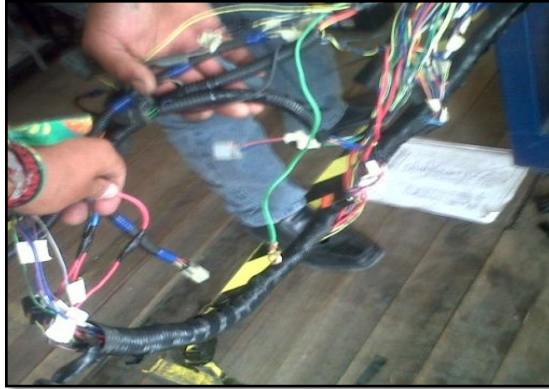
Figura 48. Bobina de encendido averiada



Fuente: Autores

4.1.2 Organización del cableado del sistema de encendido. Desconectamos todo el arnés de cables del sistema de encendido, así como la de alimentación y señal de la ECU.

Figura 49. Arnés de cables imperfectos



Fuente: Autores

Reemplazamos los componentes del circuito eléctrico del sistema de alimentación de combustible como son: el relé de la bomba, fusibles y relé de señal, se organizaron de una manera ordenada y asegurando las conexiones de los cables soldándolos con estaño y envolviéndolos con aislante.

Figura 50 Organización de las conexiones del tablero de mando



Fuente: Autores

4.1.3 Nuevo arnés de cables. Para instalar la nueva unidad de control electrónica del motor J20A, se colocó el nuevo arnés de cables del sistema de inyección, que tiene tres sócalos de conexión que corresponden a: señal, alimentación y masa de la ECU. El nuevo arnés dará una mayor fiabilidad al funcionamiento de la ECU, así como también

a cada uno de los elementos que conforman el sistema, y por ende evadir cualquier riesgo de deterioro de los mismos.

Figura 51 Arnés de cable instalado



Fuente: Autores

4.1.4 Verificación del pin data. Se determinó el Pin data haciendo uso del diagrama eléctrico provisto por el fabricante por medio de la investigación realizada en el capítulo dos y realizar las respectivas pruebas de verificación de continuidad de todos los pines de los conectores de la ECU con los respectivos pines de sensores, actuadores y alimentación de corriente del circuito eléctrico.

Figura 52. Conectores de la ECU



Fuente: Autores

Denominación de los conectores de la ECU:

A= Alimentación.

B= Señal.

D= Masa

4.1.5 *Montaje de la nueva ECU en el banco J20A.* Después de la verificación de continuidad del pin data se realizó el montaje de la ECU en el banco de pruebas de inyección electrónica J20A.

Figura 53. Instalación de la ECU



Fuente: Autores

4.1.6 *Instalación de la nueva bobina de encendido.* Se puede observar cómo se reemplazó la bobina de encendido COP transistorizada del cilindro número cuatro por una en buen estado de funcionamiento, y cada uno de los pernos de sujeción de las bobinas en los cuatro cilindros.

Figura 54. Bobina de encendido cilindro No. 4



Fuente: Autores

4.1.7 *Conector del sensor MAF.* Se colocó el nuevo conector del sensor de flujo de masa de aire fijando cada uno de los pines con los cables de conexión uniéndolos con estaño, quedando con una buena conexión y sin riesgo de generarse un cortocircuito en el sistema.

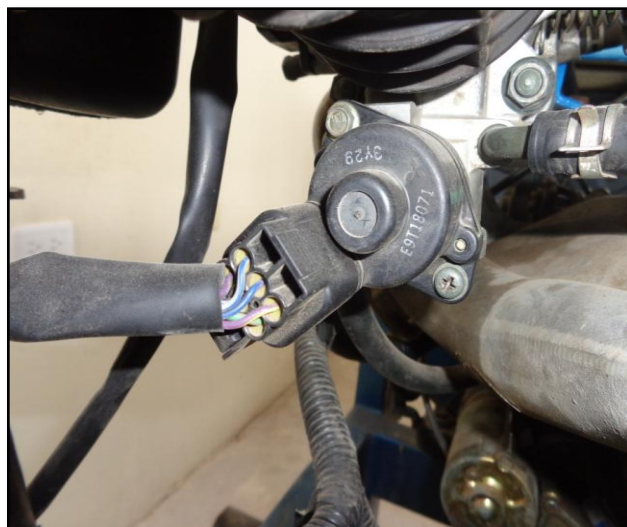
Figura 55. Conector



Fuente: Autores

4.1.8 *Calibración de la válvula IAC.* Se procede a calibrar la válvula IAC retirando el conector de la misma y regulándola manualmente con el motor encendido y con ayuda de un escáner automotriz comparando el ralentí deseado especificado por el fabricante para dejarlo en 750 rpm.

Figura 56. Válvula IAC



Fuente: Autores

4.1.9 *Sustitución del sensor de oxígeno.* Se desmontó el sensor de oxígeno averiado ubicado en el múltiple de escape y se lo reemplazó por uno en buen estado.

Figura 57. Sensor de oxígeno



Fuente: Autores

4.1.10 *Bomba de combustible*

Al realizar la medición de la presión de la bomba de combustible muestra una lectura de 2,2 bares que no es suficiente para las especificaciones requeridas por el fabricante.

Figura 58. Medición de la presión



Fuente: Autores

Se reemplazó la bomba de combustible por una nueva que pueda brindar la presión necesaria para enviar el combustible al riel de inyectores.

Figura 59. Bomba de combustible



Fuente: Autores

4.1.11 Depósito de refrigerante. Se adaptó el reservorio del refrigerante para mantener el motor a una temperatura de funcionamiento de 82 °C.

Figura 60. Depósito del refrigerante



Fuente: Autores.

4.1.12 Tapa del radiador. Se sustituyó la tapa del radiador de 4 lb por una de 9 lb para que no existan fugas de refrigerante.

Figura 61. Tapa del radiador



Fuente: Autores

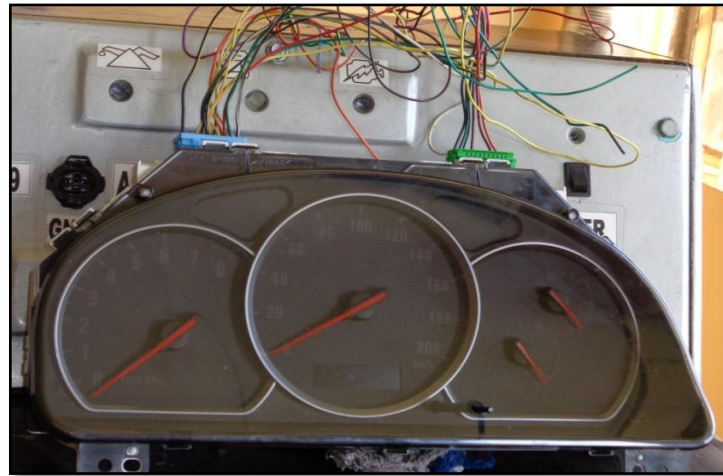
Posteriormente de haber sustituido los elementos que se encontraban dañados por otros en buen estado, se realiza un ABC para su buen funcionamiento que consiste en:

- Lavado de inyectores
- Limpieza y calibración de la válvula IAC
- Revisión de niveles de refrigerante y aceite
- Calibración de bujías
- Verificación de filtros de aire y aceite
- Al culminar las pruebas de funcionamiento de cada elemento y seguros de su perfecto estado se puso en marcha el motor.

4.2 Instalación de los elementos para la repotenciación del motor

4.2.1 *Conexión del tablero de instrumentos.* Para la instalación del tablero electrónico de instrumentos de un vehículo grand vitara se hizo las respectivas pruebas de continuidad entre los conectores (A y B) de los indicadores del tablero de instrumentos con el conector A de la unidad de control que corresponde a la alimentación ver anexo A.

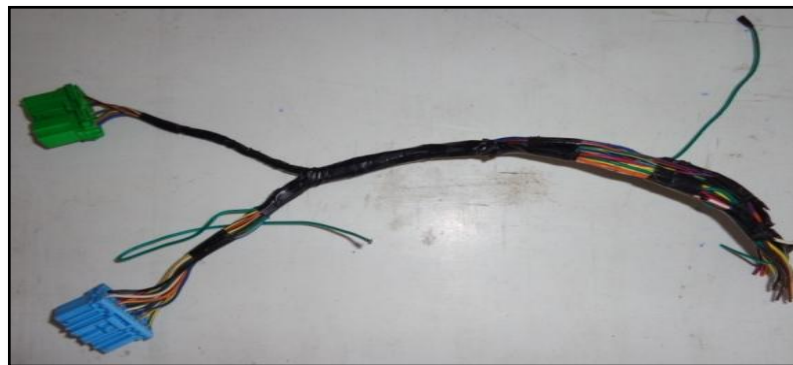
Figura 62. Tablero de instrumentos



Fuente: Autores

Se colocó el arnés de cables con sus respectivos conectores que vienen desde la ECU hasta el tablero de instrumentos electrónico, así como los terminales que vienen de los diferentes componentes para verificación del estado de funcionamiento del motor a través de las luces indicadoras de mal funcionamiento al presentarse un diagnóstico de falla en el sistema.

Figura 63. Conectores del tablero de instrumentos



Fuente: Autores

4.2.2 Montaje del tablero electrónico. Se realizó el montaje del tablero digital en el banco de pruebas de inyección electrónica con la readecuación de la carcasa del mismo para que exista una protección y se pueda visualizar claramente al realizar la lectura de parámetros de funcionamiento del motor.

Figura 64. Montaje del tablero digital



Fuente: Autores

Se procede a forrar el tablero con papel carbono y etiquetar los nombres de los elementos que están colocados en el tablero como: el relé de la ECM y la bomba de combustible, caja de fusibles, fusible principal, DLC (data link conector), switch de arranque y el tablero electrónico para que haya una correcta lectura de parámetros.

Figura 65: Denominación de elementos



Fuente: Autores

4.3 Ensamblaje del mecanismo de aceleración electrónica TAC

Después de haber investigado y diseñado el sistema de aceleración electrónica TAC para adaptarlo al banco de inyección electrónica J20A se procede a ensamblarlo e instalarlo en el cuerpo de aceleración. Se suprimió el cable mecánico de aceleración que venía instalado originalmente en el sistema J20A.

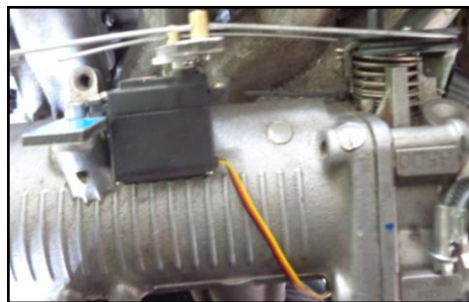
Figura 66. Cable de aceleración mecánica



Fuente: Autores

Se instaló un servomotor que está adherido en el múltiple de admisión por medio de un perno de sujeción.

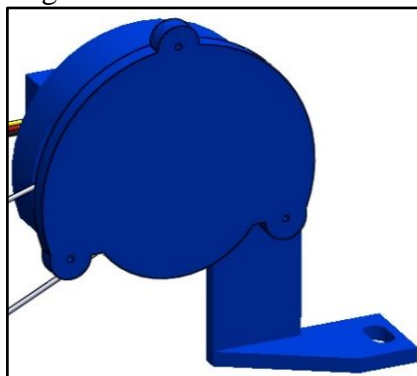
Figura 67. Servomotor



Fuente: Autores

Se elaboró una carcasa de seguridad de plástico impresa en 3D ubicada en el múltiple de admisión para cubrir el servomotor y evitar la manipulación inadecuada.

Figura 68. Carcasa servomotor.



Fuente: Autores

Para la conexión entre el servomotor y el cuerpo de estrangulación se colocó dos cables, uno más largo que el otro para producir el efecto de aceleración y desaceleración, por lo que es conveniente que los radios de estrangulación sean el uno mayor que el otro.

Figura 69. Cables de conexión



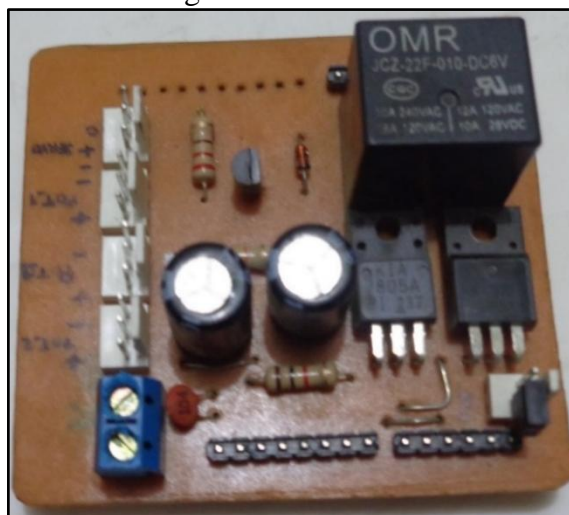
Fuente: Autores

4.4 Construcción del sistema electrónico de control del sistema TAC

En base a los requerimientos deseados para el control de la aceleración electrónica se construyó el módulo de control que cumple con cada una de estas operaciones.

Gracias al diseño y simulación realizados anteriormente se procede a montar cada uno de los elementos del sistema de control en el circuito de la placa de baquelita.

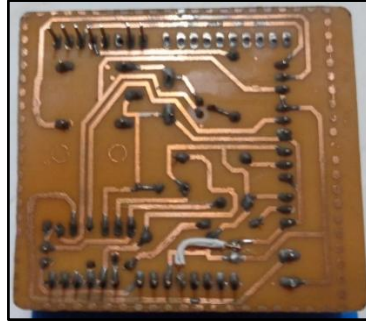
Figura 70: Elementos



Fuente: Autores

Una vez que se colocaron todos los elementos se procedió a soldarlos con estaño para que queden fijos y seguros a cada uno de los elementos con mucho cuidado y tomando la debida precaución.

Figura 71. Elementos soldados



Fuente: Autores

Una vez armado el circuito se compiló la programación a la plataforma de Arduino por medio de un cable USB y luego de este proceso se conectó la placa con el circuito sobre la plataforma de Arduino para comandar el sistema.

Figura 72. Ensamble del control del TAC



Fuente: Autores

Como paso final queda ensamblado el sistema de control de la aceleración electrónica que se adaptó en el motor J20A.

Figura 73. Modulo instalado

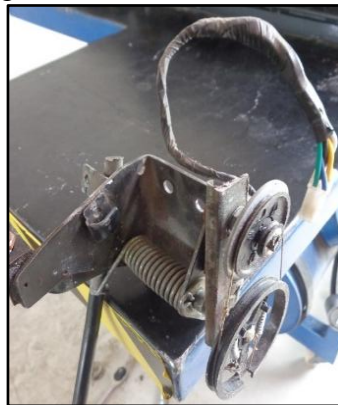


Fuente: Autores

Para que exista una comunicación entre el conductor y el cuerpo de aceleración es necesario contar con un mecanismo que se encuentre acoplado con el APP para que cumpla con el objetivo de recibir la fuerza ejercida por el conductor que es el pedal de aceleración.

En este pedal va acoplado un mecanismo que cumple con la función de un sensor de doble potenciómetro, que consta de dos poleas de diferente diámetro para ampliar el ángulo de aceleración.

Figura 74. Mecanismo del APP



Fuente: Autores

Este mecanismo se ubica dentro de una caja elaborada con fibra de vidrio y forrada con papel carbono que evita la manipulación del mecanismo APP y posteriormente se procedió a enchufar el sócalo del sensor APP con el del módulo de control del TAC para que funcione.

Figura 75. Sócalos del APP y TAC



Fuente: Autores

4.5 Implementación de elementos de seguridad en el banco J20A

Uno de los principales elementos para la manipulación del banco de pruebas de inyección electrónica es la seguridad con la que se debe disponer al momento de realizar las prácticas y pruebas de funcionamiento de dicho motor, es por esto que se realizó la implementación de mecanismos de protección que puedan salvaguardar la integridad física de los estudiantes de la escuela de ingeniería automotriz como la de sus tutores.

Para evitar cualquier peligro de inseguridad instalamos diferentes dispositivos de seguridad como:

- Mallas de seguridad en el múltiple de escape

Este dispositivo de seguridad instalado en el banco de pruebas J20A es de valiosa importancia para evitar el contacto directo con el múltiple de escape y prevenir riesgos de quemadura de las personas que se encuentren manipulando el equipo.

Figura 76. Malla de seguridad



Fuente: Autores

- Protector del ventilador

Tiene el propósito de impedir mutilaciones de las extremidades superiores de los operarios al realizar las prácticas.

Figura 77. Protector



Fuente: Autores

- Señalética de seguridad

Encargadas de prohibir su manipulación e indicar a los usuarios los posibles riesgos a los que se encuentran expuestos al operar el banco.

Figura 78. Prohibido manipular



Fuente: http://www.ahb.es/senaletica/senaletica_prohibicion/1/ficha317.htm

Figura 79. Prohibido tocar



Fuente: http://www.ahb.es/senaletica/senaletica_prohibicion/1/ficha317.htm

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ACELERACIÓN ELECTRÓNICA.

5.1 Plan de pruebas

5.1.1 Pruebas de funcionamiento del motor. Para verificar que el motor de combustión interna J20A está trabajando perfectamente, se efectuaron pruebas de funcionamiento de cada elemento que constituyen el banco de inyección electrónica con un escáner automotriz.

Con el escáner se verificó el adecuado funcionamiento de todos los sensores y actuadores del sistema en cada una de las exigencias al motor J20A, y se asegura que no presenten códigos de falla en el banco de pruebas de inyección electrónica al instante de su operación.

Figura 80. Análisis con el escáner



Fuente: Autores

Para una mejor presurización del combustible y una mejor combustión se realizó un lavado de inyectores en el banco de lavado de inyectores por ultrasonido en el laboratorio de inyección electrónica.

Figura 81. Lavado de inyectores



Fuente: Autores

Se puede observar que los microfiltros se encontraban deteriorados por lo que evitaban que el combustible pueda fluir correctamente.

Figura 82. Microfiltros sucios



Fuente: Autores

Como paso final para un óptimo trabajo de los inyectores se cambiaron los cauchos que se encontraban rotos y se producían fugas, causantes de una mala presión de combustible en la cámara de combustión.

Figura 83. Cauchos (o-ring)



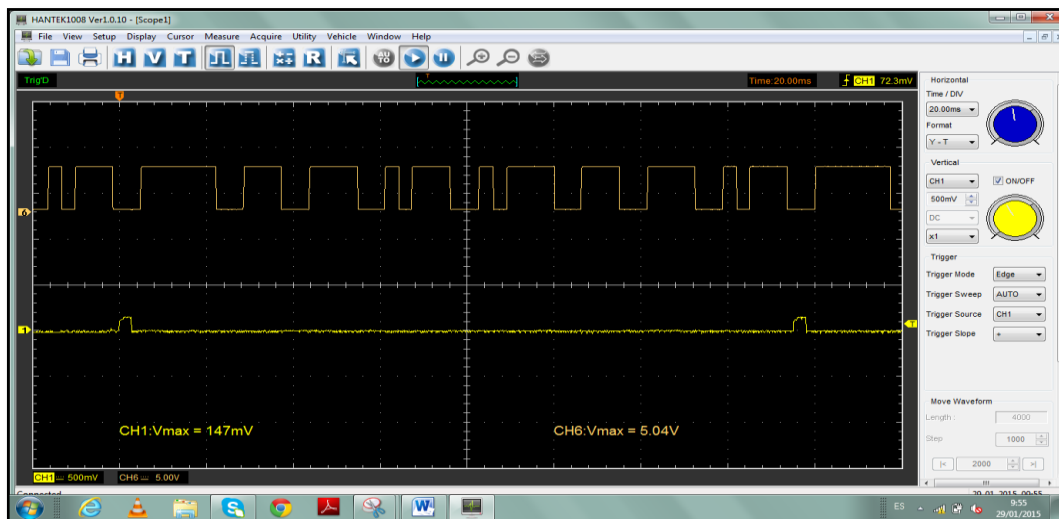
Fuente: Autores

- Inspeccionar que no existan fugas en el motor.
- Examinar que las conexiones de cada uno de los componentes estén bien instalados y con la seguridad adecuada para evitar un posible corto.
- Revisión de los niveles de refrigerante, aceite y combustible del banco.

5.1.2 Pruebas del sistema de inyección. Otra de las comprobaciones electrónicas es la prueba de los sensores y actuadores del motor por medio de un osciloscopio verificando la onda de cada elemento con cada una de sus señales de referencia. Por medio de este test de actuación se puede comprobar que las señales de cada sensor y actuador son las correctas y están trabajando conjuntamente con la unidad de control.

A continuación se da a conocer las formas de onda de los actuadores del sistema conectados a un osciloscopio. Se va a comparar el oscilograma del sensor CMP con la bobina de encendido del cilindro número cuatro, donde se observa en qué momento se efectúa la señal para generar la chispa.

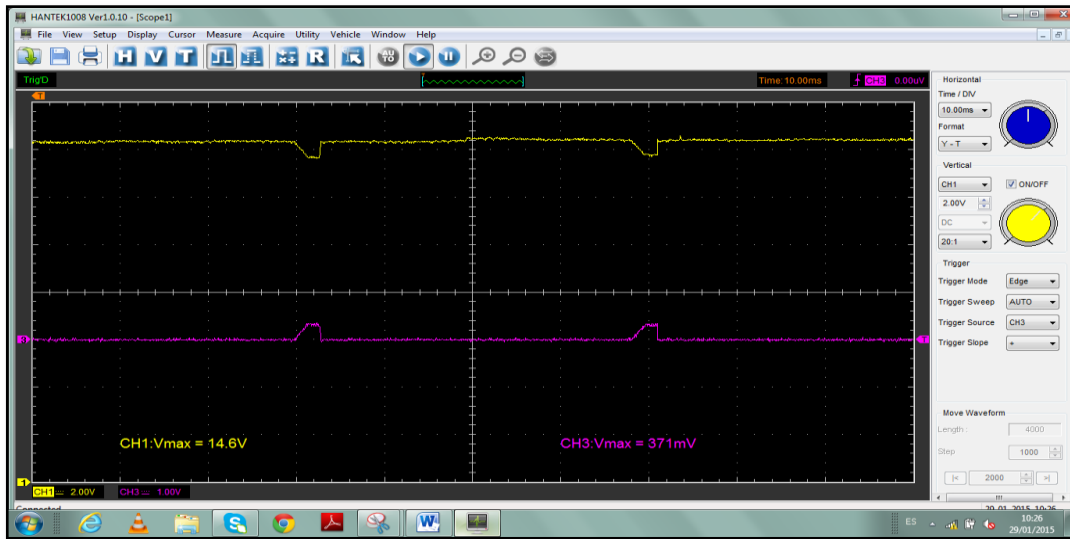
Figura 84. Sensor CMP vs. Bobina N° 4



Fuente: Autores

Se colocaron dos canales en el positivo y negativo de la bobina N°. 4 y se obtuvo las siguientes graficas donde el positivo va a tener una caída de tensión máximo de 1 voltio cada vez que se genera una saturación de la bobina mientras que la masa tratará de levantarse con un valor máximo de 300 mV.

Figura 85. Positivo y masa _ bobina N° 4

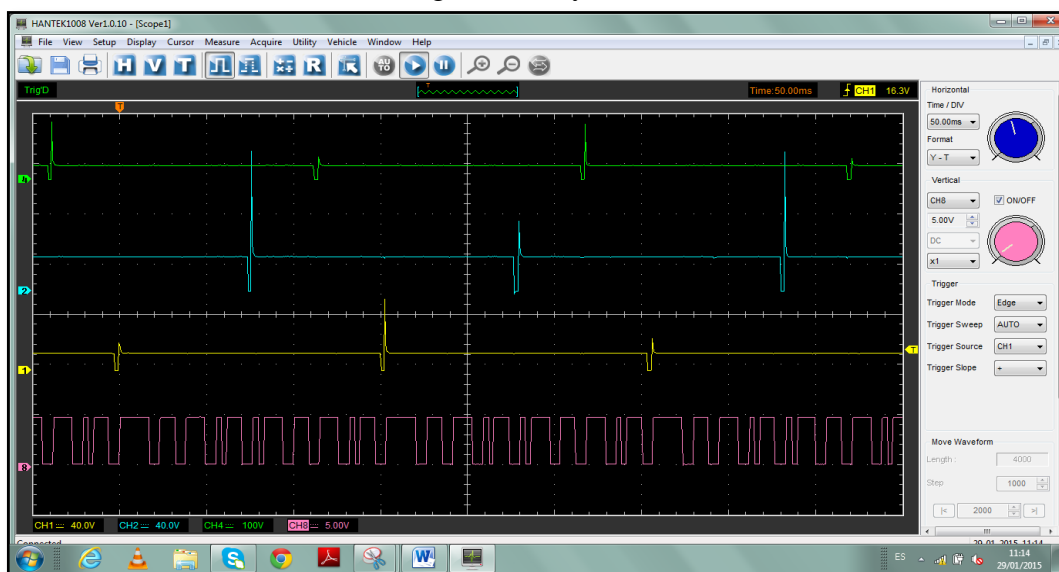


Fuente: Autores

La PCM se encarga de activar los inyectores por medio de pulsos en el negativo de los mismos y en el otro pin están los 12 voltios que vienen desde la batería, por medio de las ondas de los pulsos de inyección se pudo deducir que el tipo de inyección de este motor es secuencial.

Se puede observar que los pulsos de inyección no concuerdan conforme se encuentran en funcionamiento y el momento que se generan los pulsos de inyección comparándola con la gráfica del sensor CMP

Figura 86. Inyectores



Fuente: Autores

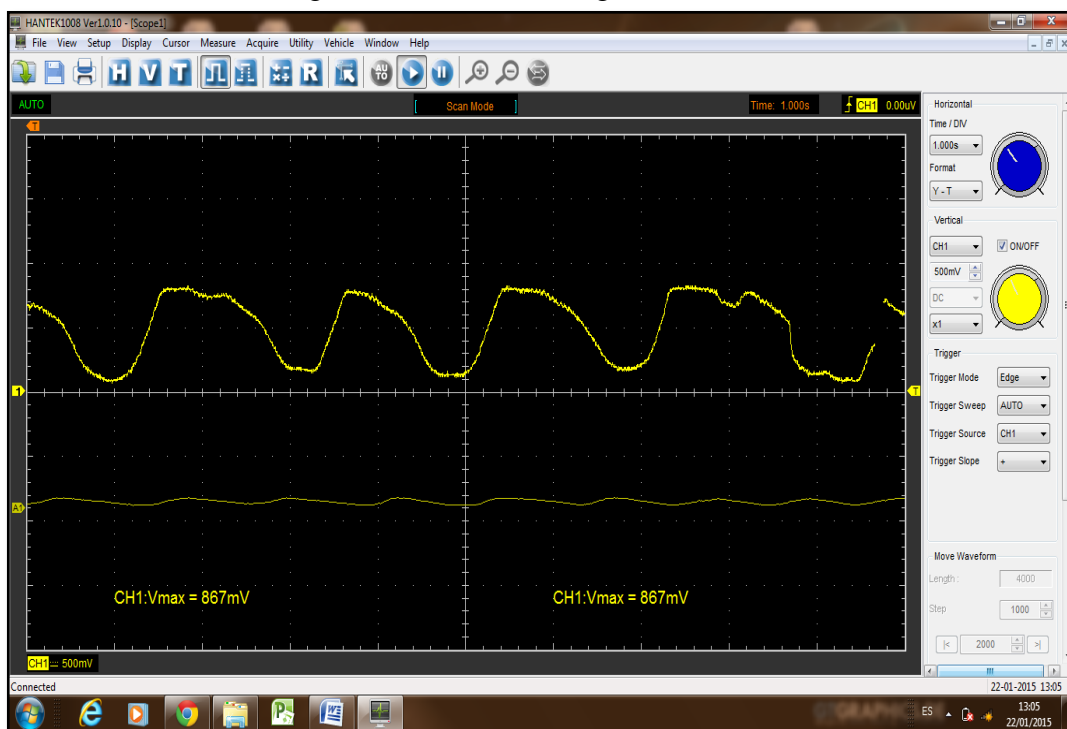
Análisis del sensor de oxígeno:

Uno de los principales sensores para el buen funcionamiento del motor es el sensor de oxígeno ya que este crea una señal de voltaje basada en la cantidad de oxígeno que contienen los gases de escape comparándola con la cantidad de oxígeno presente en el aire del ambiente.

Este tipo de sensor es de cuatro cables correspondientes a una señal, una masa y 2 cables del calefactor del sensor y va a estar oscilando en un rango de 1 voltio respectivamente.

Se puede observar claramente en la pantalla que el sensor de oxígeno se encuentra oscilando en un valor de 0,03 a 0,8 voltios, de mezcla pobre a rica y viceversa trabajando correctamente para alcanzar una dosificación más estequiometría de la mezcla aire/combustible.

Figura 87. Sensor de oxígeno de zirconio

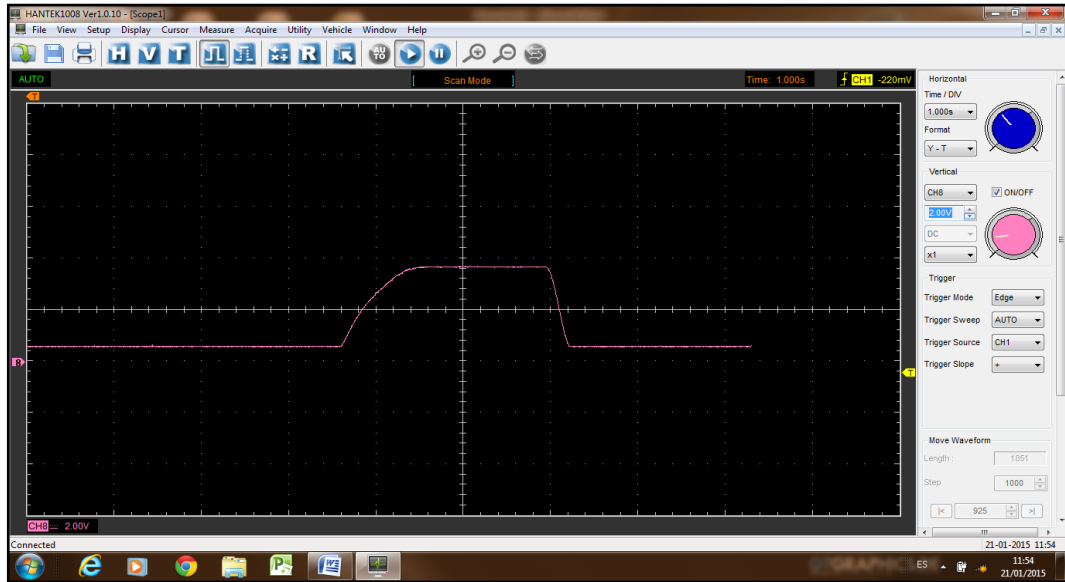


Fuente: Autores

Al obtener la curva característica del sensor TPS nos fijamos que tiene un valor inicial que está en el rango de 0,6 a 0,9 voltios, esta lectura le indica a la PCM que la mariposa

queda cerrada en un estado de ralentí, seguidamente existe una aceleración total que estará dentro de los valores 3,5 y 4,7 voltios y la mariposa se encuentra abierta.

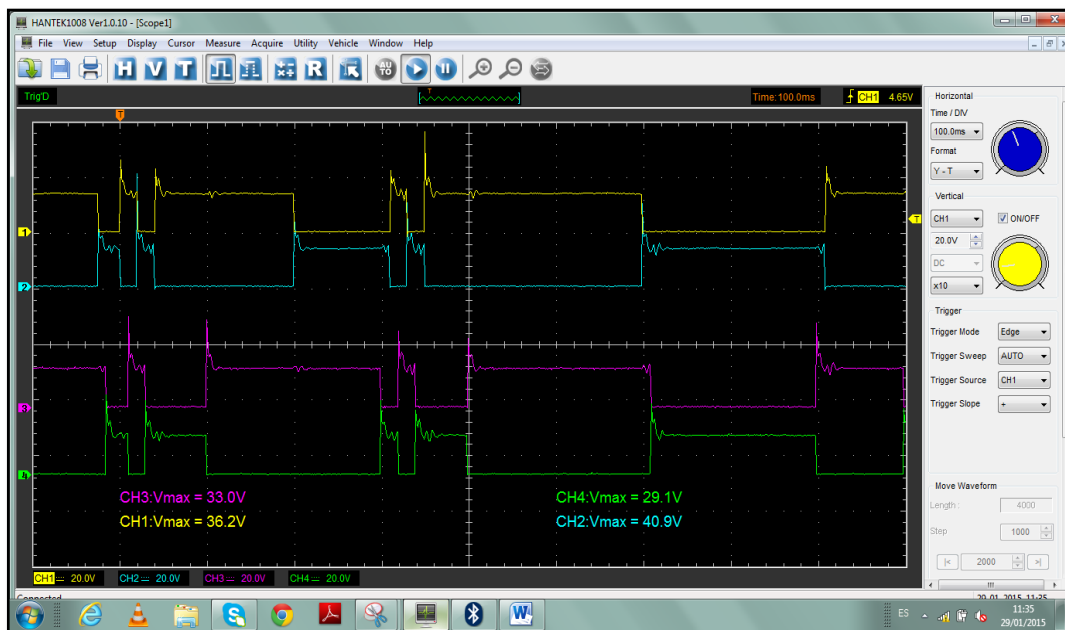
Figura 88. Sensor TPS



Fuente: Autores

Ahora se tiene una aceleración de 2000 revoluciones del motor y se puede ver cómo trabajan las bobinas del motor unipolar de la válvula IAC comprobando su funcionamiento.

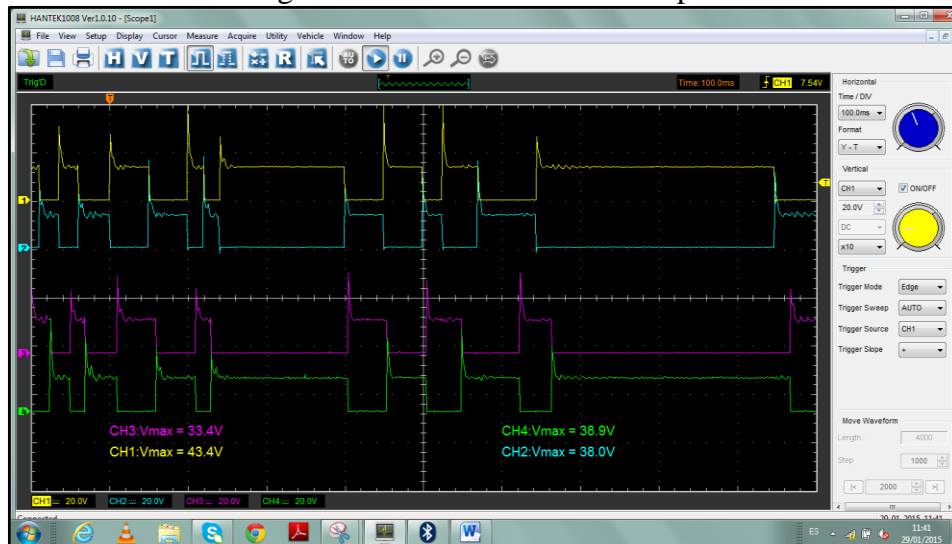
Figura 89. IAC a 2000 rpm



Fuente: Autores

La siguiente válvula que se verifica si está trabajando es la EGR, dónde conectaremos cuatro canales para cada bobina y se observa si ésta se activa o no al realizar una aceleración de 2000 revoluciones.

Figura 90. Válvula EGR a 2000 rpm



Fuente: Autores

5.1.3 Pruebas electrónicas del tablero digital. Para poder verificar los parámetros que nos indica el tablero electrónico los vamos a comparar con un escáner automotriz para saber si funciona igual con los parámetros de trabajo del motor como son: las revoluciones por minuto, la temperatura del motor, nivel de combustible, check engine, carga de la batería y la presión de aceite.

En el tacómetro se puede observar que las revoluciones están a unas 762 rpm, y son similares a las que nos dan en el escáner por lo que se puede verificar que el motor está en estado de ralentí deseado que es de 750 rpm.

Figura 91: Revoluciones del motor



Fuente: Autores

Ahora se procede a verificar el control de la temperatura y nivel de combustible del motor J20A, donde se puede apreciar que la pluma del indicador de temperatura está estable de acuerdo a la lectura en el escáner donde la temperatura se encuentra a 90°C, y en ese instante se abre el termostato para refrigerar el motor.

Figura 92: Temperatura y nivel de combustible



Fuente: Autores

Cuando se presentan síntomas de mal funcionamiento del motor se enciende en el tablero la luz indicadora check engine.

Figura 93: Check engine



Fuente: Autores

Al poner en contacto el motor se enciende la luz indicadora de la presión de aceite, y al momento de dar arranque el motor esta luz se debe apagar para verificar que la presión de la bomba del aceite es la correcta, de igual forma actúa la luz indicadora de la batería para constatar que la carga del alternador es la indicada y no se presentan desperfectos de la batería.

Figura 94: Indicador aceite y batería



Fuente: Autores

5.1.4 Pruebas del TAC. Se realizarán las correspondientes pruebas electrónicas del sistema de aceleración con cuerpo motorizado a fin de comprobar el correcto funcionamiento de todo el conjunto de aceleración controlada electrónicamente.

Una de las comprobaciones correspondientes al sistema de aceleración electrónica va a ser el reconocimiento de las señales de masa, alimentación y señal de referencia de cada uno de los pines que constituyen el sensor de posición del pedal de aceleración (APP) del sistema.

- Señal de masa APP1 y APP2: 50 mV.

Figura 95. Masa APP 1



Fuente: Autores

- Señal de alimentación APP1 y APP2: 5 V.

Figura 96. Alimentación APP 1



Fuente: Autores

- Señal de referencia del APP 1: 242.9 mV.

Figura 97 Señal de referencia APP 1



Fuente: Autores

- Señal de referencia del APP2: 200.6 mV.

Figura 98. Señal de referencia APP2

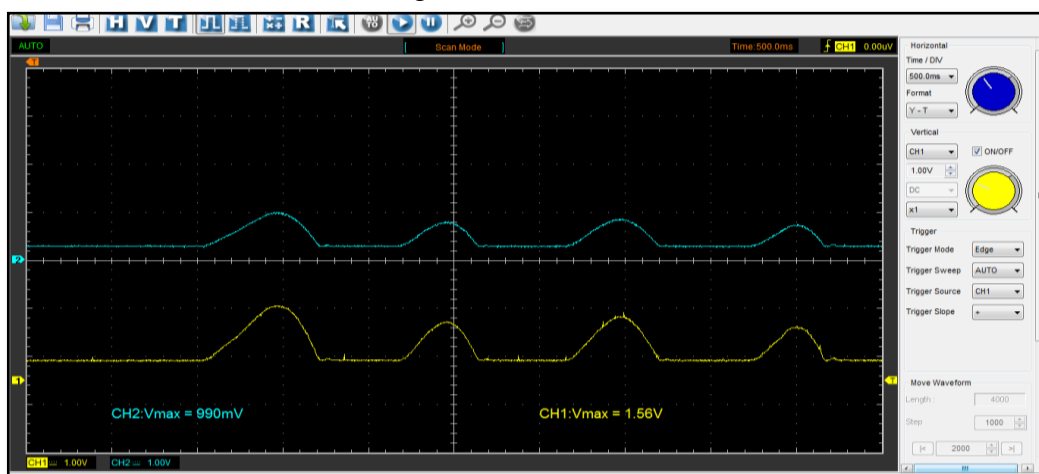


Fuente: Autores

Y la prueba de apertura y cierre de la mariposa de aceleración motorizada por señales electrónicas que reciben del sensor APP, debe estar oscilando esta señal de alimentación de 0 a 5 voltios.

La siguiente prueba a realizar es la del oscilograma del sensor APP adaptado al motor J20A, donde se puede analizar las dos curvas características de este tipo de sensores, que es del tipo doble pista donde la primera curva (APP1) será censada por la segunda curva (APP2) para verificar su buen funcionamiento acelerando y desacelerando.

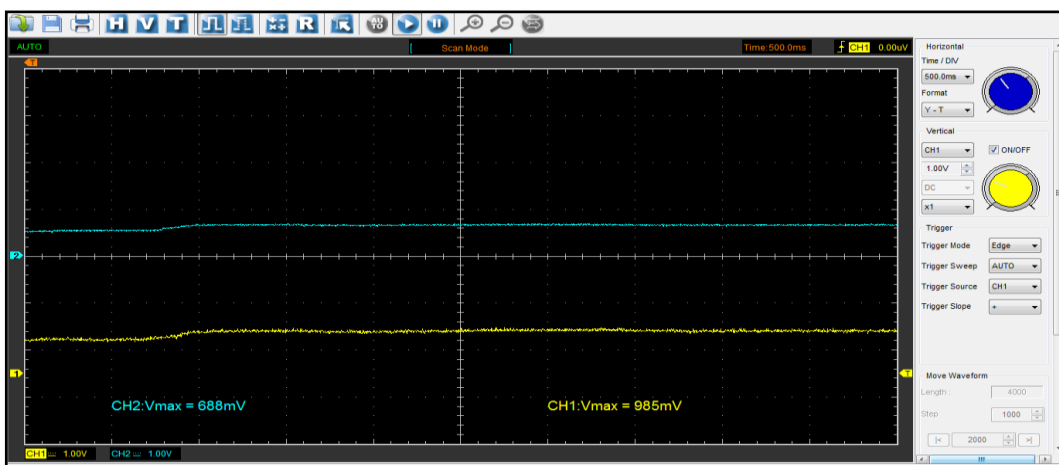
Figura 99. Sensor APP



Fuente: Autores

En la posición de ralentí las ondas del APP que se muestran en el osciloscopio son paralelas.

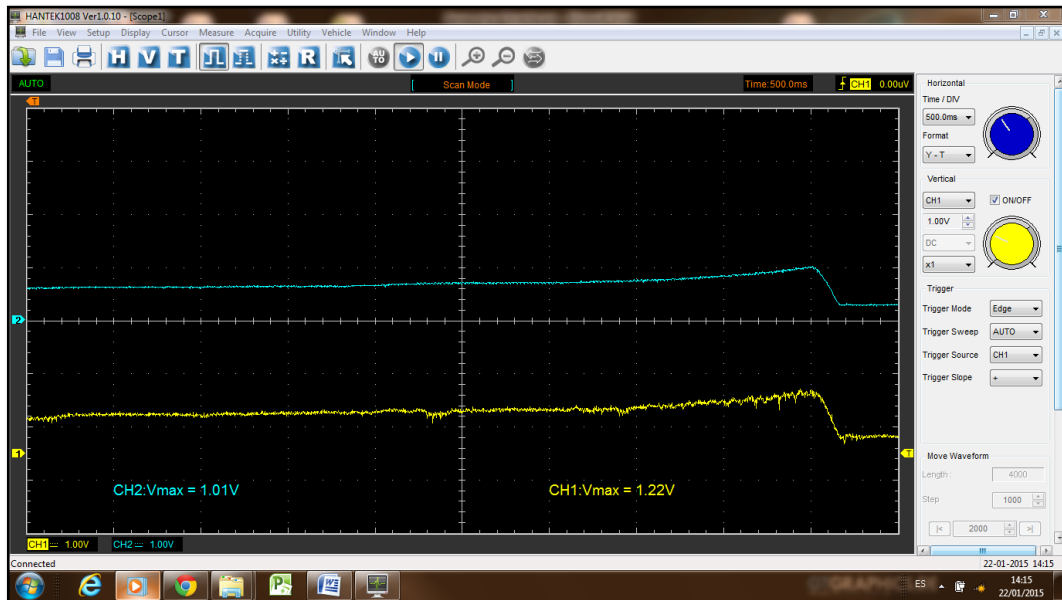
Figura 100. APP en ralentí



Fuente: Autores

La grafica muestra una aceleración total donde indica cómo se elevan las curvas del APP según el requerimiento del conductor.

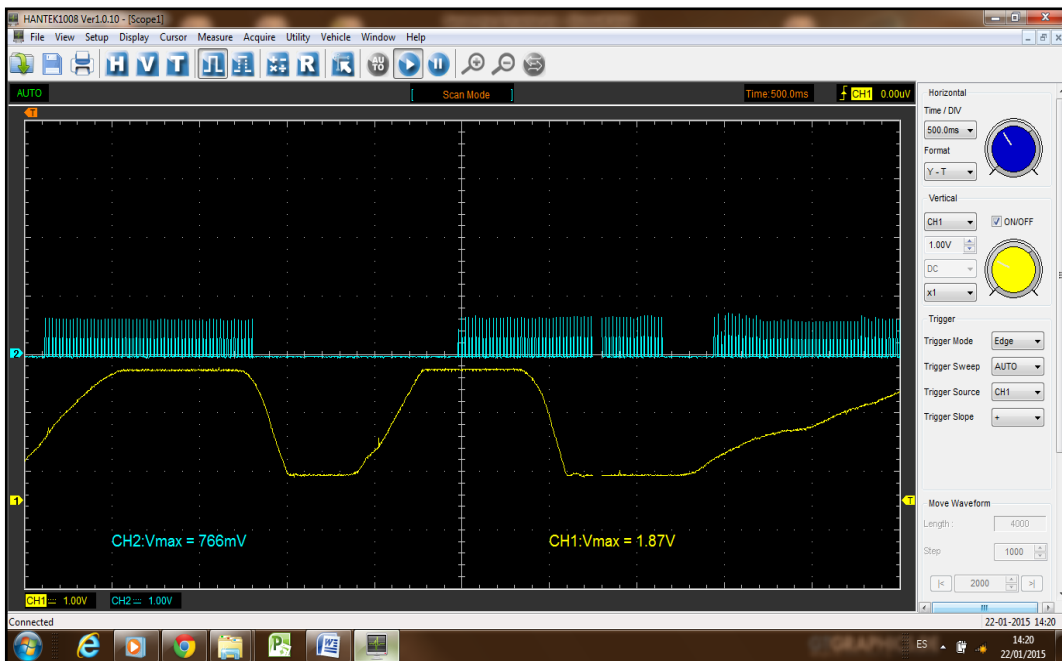
Figura 101 Aceleración total



Fuente: Autores

También se puede sacar el oscilograma del APP y compararlo con el servomotor, el cual recibe las señales digitales para abrir o cerrar la mariposa de aceleración.

Figura 102. APP vs. Servomotor



Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

6. PRESUPUESTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Vamos a realizar un informe de comparación de los costos directos e indirectos que se inmiscuyeron en el transcurso de la repotenciación de la presente tesis, de igual manera se detallan los costos de construcción total y así obtener utilidades si pretendemos ofrecer un servicio.

6.1 Costos directos

Se denominan a todos aquellos egresos a causa de la mano de obra, equipo, materiales y transporte, que logran ser reconocidos absolutamente con la producción de productos.

6.1.1 Costo de materiales:

Tabla 6 . Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unit. USD	Costo USD
ECU		1	650	650
Arnés circuito eléctrico		1	150	150
Arnés tablero de instrumentos		1	100	100
Tablero de instrumentos		1	400	400
Bobina de encendido		1	80	80
Tapa del radiador		1	6	6
Depósito de refrigerante		1	35	35
Protector del ventilador		1	50	50
Malla de seguridad	Centímetro	1	6	6
Angulo	Metro	1	8	8
Platina	Metro	1	5	5
Electrodos	Libras	2	3	6
Disco de corte		1	2,5	2,5
Pintura de fondo	Litro	1	17	17
Pintura terminado	Litro	1	28	28
Lija de hierro		2	0,8	1,6
Lija de agua		3	0,8	2,4
Tiñer	Litros	2	1,5	3
Taype		15	0,5	7,5
Pernos de 1/8	Milimétricos	4	0,3	1,2
Abrazaderas		6	0,5	3
Manguera hidráulica	Centímetros	1	2	2
Conector de 10 pines		1	3	3
Conector de 4 pines		1	1,5	1,5
Pernos de ¼	Milimétricos	20	0,2	4

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unit. USD	Costo USD
Guaípe	Libras	1	1,5	1,5
Servomotor		1	100	100
Resortes antagonicos		2	5	10
Cable automotriz	Metros	6	0,5	3
Plataforma Arduino		1	20	20
Relé		1	5	5
Regulador de voltaje 7809		1	6	6
Regulador de voltaje 7805		1	6	6
Condensador 1000 µf		2	1	2
Resistencias 1k		5	0,1	0,5
Resistencias 250 Ω		5	0,1	0,5
Diodo zener 12v		1	2	2
Transistor 3904		1	0,5	0,5
Potenciometro doble pista 50k		1	2	2
TOTAL				1731,7

Fuente Autores

6.1.2 *Costo de mano de obra.* Definimos como mano de obra a todo esfuerzo físico y mental que ponemos a prestación de la transformación de un bien.

Tabla 7. Mano de obra

Descripción	Horas/hombre	Costo horario USD	Costo USD
Soldador	5	3	15
Pintor	2	3	6
Ayudante	2	3	6
TOTAL			27

Fuente: Autores

6.1.3 *Costo de equipos y herramientas.* Son todos los elementos de construcción que utilizamos para cumplir con el proyecto.

Tabla 8. Equipos y herramientas

Descripción	Horas/equipo	Costo horario USD	Costo USD
Escáner automotriz	2	20	0
Osciloscopio	4	0	0
Compresor	2	3	6
Cortadora	6	3	18
Herramientas de taller	450	0	0
Pulidora	2	0	0
TOTAL			24

Fuente: Autores

6.1.4 Costo de transporte. En este apartado se puntualiza el costo de transporte utilizado para la transferencia de los diferentes materiales que se necesitó para la repotenciación del banco de pruebas

Tabla 9. Transporte

Transporte	Costo USD
Traslado de dispositivos de seguridad	50
Traslado del banco de pruebas	120
TOTAL	170

Fuente: Autores

6.2 Costos indirectos

Son los egresos que se efectúan para la elaboración de un proyecto, que no pueden identificarse absolutamente con un servicio o producción por lo que van a necesitar de mecanismos de distribución y cálculo.

Entonces los costos indirectos perciben:

Tabla 10. Costos indirectos

Descripción	Cantidad	Costo [USD]
Costo ingenieril	-	350
Imprevistos	-	150
Utilidad	-	0
TOTAL		500

Fuente: Autores

6.3 Costo total

De este modo con la suma que se detalló anteriormente de los costos directos e indirectos vamos a tener el costo total del proyecto:

Costo total del proyecto = costos directos + costos indirectos

Costo total del proyecto = (costo de material + costo de mano de obra + costo de equipos y herramientas + costo de transporte) + (valor de costos indirectos)

Costo total del proyecto = \$ (1731,7+27+24+170) + (500)

Costo total del proyecto = \$ (1952,7)+ (500)

Costo total del proyecto = \$ 2452,70

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se repotenció el banco de pruebas J20A a través de la puesta a punto del motor, la adaptación de un sistema de aceleración electrónica, señalética y dispositivos de seguridad, para la implementación en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Se aprendió sobre el funcionamiento del sistema de inyección electrónica J20A y los componentes del sistema de aceleración electrónica TAC.

Se determinó los componentes que se encontraban averiados, se realizó la selección del tablero electrónico y el diseño de la simulación del sistema de aceleración electrónica TAC para que el motor J20A tenga un trabajo óptimo.

Se reemplazó los elementos averiados por otros en buen estado para la puesta a punto del motor, se implementó el tablero electrónico y se instaló en el banco J20A el nuevo sistema de aceleración electrónica TAC, la señalética y los dispositivos de seguridad.

Se realizó pruebas mecánicas y electrónicas para la verificación del funcionamiento del motor, lectura de parámetros en el tablero electrónico y trabajo del sistema de aceleración electrónica TAC para un trabajo satisfactorio del banco.

7.2 Recomendaciones

Manipular el banco de pruebas J20A siguiendo las instrucciones de funcionamiento detalladas en el manual de usuario.

Realizar las pruebas del sistema electrónico TAC, rigiéndose al proceso que se muestra en las guías de laboratorio bajo la tutela de su instructor.

Tener cautela al instante de realizar la comprobación de funcionamiento de la ECU así como los diferentes sensores y actuadores para evitar daños a los mismos.

Operar el sistema de aceleración electrónica TAC guiándose en el manual de mantenimiento del sistema para alargar su vida útil de funcionamiento.

Tener precaución al realizar las prácticas en el laboratorio para salvaguardar la integridad

BIBLIOGRAFÍA

ARDUINO. 2014. ARDUINO UNO. [En línea] 10 de diciembre de 2014. <http://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>.

CHAVEZ, Luis y FLORES, Jhon. 2013. *CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DE UN BANCO DIDACTICO DE UN SISTEMA DE INMOVILIZADOR CON TRANSPONDER PARA LA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ.* [Tesis] 06 de 12 de 2013.

CISE, electronics. 2005. CUERPO MARIPOSAS MOT I. [En línea] 04 de septiembre de 2005. <http://es.scribd.com/doc/63941322/Cuerpo-Mariposas-Mot-I>.

CISE, electronics. 2005. CUERPO MARIPOSAS MOT II. [En línea] 04 de septiembre de 2005. <http://es.scribd.com/doc/63941432/Cuerpo-Mariposas-Mot-II>.

Efrén, COELLO. 2006. SISTEMAS DE INYECCION ELECTRONICA DE GASOLINA. 2006, pág. 7.

GONZÁLEZ, Victor. 2002. SERVOMOTORES. [En línea] marzo de 2002. http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/sistema/motores_servo.htm.

Jesús, RUEDA. 2011. *MANUAL TÉCNICO DE FUEL INJECTION.* s.l. : DISELI, 2011.

MEGANEBOY, Dani. 2014. AFICIONADOS A LA MECANICA. [En línea] 2014. <http://www.aficionadosalamecanica.net/inyecci-gasoli-intro.htm>.

REYES, Victor. 2013. SISTEMA ELECTRONICO DE COMBUSTIBLE. [En línea] junio de 2013. <http://victorefren1.blogspot.com/2013/06/sensores-ckp-y-cmp-y-sus-tipos.html>.

SUZUKI. 1998. *SUZUKI manual de servicio/volumen 2de 2/motor.* 1998.