

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO
ELECTRÓNICO PARA EL CONTROL DEL ARRANQUE
EN FRÍO Y POST-ARRANQUE DE UN MOTOR SUZUKI
G10 EQUIPADO CON CARBURADOR”**

Tesis previa a la obtención
del Título de Ingeniero
Mecánico Automotriz

AUTORES:

CASTRO PEÑAFIEL BIRON PATRICIO
LUNA DÍAZ DAVID SANTIAGO

DIRECTOR:

ING. GUSTAVO BRAVO QUEZADA MGT.

CUENCA - ECUADOR

2015

DECLARACIÓN

Nosotros, Castro Peñafiel Biron Patricio con C.I.: 0301980694; y Luna Díaz David Santiago con C.I.: 0302014683; declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normatividad Institucional vigente.



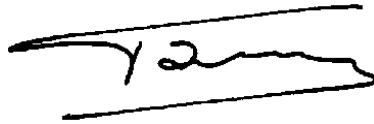
Castro Peñafiel Biron Patricio
C.I.: 0301980694



Luna Díaz David Santiago
C.I.: 0302014683

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Castro Peñafiel Biron Patricio y Luna Díaz David Santiago, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'G. Brazo', enclosed within a rectangular box.

Ing. Gustavo Brazo Quezada Mgt.

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis va dedicado a Dios y a mis padres. A Dios porque está conmigo a cada paso que doy; a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo y pilar fundamental en todo momento, depositando su entera confianza en cada reto de mi vida, sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. También dedico este proyecto a mis hermanos, cuñadas y sobrinos que me supieron alentar y decirme: “Pon ganas hasta cumplir con tus metas”.

Biron Patricio Castro Peñafiel

La presente tesis va dedicada a mis amados padres: Raúl Edmundo Luna Rodríguez y Sylvia Janeth Díaz Rosero, por la dedicación y esfuerzo que realizaron para que hoy haya alcanzado esta meta, por su apoyo incondicional, por sus consejos y por aquellas palabras de aliento que supieron brindarme cuando sentía que no podía seguir adelante.

A mis hermanos: Daniel Isaac Luna Díaz y Raúl Esteban Luna Díaz, porque en este tiempo su incondicional amistad, aprecio y cariño me infundieron el aliento necesario para continuar el camino.

Y a alguien muy especial para mí, al amor de mi vida Patricia Elizabeth Castro Paladines, por el cariño y comprensión que me brinda cada día, y por ser mi inspiración y esa chispa que me impulsa a seguir adelante para cumplir con mis metas.

David Santiago Luna Díaz

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es resultado del esfuerzo conjunto de mi gran amigo David Luna, con quien a lo largo de este tiempo hemos puesto a prueba nuestras capacidades y conocimientos para la culminación de esta investigación. Agradezco a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad dándome fortaleza para continuar en mis estudios, y a mis padres, quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica. Un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad que nos preparó para un futuro competitivo brindándonos una profesión técnica de calidad.

Biron Patricio Castro Peñafiel

Agradecer a Dios por sobre todo, porque me ha brindado la salud y las fuerzas para seguir adelante.

A mis padres; los señores Raúl Luna y Sylvia Díaz, por su apoyo, por su tiempo, por sus consejos, por la confianza que han vertido en mi persona y por ser una guía constante en mi formación académica y personal.

A mis hermanos, Daniel y Raúl por su amistad y complicidad.

A mi enamorada; Patty, por su amor, por su ternura y por estar a mi lado dándome ánimos para no rendirme.

A mi compañero; Marcelo Nacipucha, por su asesoría que fue de gran ayuda durante la realización del tercer capítulo de esta tesis.

A los docentes que nos brindaron su apoyo y compartieron sus conocimientos con nosotros, y a través de ellos, a la Universidad Politécnica Salesiana.

Y por último pero no por eso menos importante, quisiera agradecer a mi tía Gloria Luna R., y a través de ella a dos personas que a pesar de que hoy no estén en este mundo, fueron seres muy importantes para mí, uno me regalo la oportunidad de seguir viviendo y otro se convirtió en mi hermano por el cariño y apoyo que me supo brindar, al señor Ingeniero José Eduardo Pérez Mendía y a su hijo Giovanny Paúl Pérez Luna, les estaré eternamente agradecido.

David Santiago Luna Díaz

RESÚMEN

Esta tesis plantea el diseño de un dispositivo electrónico que controle la mariposa de aceleración de un carburador para reducir la contaminación ambiental en la ciudad de Cuenca. Al poder controlar este elemento del carburador se consigue que el vehículo alcance su temperatura de funcionamiento en un menor tiempo permitiendo que el motor combustione adecuadamente la mezcla aire-combustible y reduzca los contaminantes que se emitan al entorno.

En algunos casos, los conductores de este tipo de automotores son los principales causantes de esta contaminación, ya que generalmente al encender el vehículo lo aceleran bruscamente para lograr que éste alcance su temperatura de funcionamiento, dejando de lado el hecho de que esto genera más contaminantes, además del ya conocido deterioro de los elementos del motor que se da cuando ésta técnica es usada en los arranques en frío.

Aplicando la tecnología, que es el producto de las experimentaciones en base a conocimientos, lo que se busca es reducir la cantidad de contaminantes que emiten los vehículos equipados con carburador diariamente para mejorar la calidad de vida de las personas de la ciudad y para reducir en parte el desgaste de los motores. Nos centraremos en el monóxido de carbono o CO ya que es uno de los más peligrosos; su ingesta puede ocasionar asfixia e incluso la muerte.

Dividiremos el trabajo en cuatro capítulos, los mismos que serán explicados brevemente a continuación:

El primer capítulo hace referencia al carburador del motor Suzuki G10, los reglajes que se le deben ejecutar para su correcto funcionamiento y las exigencias que debe cumplir. Además también se hace una breve mención a la empresa que se encarga de fabricarlos y a la contaminación que generan este tipo de elementos.

El segundo capítulo muestra todas las consideraciones que se deben tener en cuenta para la selección de los elementos que conformarán el mecanismo, tales como el servomotor y el diseño y construcción de la base metálica, la selección de su material y la simulación de sus ensayos destructivos. Además se indica el montaje de estos elementos en el vehículo.

El tercer capítulo se centrará en el diseño electrónico, el circuito que va a encargarse de captar la temperatura del múltiple de admisión desde que el motor está frío hasta que llega a su temperatura de funcionamiento. Los datos obtenidos nos van a servir para comandar un servomotor que a través de una conexión mecánica accionará a la mariposa de aceleración, incrementando o reduciendo el régimen de giro según sea necesario. Una vez alcanzada la temperatura de funcionamiento del motor térmico el servomotor debe liberar totalmente la mariposa de aceleración, además este circuito sólo debe funcionar cuando se cierre el circuito (switch en “on”) para evitar que la batería se descargue. Se implementarán diversos indicadores para que el conductor

pueda verificar de una manera visual que el circuito está funcionando correctamente. Dos indicadores corresponderán a las fuentes de alimentación del circuito, uno cambiará de color mientras el vehículo se calienta y el último será el que le dé la señal al conductor de que el automóvil está listo para comenzar a trabajar. Al final de este capítulo realizaremos un presupuesto para tener una noción de la cantidad monetaria que se invierte en el proyecto.

El cuarto capítulo se dedicará a la obtención de datos con la ayuda de un analizador de gases, se usará un motor Suzuki G10 para realizar las diversas pruebas y experimentos, en esta fase se modificará la programación en caso de ser necesario teniendo en cuenta siempre que lo que se busca es la reducción del CO, una vez terminados los ensayos podremos dar por válida o nula nuestra hipótesis.

ÍNDICE

CAPITULO 1	1
1. FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL CARBURADOR AISAN DESCENDENTE DOBLE CUERPO	1
1.1. INDUSTRIA AISAN	1
1.2. EXIGENCIAS DE LA CARBURACIÓN	2
1.3. CARBURADOR ELEMENTAL	2
1.4. DISPOSITIVO DE RALENTÍ.....	4
1.5. ARRANQUE EN FRÍO	5
1.6. CARBURADORES DE DOBLE CUERPO O ESCALONADOS.....	5
1.7. VERIFICACIÓN Y CONTROL DEL CARBURADOR	6
1.8. POLUCIÓN Y GASES CONTAMINANTES.....	11
CAPITULO 2	13
2. DISEÑO DEL MECANISMO CONTROLADOR DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN DEL CARBURADOR.....	13
2.1. SELECCIÓN DEL SERVOMOTOR	13
2.2. DISEÑO DE LA BASE DE SUJECCIÓN PARA EL SERVOMOTOR	15
2.3. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA BASE	21
2.4. SIMULACIÓN DE DEFORMACIÓN DE LA BASE	22
2.5. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SERVOMOTOR EN LA BASE	27
CAPITULO 3	30
3. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN.....	30
3.1. PROGRAMACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA	30
3.2. PROGRAMACIÓN DEL SERVOMOTOR.....	35
3.3. PROGRAMACIÓN CONJUNTA DEL SERVOMOTOR Y EL LM35	38
3.4. INDEPENDIZACIÓN DEL ATMEGA328P	48
3.5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PCB PARA EL CIRCUITO	58
3.6. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CAJA	68
3.7. PRESUPUESTO	71
CAPITULO 4	74
4. ENSAYOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO MONTADO EN EL MOTOR SUZUKI G10	74
4.1. AFINAMIENTO DEL MOTOR.....	74
4.2. RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES (VEHÍCULO NORMAL) 82	
4.3. RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES (VEHÍCULO CON ESTRANGULADOR)	89
4.4. RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES (VEHÍCULO CON DISPOSITIVO).....	95
4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112

ANEXO 1	114
ANEXO 2	115
ANEXO 3	116
ANEXO 4	117
ANEXO 5	118
ANEXO 6	120
ANEXO 7	121
ANEXO 8	122
ANEXO 9	123
ANEXO 10	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Lema de AISAN	1
Figura 1.2 Constitución básica del carburador.....	2
Figura 1.3 Esquema de un carburador elemental	3
Figura 1.4 Gráfica de caudales vs. depresiones	4
Figura 1.5 Dispositivo de ralentí.....	5
Figura 1.6 Carburador de doble cuerpo o escalonado.....	6
Figura 1.7 Esquema para el reglaje del nivel de la cuba.....	7
Figura 1.8 Reglaje de la mariposa de gases	7
Figura 1.9 Reglaje del sistema de arranque en frío.....	8
Figura 1.10 Regulación de la apertura de la mariposa estranguladora	8
Figura 1.11 Orientación del chorro de inyección.....	9
Figura 1.12 Medida y reglaje de la bomba de aceleración.....	9
Figura 1.13 Tornillos de regulación.....	10
Figura 1.14 Tornillos de reglaje de ralentí.....	11
Figura 1.15 Gráfica de los gases de escape.....	12
Figura 2.1 Balanza de mano	13
Figura 2.2 Fuerza requerida para mover la mariposa de aceleración.....	13
Figura 2.3 Distancia entre la fuerza aplicada y el centro de rotación	14
Figura 2.4 Servomotor seleccionado.....	14
Figura 2.5 Placa del alternador	15
Figura 2.6 Medida del largo y alto para la base	15
Figura 2.7 Diseño de la primera base en papel	16
Figura 2.8 Modelo finalizado de la primera base en papel	16
Figura 2.9 Prueba del modelo	16
Figura 2.10 Diseño en cartón prensado de la primera base	17
Figura 2.11 Toma de medidas del empaque del carburador	17
Figura 2.12 Diseño de la plantilla del empaque en AutoCad.....	18
Figura 2.13 Medida de la posición del servomotor.....	18
Figura 2.14 Molde de papel para la ubicación del servomotor	18
Figura 2.15 Área de interferencia con la mariposa de aceleración	19
Figura 2.16 Zonas de interferencia en la parte posterior del carburador	19
Figura 2.17 Diseño de la segunda base en papel.....	19
Figura 2.18 Modelo de la segunda base en cartón prensado.....	20
Figura 2.19 Inclinação variable del soporte.....	20
Figura 2.20 Modelo de la segunda base en latón	20
Figura 2.21 Prueba del modelo en el carburador	21
Figura 2.22 Prueba de giro del servomotor.....	21
Figura 2.23 Diseño de la base en SolidWorks	23
Figura 2.24 Propiedades del acero ASTM A36 en SolidWorks	23
Figura 2.25 Zona fija de la pieza	24
Figura 2.26 Fuerzas de reacción aplicadas	24
Figura 2.27 Temperatura del carburador con el motor caliente	25
Figura 2.28 Simulación de tensiones	25
Figura 2.29 Simulación de desplazamientos.....	26

Figura 2.30	Simulación de deformaciones unitarias equivalentes	26
Figura 2.31	Base renderizada en SolidWorks	27
Figura 2.32	Vista superior y lateral de la base	27
Figura 2.33	Servomotor colocado en la placa	28
Figura 2.34	Zona expuesta de la base pintada	28
Figura 2.35	Empaques para la base.....	28
Figura 2.36	Cable de unión para el servomotor con la mariposa.....	29
Figura 2.37	Prisionero.....	29
Figura 2.38	Punta del cable doblada	29
Figura 3.1	Partidor de tensión para el termo switch (Multisim 12)	30
Figura 3.2	Partidor de tensión para el termo switch (Fritzing 2014)	31
Figura 3.3	Flujo de corriente del partidor de tensión (Livewire).....	31
Figura 3.4	Voltaje del termo switch con el motor frío y caliente respectivamente	31
Figura 3.5	Distribución de pines según el datasheet	32
Figura 3.6	Distribución de pines de nuestro LM35	32
Figura 3.7	Temperatura externa a la que se enciende el ventilador	32
Figura 3.8	Conexión del LM35 al Arduino UNO (Fritzing 2014).....	33
Figura 3.9	Software de programación de Arduino UNO	33
Figura 3.10	Programación del sensor de temperatura.....	34
Figura 3.11	Conexión del LM35 en protoboard	34
Figura 3.12	Cables del servomotor	35
Figura 3.13	Fuente de 5V para el servomotor (Multisim 12)	35
Figura 3.14	Fuente de 5V para el servomotor (Livewire).....	36
Figura 3.15	Conexión del servomotor al Arduino UNO (Fritzing 2014)	36
Figura 3.16	Programación del servomotor.....	37
Figura 3.17	Conexión del servomotor en protoboard	37
Figura 3.18	Disipador de calor del LM7805.....	38
Figura 3.19	Conexión conjunta (Fritzing 2014).....	38
Figura 3.20	Conexión conjunta en protoboard.....	39
Figura 3.21	Zona para colocar el LM35	39
Figura 3.22	Cables soldados a los pines del LM35.....	40
Figura 3.23	Pines del LM35 aisladas con silicón	40
Figura 3.24	Encapsulado del LM35.....	40
Figura 3.25	Sensor fijo al múltiple de admisión	41
Figura 3.26	Temperatura que alcanza el LM35 con el motor caliente.....	41
Figura 3.27	Señal en la mariposa de aceleración	42
Figura 3.28	Cable conectando al servomotor con la mariposa de aceleración	42
Figura 3.29	Señal en la mariposa de aceleración	43
Figura 3.30	Cable de acero inoxidable uniendo el servomotor con la mariposa de aceleración	43
Figura 3.31	Programación conjunta 1	44
Figura 3.32	Prueba de la programación en frío.....	45
Figura 3.33	Prueba de la programación en caliente	45
Figura 3.34	Arduino conectado con el circuito en el vehículo	46
Figura 3.35	Programación conjunta 2	47
Figura 3.36	Arduino UNO y atmega328p.....	48
Figura 3.37	Distribución de pines del atmega328p.....	48
Figura 3.38	Conexión del atmega328p para la carga del bootloader	49

Figura 3.39 Ejemplo precargado ArduinoISP	50
Figura 3.40 Arduino UNO con su propio microcontrolador.....	50
Figura 3.41 Selección de la tarjeta	51
Figura 3.42 Selección del programador	51
Figura 3.43 Carga del bootloader.....	52
Figura 3.44 Nueva conexión del atmega328p.....	52
Figura 3.45 Fuente de 5V para circuitos integrados (Multisim 12)	53
Figura 3.46 Fuente de 5V para circuitos integrados (Livewire)	53
Figura 3.47 Conexión de la fuente con el atmega328p (Multisim 12).....	54
Figura 3.48 Conexión de la fuente con el atmega328p (Fritzing 2014).....	54
Figura 3.49 Carga del programa en el atmega328p	54
Figura 3.50 Diagrama eléctrico de los elementos conectados al atmega328p (Multisim 12).....	55
Figura 3.51 Diagrama eléctrico de los elementos conectados al atmega328p (Fritzing 2014)	56
Figura 3.52 Elementos conectados al atmega328p	56
Figura 3.53 Conexión final del atmega328p (Livewire).....	57
Figura 3.54 Conexión final del atmega328p (Fritzing 2014).....	58
Figura 3.55 PCB generada por PCB Wizard	58
Figura 3.56 PCB generada manualmente.....	59
Figura 3.57 Recorte de la placa de cobre con fibra de vidrio	60
Figura 3.58 Placa recortada y con suciedad.....	60
Figura 3.59 Placa pulida	61
Figura 3.60 Acetato sujeto a la placa	61
Figura 3.61 Plancha casera caliente	62
Figura 3.62 Calentamiento de la placa.....	62
Figura 3.63 Estado de las pistas de la placa.....	63
Figura 3.64 Agua destilada y percloruro férrico	63
Figura 3.65 Ácido preparado	64
Figura 3.66 Placa sumergida en el ácido	64
Figura 3.67 Placa sumergida en agua destilada	65
Figura 3.68 Limpieza y verificación de las pistas.....	65
Figura 3.69 Perforación de la placa	66
Figura 3.70 Inspección de PCB contraluz.....	66
Figura 3.71 PCB con los elementos soldados	67
Figura 3.72 Pistas después de retirar la pasta de soldar	67
Figura 3.73 Placa de circuito impreso finalizada	68
Figura 3.74 Modelo de la caja en cartón prensado (Vista superior)	68
Figura 3.75 Modelo de la caja en plástico (Vista superior)	69
Figura 3.76 Cinta helicoidal número 6	69
Figura 3.77 Banner diseñado para la caja	70
Figura 3.78 Caja cubierta con el banner	70
Figura 3.79 Aspecto final de la caja.....	71
Figura 3.80 Prueba del circuito en la caja.....	71
Figura 4.1 Suzuki Forsa 1	74
Figura 4.2 Medida de la compresión del cilindro #1	75
Figura 4.3 Entrehierro anterior y actual de la bujía respectivamente	76
Figura 4.4 Galgas de calibración	76
Figura 4.5 Comprobación del juego de las válvulas de admisión y escape respectivamente	77

Figura 4.6 Elementos del sistema de refrigeración en mal estado	77
Figura 4.7 Repuestos de los elementos del sistema de refrigeración	78
Figura 4.8 Limpieza del carburador	78
Figura 4.9 Difusor y ciclón del carburador.....	78
Figura 4.10 Ciclos viejos y nuevos	79
Figura 4.11 Filtro de combustible sucio	79
Figura 4.12 Régimen de giro del motor	79
Figura 4.13 Vacío y tiempo del motor	80
Figura 4.14 Analizador de gases QGA 6000	80
Figura 4.15 Calibración de gases en el carburador	81
Figura 4.16 Analizador de gases MGT 5	82
Figura 4.17 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 1 (Normal).....	83
Figura 4.18 Gráfica de HC - Prueba 1 (Normal).....	83
Figura 4.19 Gráfica de rpm - Prueba 1 (Normal).....	84
Figura 4.20 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 1 (Normal).....	84
Figura 4.21 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 2 (Normal).....	85
Figura 4.22 Gráfica de HC - Prueba 2 (Normal).....	85
Figura 4.23 Gráfica de rpm - Prueba 2 (Normal).....	86
Figura 4.24 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 2 (Normal).....	86
Figura 4.25 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 3 (Normal).....	87
Figura 4.26 Gráfica de HC - Prueba 3 (Normal).....	87
Figura 4.27 Gráfica de rpm - Prueba 3 (Normal).....	88
Figura 4.28 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 3 (Normal).....	88
Figura 4.29 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 1 (Estrangulador)	89
Figura 4.30 Gráfica de HC - Prueba 1 (Estrangulador)	90
Figura 4.31 Gráfica de rpm - Prueba 1 (Estrangulador)	90
Figura 4.32 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 1 (Estrangulador).....	91
Figura 4.33 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 2 (Estrangulador)	91
Figura 4.34 Gráfica de HC - Prueba 2 (Estrangulador)	92
Figura 4.35 Gráfica de rpm - Prueba 2 (Estrangulador)	92
Figura 4.36 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 2 (Estrangulador).....	93
Figura 4.37 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 3 (Estrangulador)	93
Figura 4.38 Gráfica de HC - Prueba 3 (Estrangulador)	94
Figura 4.39 Gráfica de rpm - Prueba 3 (Estrangulador)	94
Figura 4.40 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 3 (Estrangulador).....	95
Figura 4.41 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 1 (Programación 1)	96
Figura 4.42 Gráfica de HC - Prueba 1 (Programación 1)	96
Figura 4.43 Gráfica de rpm - Prueba 1 (Programación 1)	97
Figura 4.44 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 1 (Programación 1).....	97
Figura 4.45 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 2 (Programación 1)	98
Figura 4.46 Gráfica de HC - Prueba 2 (Programación 1)	98
Figura 4.47 Gráfica de rpm - Prueba 2 (Programación 1)	99
Figura 4.48 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 2 (Programación 1).....	99
Figura 4.49 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 3 (Programación 1)	100
Figura 4.50 Gráfica de HC - Prueba 3 (Programación 1)	100
Figura 4.51 Gráfica de rpm - Prueba 3 (Programación 1)	101
Figura 4.52 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 3 (Programación 1).....	101
Figura 4.53 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 1 (Programación 2)	102

Figura 4.54 Gráfica de HC - Prueba 1 (Programación 2)	103
Figura 4.55 Gráfica de rpm - Prueba 1 (Programación 2)	103
Figura 4.56 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 1 (Programación 2).....	104
Figura 4.57 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 2 (Programación 2)	104
Figura 4.58 Gráfica de HC - Prueba 2 (Programación 2)	105
Figura 4.59 Gráfica de rpm - Prueba 2 (Programación 2)	105
Figura 4.60 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 2 (Programación 2).....	106
Figura 4.61 Gráfica de CO, CO ₂ y O ₂ - Prueba 3 (Programación 2)	106
Figura 4.62 Gráfica de HC - Prueba 3 (Programación 2)	107
Figura 4.63 Gráfica de rpm - Prueba 3 (Programación 2)	107
Figura 4.64 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 3 (Programación 2).....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características técnicas del servomotor Tower Pro MG995.....	14
Tabla 2.2 Composición química del acero ASTM A36.....	22
Tabla 2.3 Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.....	22
Tabla 2.4 Otras propiedades del acero ASTM A36.....	22
Tabla 3.1 Presupuesto del dispositivo (Fabricante)	71
Tabla 3.2 Presupuesto del dispositivo (Cliente).....	73
Tabla 4.1 Especificaciones del vehículo Suzuki Forsa 1	74
Tabla 4.2 Medida de la compresión de los cilindros.....	75
Tabla 4.3 Inspección del juego de válvulas	76
Tabla 4.4 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (Prueba estática)	80
Tabla 4.5 Medición de gases con el vehículo en ralentí (Estado inicial)	81
Tabla 4.6 Medición de gases con el vehículo caliente (Estado inicial).....	81
Tabla 4.7 Medición de gases con el vehículo en ralentí (Afinado).....	82
Tabla 4.8 Primera medición de gases (Normal).....	83
Tabla 4.9 Segunda medición de gases (Normal).....	85
Tabla 4.10 Tercera medición de gases (Normal)	87
Tabla 4.11 Primera medición de gases (Estrangulador).....	89
Tabla 4.12 Segunda medición de gases (Estrangulador).....	91
Tabla 4.13 Tercera medición de gases (Estrangulador)	93
Tabla 4.14 Primera medición de gases (Programación 1).....	96
Tabla 4.15 Segunda medición de gases (Programación 1).....	98
Tabla 4.16 Tercera medición de gases (Programación 1)	100
Tabla 4.17 Primera medición de gases (Programación 2).....	102
Tabla 4.18 Segunda medición de gases (Programación 2).....	104
Tabla 4.19 Tercera medición de gases (Programación 2)	106

CAPITULO 1

1. FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA CONTAMINACIÓN DEL CARBURADOR AISAN DESCENDENTE DOBLE CUERPO

En este capítulo se describirán las partes fundamentales que componen el carburador con el que se va a trabajar, así como también las principales etapas de la carburación y algunos de los reglajes que serán de gran utilidad en capítulos posteriores y que servirán para el desarrollo del tema a tratar.

También se analizarán los componentes responsables de la carburación ya que estos a su vez son los responsables de la contaminación.

Se dará a conocer además ciertos datos sobre la industria que fabrica este tipo de carburadores y algunos de los detalles más destacados que van a servir para obtener alguna información relevante que se podría aplicar dentro del estudio planteado.

1.1. INDUSTRIA AISAN

AISAN Industry Co., Ltd., es una compañía japonesa dedicada a la fabricación de carburadores y otros repuestos automotrices. Sus principios de gestión son los siguientes:

1. La creación de productos y servicios enfocándose en los clientes.
2. Obtener "buena calidad" con el pensamiento innovador y la tecnología.
3. Hacer una empresa con " respeto a la naturaleza humana".

Como una breve reseña histórica podemos mencionar que AISAN fue establecida en Diciembre de 1938 y era una empresa fundada en Mizuho-ku, Nagoya destinada a la fabricación de material de guerra en ese entonces, no fue sino hasta Octubre de 1945 que se dedicó a la fabricación de carburadores, actividad que la realiza hasta la actualidad [1].

Su lema principal traducido al español es el siguiente: Comodidad para las personas, la sociedad y la Tierra... Esculpiendo el futuro para los clientes (Figura 1.1).



Figura 1.1 Lema de AISAN
Fuente: [1]

1.2. EXIGENCIAS DE LA CARBURACIÓN

El carburador tiene la primordial finalidad de pulverizar la gasolina que es distribuida por las cañerías de alimentación; para a su vez poder mezclarla con el aire proveniente de la atmosfera, es decir, que las partículas de estos dos elementos puedan estar en una unión íntima, para que al final, dependiendo de las condiciones de funcionamiento del motor esta relación se encuentre en la proporción adecuada que nos permitirá alcanzar una buena combustión en los cilindros.

Dependiendo de los regímenes de carga del motor, o también conocidos como necesidades de marchas del motor, un carburador debe tener la capacidad de variar la relación aire-combustible entre los valores 1:17 hasta 1:12; que son consideradas como mezcla pobre y mezcla rica respectivamente, hay que recordar que una mezcla estequiométrica se da cuando la relación aire-combustible es 1:14,7 [2].

Un carburador básicamente debe estar constituido por un tubo cilíndrico llamado colector (A), en cuyo interior se encuentra un estrechamiento llamado Venturi o difusor (B) que en su parte inferior presenta la válvula de mariposa (D); y a la altura del cual se presenta un surtidor (C). Siendo estos elementos los que ayuden a cumplir con las relaciones de aire-combustible mencionados con anterioridad [3].

El aire que es tomado de la atmosfera ingresa por la parte superior del colector (A), mientras tanto la gasolina es transportada por el surtidor (C). Ver figura 1.2:

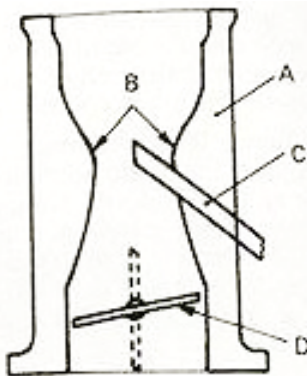


Figura 1.2 Constitución básica del carburador

Fuente: [3]

En el momento que el aire atraviesa el difusor se obtiene una depresión en el mismo que produce la aspiración de la gasolina, misma que al ser derramada y pulverizada por la corriente de aire se evapora rápidamente, logrando una mezcla homogénea. Es decir, a mayor cantidad de aire, tendremos mayor depresión y a su vez aspiramos más gasolina; todo esto para conseguir una mezcla adecuada.

1.3. CARBURADOR ELEMENTAL

Antes de comenzar con este apartado se procederá a dar los significados de los términos de presión y depresión que se emplearán continuamente a partir de este punto:

Presión: Es una magnitud física que expresa la fuerza ejercida por un cuerpo sobre la unidad de superficie. Su unidad en el Sistema Internacional es el pascal [4].

Depresión: Determinada zona que posee una baja presión atmosférica [4].

Un carburador está constituido generalmente por un depósito llamado cuba (A), que es a donde llega la gasolina enviada desde el tanque de combustible mediante una bomba. En el interior de la cuba se sitúa un flotador (B), provisto de una aguja que cierra el conducto de entrada (F), lo que permite tener un nivel constante durante cualquier etapa de funcionamiento.

El nivel que se alcanza en el surtidor (C) es igual al de la cuba por el principio de vasos comunicantes, además de permanecer constante. Los orificios de salida (D) deben estar ubicados unos milímetros por encima de éste nivel para evitar que se derrame el combustible.

Para la salida de combustible se emplea la diferencia de presiones existentes en la cuba (A), ya que el orificio (E) se comunica a la atmosfera; y la zona del difusor que presenta una depresión durante el funcionamiento del motor. Además el ciclor o chicler (G) permite regular la cantidad de combustible que se aporta al surtidor, lo que modifica la riqueza de la mezcla obtenida [3].

Por último la mariposa de gases (V), permite regular la cantidad de mezcla que aspira el motor y la cual es accionada por el pedal del acelerador que dispone el conductor. Ver la figura 1.3.

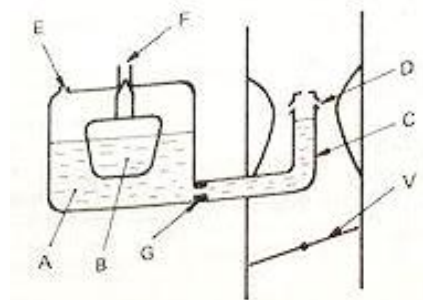


Figura 1.3 Esquema de un carburador elemental
Fuente: [3]

Un carburador se dispone de manera que cumpla los siguientes requisitos:

- La cuba y el surtidor deben mantener el mismo nivel de combustible ya sea en curvas o pendientes, de esto va a depender la forma y posición de dichos elementos; siendo el lugar más óptimo la parte delantera de acuerdo al sentido de la marcha del motor.
- Dependiendo del peso específico del combustible que se emplea, variará el peso del flotador.
- La elección del diámetro de la sección más estrecha del difusor depende del número de revoluciones. A bajas revoluciones la velocidad del aire debe ser la suficiente como para succionar el combustible del surtidor; sin embargo, se debe evitar que a elevadas revoluciones la velocidad del aire sea excesivamente intensa.
- Lo que determinará la riqueza de la mezcla será el diámetro del ciclor conjuntamente con el del difusor. Estos diámetros constituyen una de las dimensiones características del carburador [3].

La depresión presente en el difusor regirá los caudales de aire y gasolina como se presentan en la figura 1.4, en donde la curva en trazo continuo representa el caudal de aire que comienza en el origen, pero aun no alcanza un valor adecuado para absorber gasolina del difusor hasta el punto R. Siendo este tramo la etapa de ralentí del motor.

A su vez la línea discontinua es la curva del caudal de gasolina, empieza en el punto A que es de cebado; y crece más deprisa que el caudal del aire.

Mientras tanto que el punto de intersección P representa la dosificación correcta de la mezcla, además de tener depresiones débiles y dosificaciones pobres en dicho punto; se enriquecen paulatinamente hasta hacerse rica con depresiones mayores.

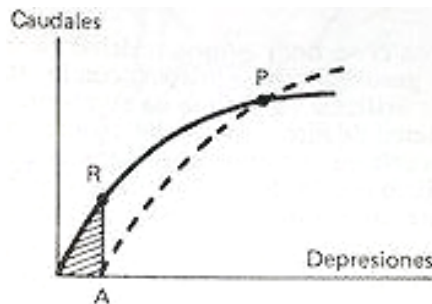


Figura 1.4 Gráfica de caudales vs. depresiones
Fuente: [3]

1.4. DISPOSITIVO DE RALENTÍ

Se conoce como ralentí a una etapa de funcionamiento del motor al mínimo de su capacidad, es decir, el giro del motor solo desarrolla la potencia suficiente para vencer las resistencias pasivas. En esta etapa la mariposa se encuentra en una posición de cierre casi total, lo que provoca que el difusor entregue depresiones insuficientes para absorber el combustible del surtidor principal.

Para poder trabajar bajo estas condiciones es necesario recurrir a un dispositivo de ralentí que es como un pequeño carburador acoplado al principal y nos permitirá asegurar el funcionamiento del motor hasta terminar con el periodo de arranque en frío [3].

Conforme se vaya produciendo la apertura de la mariposa de gases, es decir, cuando el conductor pisa el pedal del acelerador, sube el régimen del motor para aumentar el llenado de los cilindros.

Para evitar inconvenientes durante el ralentí, se dispone de varios orificios que van escalonados y debidamente calibrados, para conseguir un funcionamiento regular del motor hasta lograr el cebado del surtidor principal, cuando la apertura sea tal que alcance una depresión suficiente en el difusor.

A continuación en la figura 1.5 se representan esquemáticamente las sucesivas posiciones de la mariposa con relación a los orificios de progresión.

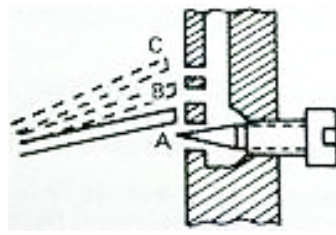


Figura 1.5 Dispositivo de ralentí
Fuente: [3]

Es de vital importancia evitar que se generen elevados caudales en el surtidor principal y el sistema de ralentí, ya que provocan un consumo elevado de combustible.

Manteniendo las posiciones de la mariposa y del tornillo de regulación, no se produce variación alguna de volumen ni riqueza de la mezcla, aunque se produzcan depresiones superiores a los 500 g/cm² en el conducto de admisión.

1.5. ARRANQUE EN FRÍO

Durante este proceso el carburador debe aportar una mezcla de riqueza variable según la temperatura ambiente, con las mezclas ricas se pueden compensar las eventuales condensaciones, de esta manera se puede obtener una mezcla que, encerrada en el cilindro, va a contener el suficiente porcentaje de carburante para que pueda inflamarse al saltar la chispa de la bujía.

Por otro lado las mezclas pobres evitan que el motor se ahogue, debido al brusco aumento de velocidad que provoca una considerable depresión en el colector; que a su vez vaporiza el combustible y enriquece la mezcla.

1.6. CARBURADORES DE DOBLE CUERPO O ESCALONADOS

Cuando la cilindrada de cualquier motor ronda los 1.5 L. se debe tomar en cuenta que para su alimentación la mezcla debe ser de mayor volumen. Teniendo un problema primordial que se explica brevemente a continuación:

El primero con el diámetro del difusor que al ser estrecho ayuda a circular a bajas rpm, con el objeto de producir una aceleración en el aire que favorezca a la vaporización de la gasolina que es suministrada por medio del surtidor. Pero cuando se requiere potencia, si el difusor es estrecho, tendremos una limitación con el aire que ingresa por medio del colector [5].

Para dar una solución al problema anteriormente mencionado se presentan los carburadores de doble cuerpo, que poseen una sola entrada de aire, a través de un filtro de aire único, poseen una sola cuba de combustible y un único sistema de arranque en frío; mientras que los demás elementos y los circuitos que conforman un carburador son totalmente independientes unos de otros (Figura 1.6).

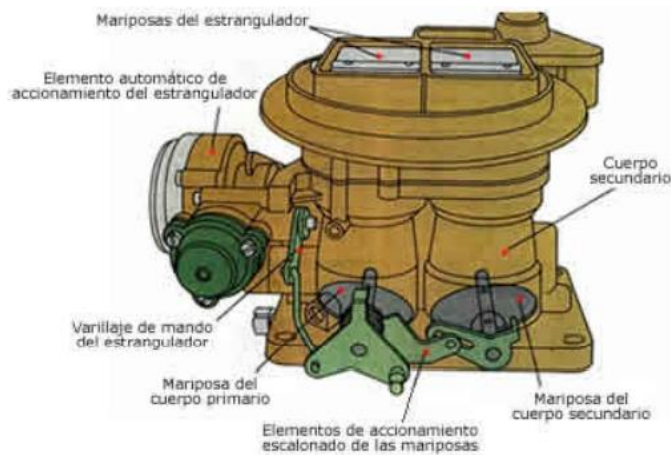


Figura 1.6 Carburador de doble cuerpo o escalonado
Fuente: [5]

1.7. VERIFICACIÓN Y CONTROL DEL CARBURADOR

A continuación se muestran las verificaciones que se deben hacer a un carburador.

- a) **Reglaje del nivel de la cuba:** Es el primer aspecto a tomar en consideración dentro del funcionamiento del carburador, se debe comprobar el estado de funcionalidad de los elementos que permiten mantener constante el nivel del combustible. El flotador no debe presentar deformaciones en su geometría, tampoco debe estar agujereado ni poseer rastros de combustible en su interior, esto provocaría que el flotador se eleve o se hunda respectivamente.

Es fundamental verificar que la válvula de entrada, al estar cerrada, no permita el paso de combustible, para esto la aguja debe asentarse perfectamente en su alojamiento [3].

Finalmente para verificar y cumplir con el reglaje colocamos la tapa del carburador en posición vertical asegurándonos que la válvula de cierre y el flotador estén colocados correctamente. El peso del flotador hará que permanezca cerrada la aguja evitando así que la bola (3) se introduzca en el espacio de la cota (A), la cual es un dato emitido por el fabricante (normalmente entre 5 y 7 mm). La carrera del flotador está limitada por la lengüeta (1), también está dada por los datos del fabricante (normalmente entre 8 y 9 mm) [6]. Ver figura 1.7.

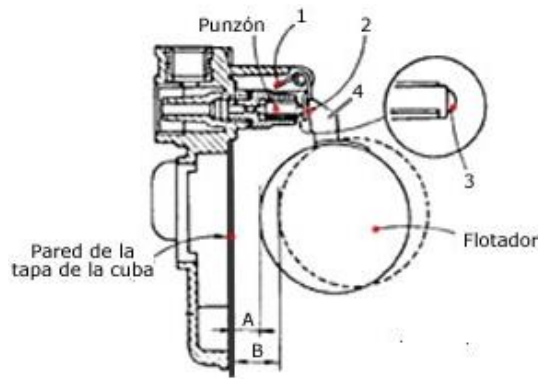


Figura 1.7 Esquema para el reglaje del nivel de la cuba

Fuente: [6]

- b) Reglaje de la mariposa de gases:** Algunos carburadores pueden asumir un valor fijo para su accionamiento en la etapa de ralentí, a estos se los conoce como de CO constante y la posición de cierre de su mariposa de gases se regula por medio de un tornillo. Se recomienda mantener la posición de la mariposa dentro de lo que establece el fabricante, pero también va a depender de las condiciones en las cuales se va a trabajar con el automotor. Este reglaje es importante porque una vez que tenemos el carburador montado correctamente en el motor nos facilitara la posterior calibración de ralentí, que se realizará con el motor en marcha.

En el ajuste de la posición de la mariposa se recomienda utilizar un medidor de ángulos, el cual se colocará en la base del carburador; para centrarlo en la boca del carburador se emplea una arandela (s) como se muestra en la figura 1.8, teniendo en cuenta el diámetro del carburador; y desconectando el varillaje que une a la mariposa de gases con el sistema de arranque en frío.

Una vez en esta posición ajustamos el reloj con uno de los palpadores, fijando esta posición con el tornillo bloqueador (D). Paso seguido giramos el conjunto un total de 180°, hasta que el palpador quede posicionado en la parte inferior de la mariposa, y así determinamos la cota (H) en el reloj comparador [6].

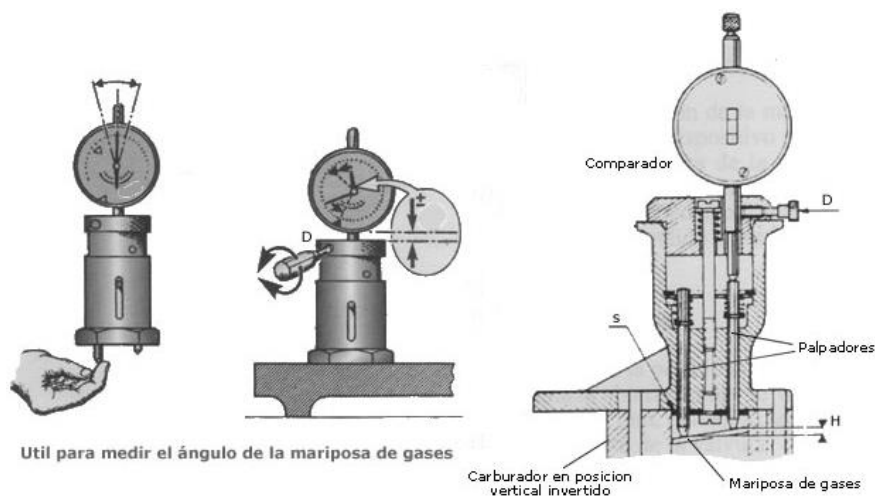


Figura 1.8 Reglaje de la mariposa de gases

Fuente: [6]

- c) **Reglaje del sistema de arranque en frío:** En estos sistemas cuando la mariposa estranguladora es accionada, también se da la apertura parcial de la mariposa de gases, esta apertura puede estar entre 0.7 y 1.2 mm que son datos entregados por el fabricante y que podemos comparar mediante una varilla calibrada entre la mariposa de gases y el borde de la pared del conducto de admisión [6].

Accionamos el sistema de arranque en frío (1) en su totalidad para realizar el reglaje. Introducimos una varilla calibrada como podemos apreciar en la figura 1.9 y mediante el tornillo (2) vamos regulando el ajuste hasta el valor determinado por el fabricante.

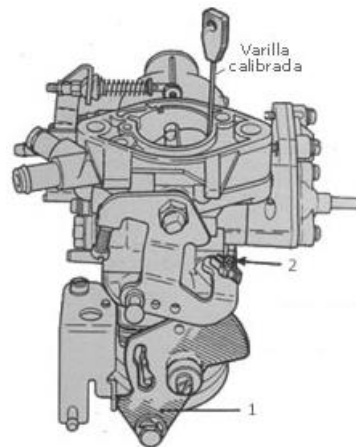


Figura 1.9 Reglaje del sistema de arranque en frío
Fuente: [6]

Si disponemos un corrector neumático o comúnmente llamado capsula de vacío de posición de la mariposa estranguladora, se debe comprobar la apertura que nos permite este dispositivo, recordando tener accionado el estrangulador. El valor de la apertura estará entre 5 y 6.5 mm dependiendo del fabricante [6].

El reglaje se lo realizará mediante el tornillo de regulación (Figura 1.10).

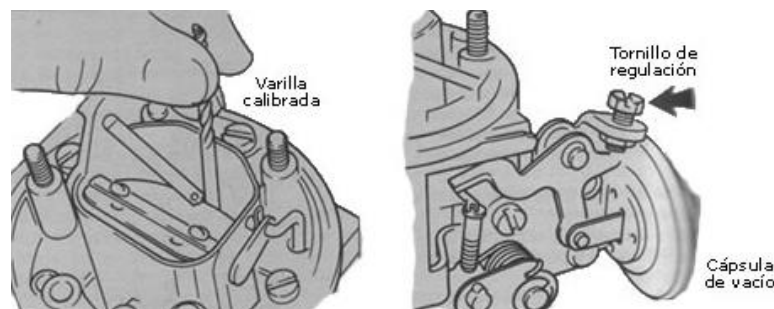


Figura 1.10 Regulación de la apertura de la mariposa estranguladora
Fuente: [6]

- d) **Reglaje de la bomba de aceleración:** Se deberá comprobar la cantidad de combustible suministrado en unidad de volumen durante una sola carrera de la bomba, y la forma del chorro de inyección en el difusor.

Se tiene que verificar la orientación del chorro del inyector; el combustible que es inyectado deberá tocar la superficie de la mariposa de gases únicamente una cierta distancia (d), como se puede observar en la figura 1.11, ésta es entregada por el fabricante. Algunos fabricantes mencionan que dicha cota se puede regular mediante una deformación adecuada en la boca del inyector, teniendo siempre en cuenta de mantener una altura adecuada en base al difusor.

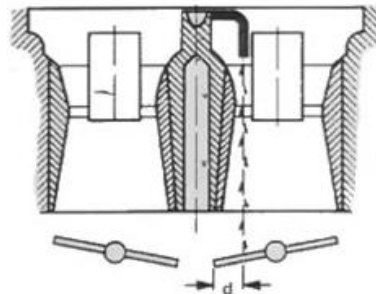


Figura 1.11 Orientación del chorro de inyección
Fuente: [6]

Esta cantidad de combustible inyectado por la bomba puede variar de acuerdo al recorrido de la membrana de la misma. Para esto simplemente es necesario manipular la varilla de mando (1) que controla la tuerca de ajuste (2) que mantiene solidario el accionamiento de la bomba y la mariposa.

Para realizar la calibración de la bomba empujaremos hasta el fin de carrera la palanca de mando, es aquí donde se dará el despegue de su varilla de control (1) con relación a la tuerca (2). En este punto, la distancia que se recorrió de apertura de la mariposa de gases debe ser la dada por el fabricante.

Para proceder a realizar la medida se utilizará una varilla calibrada, ya que por facilidad y seguridad, poseen calibres normalizados que son fáciles de emplear; se debe buscar aquella que posea la medida apropiada.

Para la verificación se mide la distancia existente entre la pared del colector de aire y la mariposa de gases, tomando en cuenta que la posición será por el lado donde se sitúa la bomba y perpendicular al eje de rotación de la mariposa. (Figura 1.12).

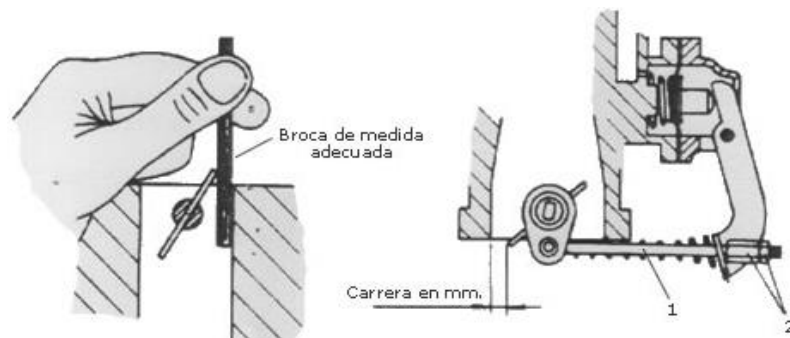


Figura 1.12 Medida y reglaje de la bomba de aceleración
Fuente: [6]

- e) **Pre-reglaje de ralentí:** Antes de colocar el carburador sobre el motor siempre se recomienda apretar los tornillos de calibración de ralentí para ayudar a que el motor pueda arrancar aunque no se haya calibrado el reglaje de ralentí. Todo esto se debe a que si el carburador está desajustado no va a arrancar de ninguna manera. Esto lo hacemos dejando la mariposa de gases ligeramente abierta, al trabajar sobre su tornillo de calibración apretándole a tope y luego aflojándolo 2 vueltas [3].
- f) **Reglaje de ralentí:** Una vez que tenemos colocado el carburador en el motor lo haremos funcionar para realizar el ajuste del ralentí; que básicamente consiste en brindar al motor una velocidad de rotación adecuada mediante el tornillo de regulación tope de mariposa o tornillo de volumen (Z) y una riqueza de mezcla conveniente mediante el tornillo de regulación de riqueza (W). El reglaje correcto se logrará ajustando a la par ambos tornillos hasta llegar a la calibración deseada (Figura 1.13).

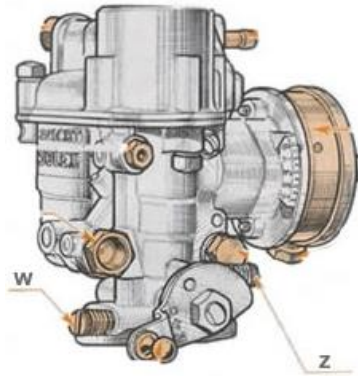


Figura 1.13 Tornillos de regulación
Fuente: [6]

Antes de realizar esta calibración de deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- En el caso de motores que posean un sistema automático de arranque en frío hay que accionar y soltar el pedal del acelerador una sola vez antes de hacerlo funcionar.
- Se debe calentar el motor hasta alcanzar una temperatura aproximada de 85 °C.
- Verificar que el sistema de encendido y el filtro de aire estén perfectamente montados [6].

La ubicación de los tornillos para la calibración de ralentí depende del carburador que tengamos, pero son fáciles de identificar. El reglaje de ralentí puede ser realizado mediante la ayuda de un tacómetro siguiendo los siguientes pasos:

- Ajustar el tornillo de tope de mariposa como se muestra en la figura 1.14 para que el giro del motor alcance el valor que se especifica por el fabricante.

- Lograr un aumento progresivo del régimen del giro, esto se logra al actuar sobre el tornillo de riqueza de la mezcla.
- Manipular el tornillo de volumen para reajustar el giro al valor deseado [6].

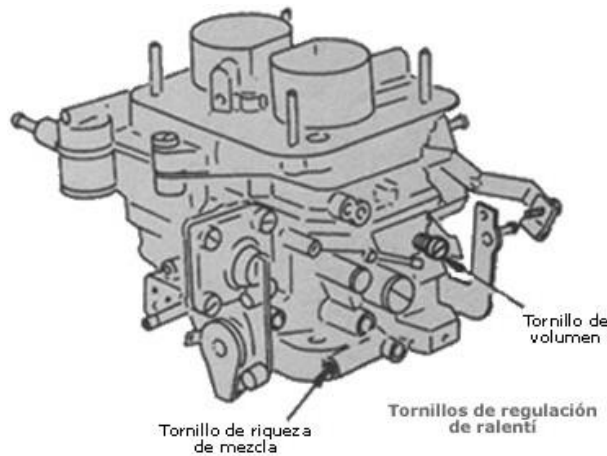


Figura 1.14 Tornillos de reglaje de ralentí
Fuente: [6]

1.8. POLUCIÓN Y GASES CONTAMINANTES

Un automóvil desprende a la atmósfera grandes cantidades de compuestos como son los hidrocarburos no quemados (HC) y el monóxido de carbono (CO) que en su gran parte son contaminantes y dañinas para la salud. Un automóvil emite tres tipos de poluciones contaminantes como son: gases del cárter, gases del escape y vapores de gasolina.

De entre las tres fuentes de polución mencionadas anteriormente, el que se elige para nuestro caso es el de gases de escape ya que dependen de la temperatura, la presión, la homogeneidad de las mezclas, el estado funcional del motor, etc.; siendo estos los responsables de los procesos de combustión, debido a que si el combustible es quemado por completo en todas las etapas de funcionamiento, estas emisiones son mínimas.

Se sabe que el proceso de combustión no se da de manera completa en ninguna de las condiciones del funcionamiento del motor. Como resultado de esto tenemos vapores de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2) y nitrógeno (N_2), siendo no dañinos para la salud. En los de escape se pueden citar los antes mencionados hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y plomo (Pb), que aunque se emitan en pequeñas cantidades son peligrosos para la salud.

El monóxido de carbono (CO) se genera por una combustión incompleta y se aumenta considerablemente con mezclas ricas en las cuales se da un despilfarro de combustible por la poca presencia de oxígeno en la combustión.

Los hidrocarburos (HC) son provenientes de la falta de oxígeno durante la combustión, es decir, durante una mezcla rica, o durante velocidades de inflamación muy bajas, es decir, en mezclas pobres.

El nitrógeno es un gas inerte pero al estar sometido a grandes temperaturas algunas de sus partículas pueden combinarse con el oxígeno formando el NO_x que son tóxicos bajo efectos de rayos solares pudiendo convertirse en ácido nítrico (NO_3H) [7].

Por otro lado, cabe señalar que el plomo prácticamente está desapareciendo de los combustibles ya que su único fin era el de aumentar la capacidad antidetonante de los mismos.

Uno de los principales momentos en los que el motor emite una gran cantidad de óxidos de carbono e hidrocarburos es durante los arranques en frío ya que el motor trabaja con mezclas ricas para compensar las condensaciones del combustible.

De acuerdo a la normativa de antipolución, la manera más adecuada de calibrar el ralentí de un vehículo, es mediante el uso de un dispositivo llamado analizador de gases de escape automotriz, que gracias a su composición interna es capaz de analizar y brindar una medición del volumen de CO que emiten los autos.

Con la ayuda de este equipo, el proceso de calibración de ralentí queda simplificado a manipular los tornillos de riqueza de ralentí de modo que la cantidad presente de CO sea inferior a un 3% en todos los casos; como se puede ver en la figura 1.15 [3].

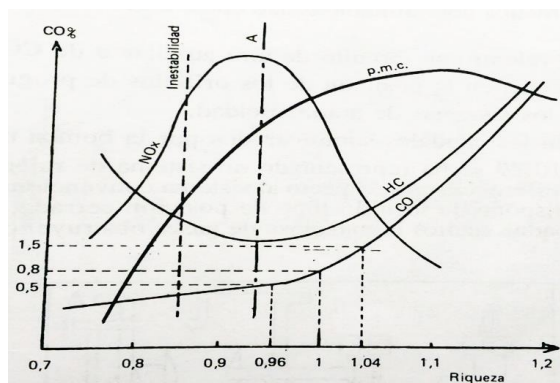


Figura 1.15 Gráfica de los gases de escape
Fuente: [3]

CAPITULO 2

2. DISEÑO DEL MECANISMO CONTROLADOR DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN DEL CARBURADOR

Este capítulo muestra las consideraciones a tomar en cuenta al momento de realizar el mecanismo controlador de la mariposa de aceleración. Los materiales que se usarán y las características que tiene cada uno para saber su comportamiento al momento de montar el mecanismo en el motor y garantizar su correcto funcionamiento.

2.1. SELECCIÓN DEL SERVOMOTOR

Para seleccionar el servomotor lo primero que se debe conocer es el torque que vamos a necesitar, el torque viene expresado en kilogramos por centímetro, así que se mide la fuerza que se necesita para mover la aleta de aceleración con la ayuda de una balanza de mano. Como se puede ver en la figura 2.1.



Figura 2.1 Balanza de mano
Fuente: Autores.

Se sujeta la balanza a la mariposa de aceleración y se lleva a tope para ver la fuerza requerida para acelerar totalmente el carburador (Figura 2.2).



Figura 2.2 Fuerza requerida para mover la mariposa de aceleración
Fuente: Autores.

La fuerza obtenida es de 2,5 kg aproximadamente, ahora para obtener el torque se mide la distancia existente entre el punto donde se va a aplicar la fuerza y el centro de rotación (Figura 2.3).

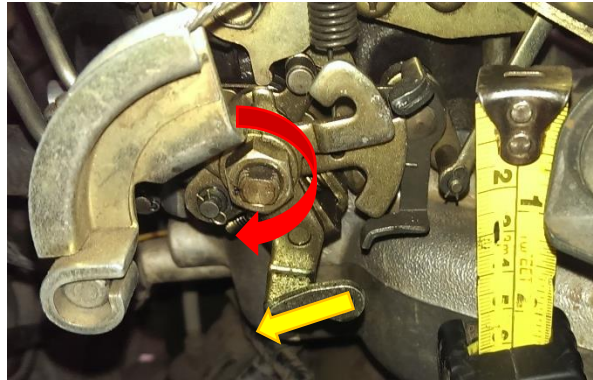


Figura 2.3 Distancia entre la fuerza aplicada y el centro de rotación
Fuente: Autores.

El brazo es de aproximadamente 2 cm de largo, por lo tanto el torque que requerimos para mover la mariposa de aceleración en su totalidad se aprecia en la ecuación 1:

$$T = F \cdot d = (2,5 \text{ kg})(2 \text{ cm}) = 5 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad (1)$$

Con este dato, se busca un servomotor que ofrezca ese torque, en nuestro caso seleccionamos el Tower Pro MG995 (Figura 2.4), que puede entregar un torque de hasta 10 Kg x cm.



Figura 2.4 Servomotor seleccionado
Fuente: Autores.

A continuación se muestra una tabla con sus características técnicas:

Tabla 2.1 Características técnicas del servomotor Tower Pro MG995
Fuente: [8]

Dimensiones	40,6 mm x 19,8 mm x 42,9 mm
Tipo de engranaje	Metal
Peso	55 gr.
Torque	10 kg x cm
Corriente de servicio	100 mA
Voltaje de alimentación	3 - 7,2 V
Ángulo de giro	180°
Ancho de pulso mínimo	1000 μs
Ancho de pulso máximo	2000 μs

2.2. DISEÑO DE LA BASE DE SUJECCIÓN PARA EL SERVOMOTOR

El propósito de esta base es sujetar el servomotor firmemente para que pueda mover la mariposa de aceleración y de esta manera controlar el arranque en frío y post-arranque del vehículo.

La base debe cumplir con las siguientes consideraciones:

- ✓ No presentar aristas vivas.
- ✓ Estar hecha de un material que pueda soportar altas temperaturas y esfuerzos de torsión.
- ✓ No interferir con los tornillos para el reglaje del carburador.
- ✓ No interferir con el varillaje del carburador.
- ✓ Paralelismo del servomotor con la mariposa de aceleración.

Los diseños se realizaron principalmente en papel por su fácil manipulación, para luego pasarlos a cartón prensado y finalmente a una lámina de aluminio que fue nuestro molde definitivo, con esto se comprobará que la base no interfiera con ningún elemento cuando esté montada.

Nuestra primera alternativa fue sujetarlo en la placa del alternador como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5 Placa del alternador
Fuente: Autores.

Se procedió a la toma de las medidas para determinar el espacio disponible que se tendría para nuestra base, esto se aprecia en la figura 2.6, se tomaron medidas tanto de largo (A) como de alto (B).

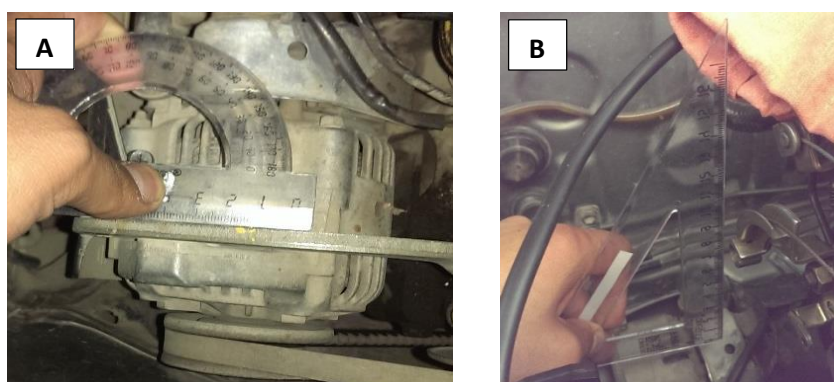


Figura 2.6 Medida del largo y alto para la base
Fuente: Autores.

Finalizado esto se procedió a su diseño en papel como se muestra en la figura 2.7.

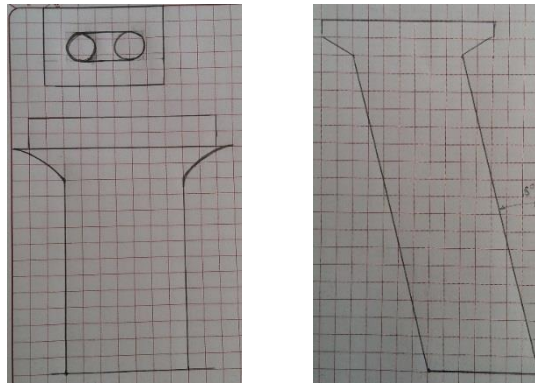


Figura 2.7 Diseño de la primera base en papel
Fuente: Autores.

Luego se procedió a cortarlo y armarlo para obtener un molde tentativo, el mismo se aprecia en figura 2.8.

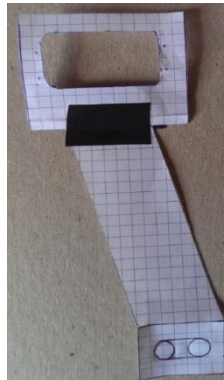


Figura 2.8 Modelo finalizado de la primera base en papel
Fuente: Autores.

Paso seguido se procedió a colocar el molde en el lugar correspondiente que es el alternador (Figura 2.9).



Figura 2.9 Prueba del modelo
Fuente: Autores.

Una vez probado el diseño en papel se realizó un nuevo molde en cartón prensado (Figura 2.10) y una vez armado se lo coloca nuevamente en su posición de funcionamiento.

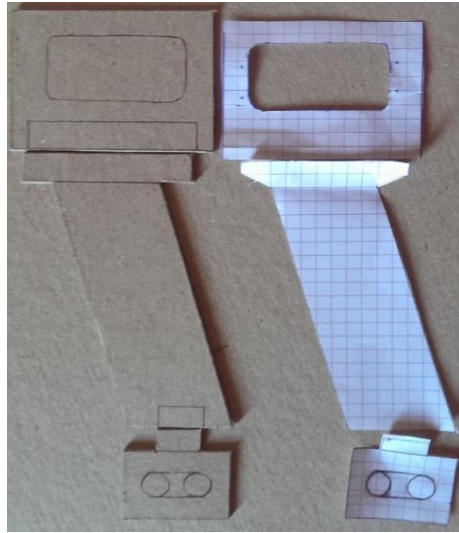


Figura 2.10 Diseño en cartón prensado de la primera base
Fuente: Autores.

Al final del proceso encontramos un inconveniente, si en algún momento se necesita dar mantenimiento al alternador o a alguno de los elementos solidarios a éste, nuestra base puede interferir en este proceso, por lo tanto fue descartada.

Como segunda alternativa se decidió colocar nuestra base de sujeción en la base del carburador. Para esto se tomaron las medidas del empaque de la base del carburador para realizar un molde del mismo (Figura 2.11).

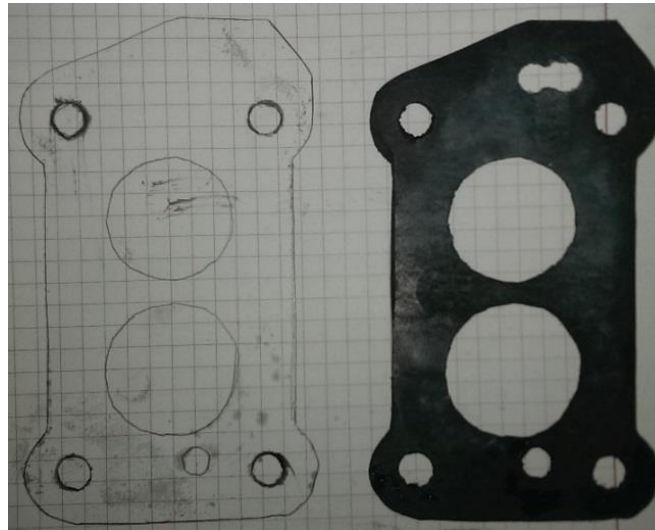


Figura 2.11 Toma de medidas del empaque del carburador
Fuente: Autores.

Una vez obtenidas las medidas del empaque se procede a dibujarlo con la ayuda del software AutoCAD (Figura 2.12) para poder tener una plantilla que sea modificable de acuerdo a las necesidades. Al imprimir esta plantilla en papel se van puliendo los

detalles para que el diseño final de la base no interfiera con ninguno de los conductos del carburador y no afecte su funcionamiento.

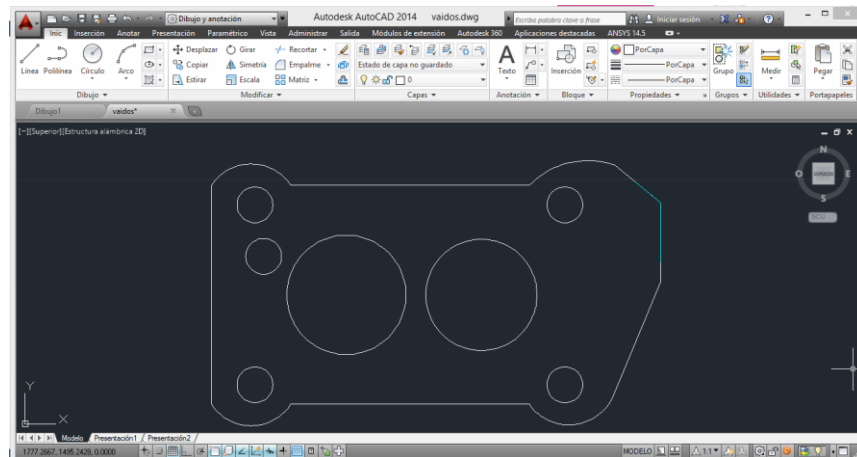


Figura 2.12 Diseño de la plantilla del empaque en AutoCad

Fuente: Autores.

Ahora ubicamos al servomotor de tal manera que quede colineal con la mariposa de aceleración y paralela a esta (Figura 2.13), tomamos las medidas de su posición actual y realizamos un soporte.



Figura 2.13 Medida de la posición del servomotor

Fuente: Autores.

Después se realiza un molde de papel que vaya desde la base del carburador hasta donde vamos a ubicar al servomotor (Figura 2.14).



Figura 2.14 Molde de papel para la ubicación del servomotor

Fuente: Autores.

Recortamos el área del papel que golpea con la aleta de aceleración ya que interfiere con el funcionamiento normal del carburador (Figura 2.15).

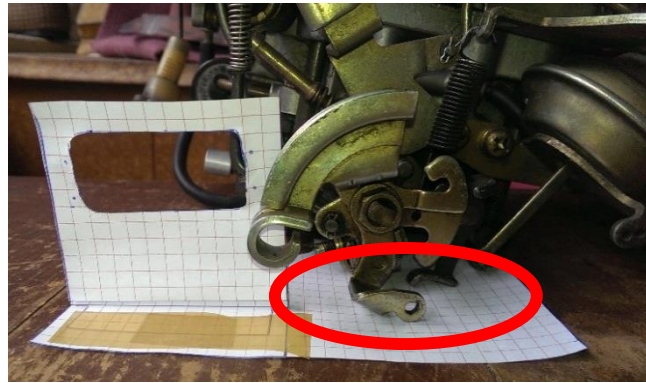


Figura 2.15 Área de interferencia con la mariposa de aceleración
Fuente: Autores.

De igual manera se verificó que la plantilla que realizamos no interfiera con otros elementos del carburador, tales como el tornillo de regulación de CO (Figura 2.16-A) y la manguera del sistema de refrigeración (Figura 2.16-B).

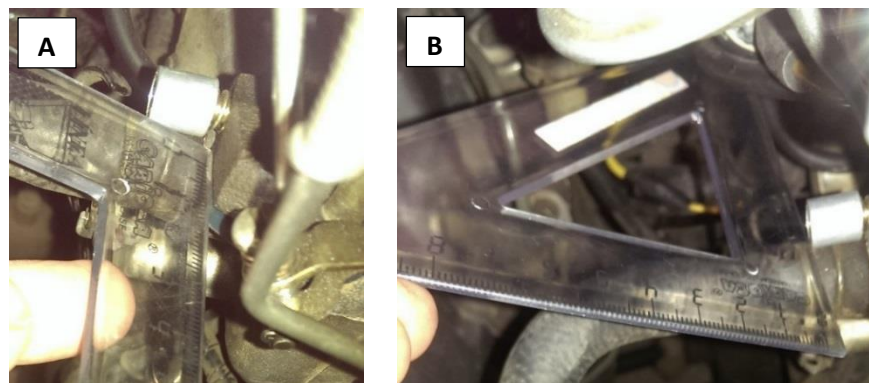


Figura 2.16 Zonas de interferencia en la parte posterior del carburador
Fuente: Autores.

Finalmente se procedió a la medición de la inclinación que debía tener el soporte de la base, dándonos un resultado de 45 grados aproximadamente (valor que podría variar en el modelo final), con estos datos generamos un nuevo molde en papel (Figura 2.17).



Figura 2.17 Diseño de la segunda base en papel
Fuente: Autores.

El nuevo diseño fue funcional por lo tanto se procedió a realizarlo en cartón prensado (Figura 2.18).



Figura 2.18 Modelo de la segunda base en cartón prensado
Fuente: Autores.

Con este modelo se procede a medir el ángulo real que debe tener la base, el soporte que se realizó permitía variar el ángulo a nuestra voluntad para de esta manera determinar el valor exacto del mismo (Figura 2.19).



Figura 2.19 Inclinación variable del soporte
Fuente: Autores.

Luego de esto se diseñó la placa en latón por ser un material que nos permite corregir errores del diseño antes de construir el prototipo valido (Figura 2.20).



Figura 2.20 Modelo de la segunda base en latón
Fuente: Autores.

Se coloca el diseño en la base del carburador para observar si tiene el comportamiento deseado. El montaje se muestra a continuación (Figura 2.21).



Figura 2.21 Prueba del modelo en el carburador
Fuente: Autores.

Paso seguido se colocó el servomotor para analizar si su giro era el correcto y si no había rozos con el varillaje (Figura 2.22).



Figura 2.22 Prueba de giro del servomotor
Fuente: Autores.

La base en este material soportó el torque que generó el servomotor para girar la mariposa de aceleración, sin embargo el material se fatigó después de poco tiempo. Para la construcción de la placa final se corregirán los siguientes errores:

- Eliminar las aristas vivas redondeando las puntas.
- Modificar el ángulo de inclinación de 45 a 54 grados.
- El soporte del servomotor se cambiará de posición de la parte superior a la inferior.
- El material de la base debe tener un espesor mayor para soportar el giro del servomotor sin ceder.

2.3. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA BASE

Luego del proceso de análisis para la determinación del modelo de la placa, se procedió a la elección del material de la misma; se escogió el Acero Estructural ASTM A36.

El acero A36 es una aleación de acero al carbono de propósito general, de buena soldabilidad, adecuado para la fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras

remachadas, y atornilladas, bases de columnas, piezas para puentes y depósitos de combustibles.

La denominación A36 fue establecida por la sociedad americana para pruebas y materiales o más conocida como ASTM (American Society for Testing and Materials).

A continuación detallamos la composición química del acero en cuestión:

Tabla 2.2 Composición química del acero ASTM A36

Fuente: [9]

Composición química				
% C	% Mn	% Si	% P	% S
≤ 0.28	0.60 – 0.90	≤ 0.40	≤ 0.04	≤ 0.05

Las propiedades mecánicas del acero son:

Tabla 2.3 Propiedades mecánicas del acero ASTM A36

Fuente: [9]

Propiedades mecánicas				
Esfuerzo de fluencia		Esfuerzo tracción (kg/mm²)		Elongación
(Kg/mm²)	MPa	(Kg/mm²)	MPa	%
25.5 (mín.)	250(mín.)	40.8 (mín.)	400 (mín.)	20 (mín.)

En la siguiente tabla se observan algunas otras propiedades que consideramos importantes, las cuales se tomaran en cuenta para la simulación de nuestro elemento.

Tabla 2.4 Otras propiedades del acero ASTM A36

Fuente: [10]

Propiedad	Valor	Unidad
Densidad	7850	Kg/m ³
Módulo de elasticidad	29 000	Ksi
Punto de fusión	1538	°C
Módulo de Young	207	GPa
Coeficiente de Dilatación	11.7	°C ⁻¹ 10 ⁻⁶
Conductividad Térmica	52	W/m°C
Coeficiente de poisson	0.3	-----

El tipo de suministro que escogimos para nuestro material es de tipo platina con un espesor de 4mm.

En conclusión se escogió este tipo de acero por ser el más común en nuestro país y por sus variadas presentaciones.

2.4. SIMULACIÓN DE DEFORMACIÓN DE LA BASE

Es muy recomendable hacer este tipo de simulaciones ya que nos permite saber si el material va a resistir el esfuerzo que se le va a aplicar o no y en caso de ser necesario nos permite hacer las pruebas con otros materiales para saber cuál nos conviene.

Se comienza por realizar el diseño de la base en el software SolidWorks (Figura 2.23).

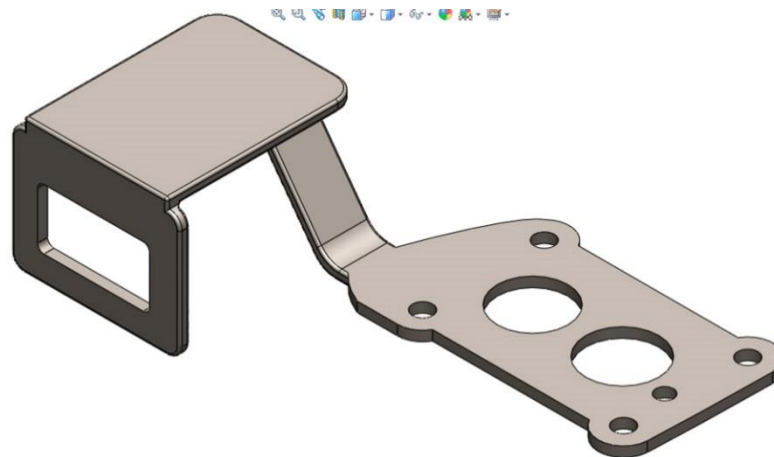


Figura 2.23 Diseño de la base en SolidWorks

Fuente: Autores.

Buscamos el material deseado en la librería de SolidWorks y aplicamos, para nuestro caso es el acero ASTM A36, se observa que las propiedades coinciden con las que se mencionaron en el apartado anterior (Figura 2.24).

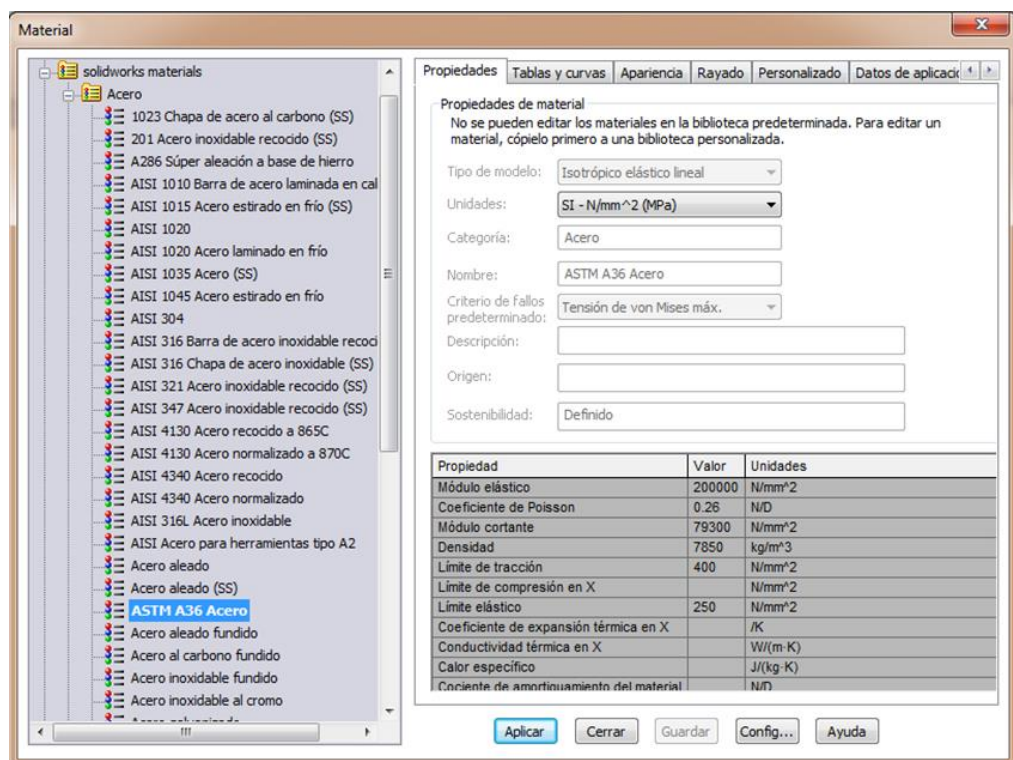


Figura 2.24 Propiedades del acero ASTM A36 en SolidWorks

Fuente: Autores.

Ahora le indicamos al programa que partes de la pieza son fijas, en nuestro caso es el asiento (Figura 2.25).

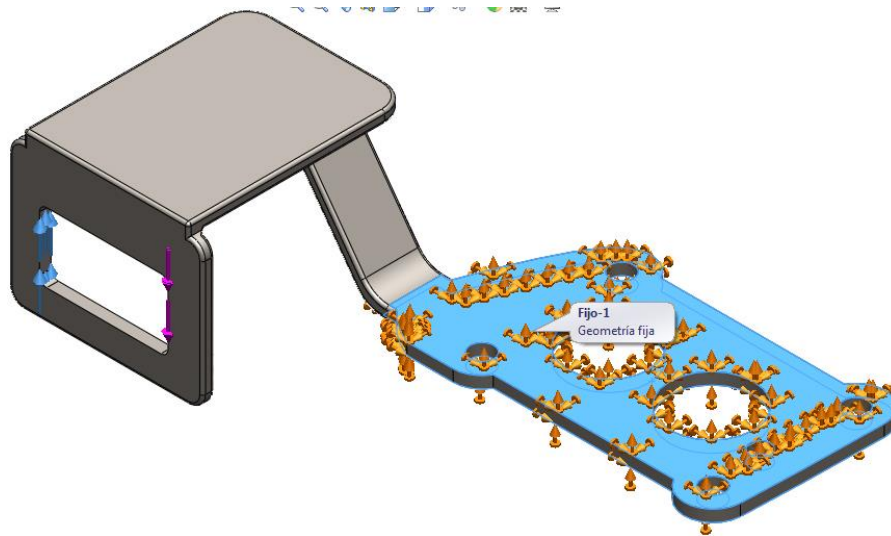


Figura 2.25 Zona fija de la pieza
Fuente: Autores.

La torsión que se va a aplicar es de 5 kg x cm tal y cómo se resolvió en la ecuación 1, sin embargo, para realizar la simulación con este método se requiere de una cara de referencia sobre la cual se dé la rotación, por lo tanto, para obtener un mejor resultado se descompuso el momento en dos fuerzas de reacción de 1,13 kgf. ubicadas a los extremos de la zona donde se ubica el servomotor (Figura 2.26).

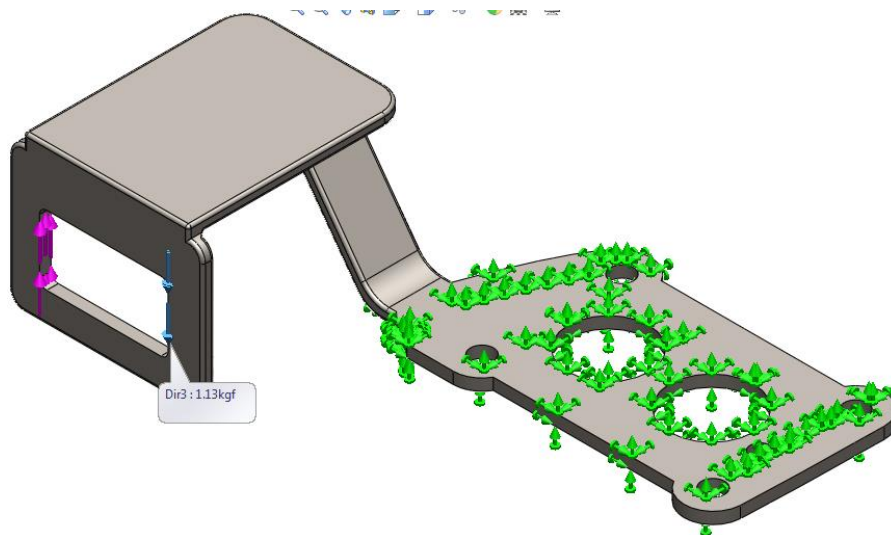


Figura 2.26 Fuerzas de reacción aplicadas
Fuente: Autores.

También se someterá el asiento de la base a temperatura, esto debido a que el carburador se calienta al estar en contacto directo con el motor a través del múltiple de admisión, para esto se toma una muestra de la temperatura con la ayuda de un pirómetro, se observa que alcanza los 71,4 °C aproximadamente (Figura 2.27).



Figura 2.27 Temperatura del carburador con el motor caliente
Fuente: Autores.

Para la simulación se intentó usar una temperatura de 90 °C, sin embargo el material no disponía de la conductividad térmica y no nos permitía modificarla manualmente, motivo por el cuál no se pudo realizar el ensayo con este dato.

Se procede a dejar que el programa realice los cálculos pertinentes, los resultados que nos entrega son: tensiones, desplazamientos y deformaciones unitarias.

Comenzaremos analizando las tensiones cuya unidad viene expresada en N/m^2 , cómo se puede observar en la figura 2.28, las tensiones más notables se encuentran en el soporte inclinado, sin embargo tienen un color verde, lo que es un claro indicador de que el elemento va a soportar ya que el límite elástico del material es de 250000000 N/m^2 y la tensión máxima a la que se está sometiendo está alrededor de los 11518812 N/m^2 , en otras palabras, la tensión máxima que se presenta resulta ser apenas el 5% de lo que en verdad soporta nuestro material.

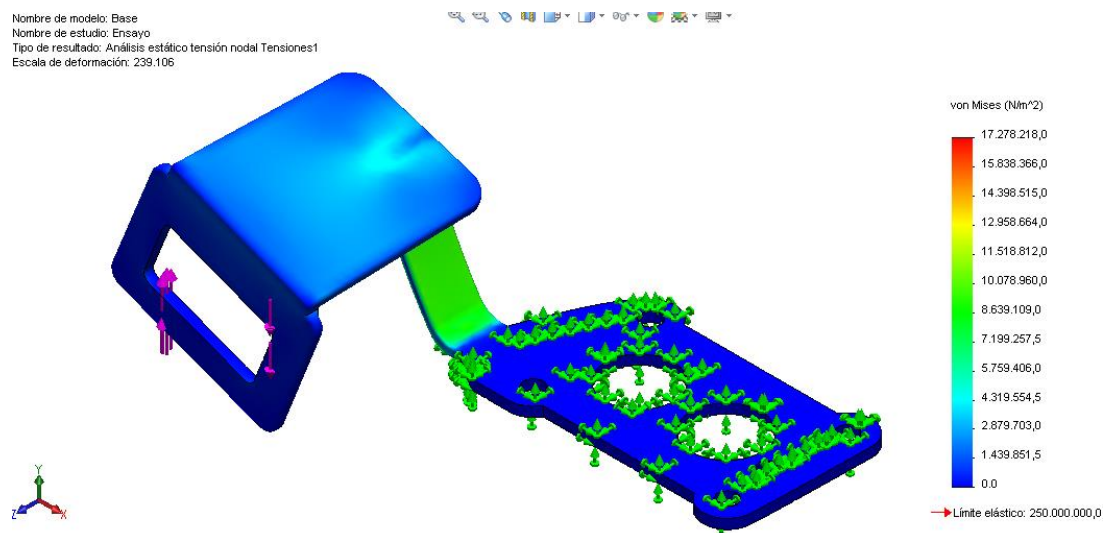


Figura 2.28 Simulación de tensiones
Fuente: Autores.

Lo siguiente en analizar son los desplazamientos cuya unidad viene expresada en mm (Figura 2.29), el color azul representa un desplazamiento de 0,001 mm y el color rojo representa un desplazamiento de 0,09275 mm, se puede observar que el mayor desplazamiento se encuentra en el borde externo lateral izquierdo de la zona donde va a ir ubicado el servomotor, sin embargo es un desplazamiento que no ocasionaría una deformación permanente en la pieza.

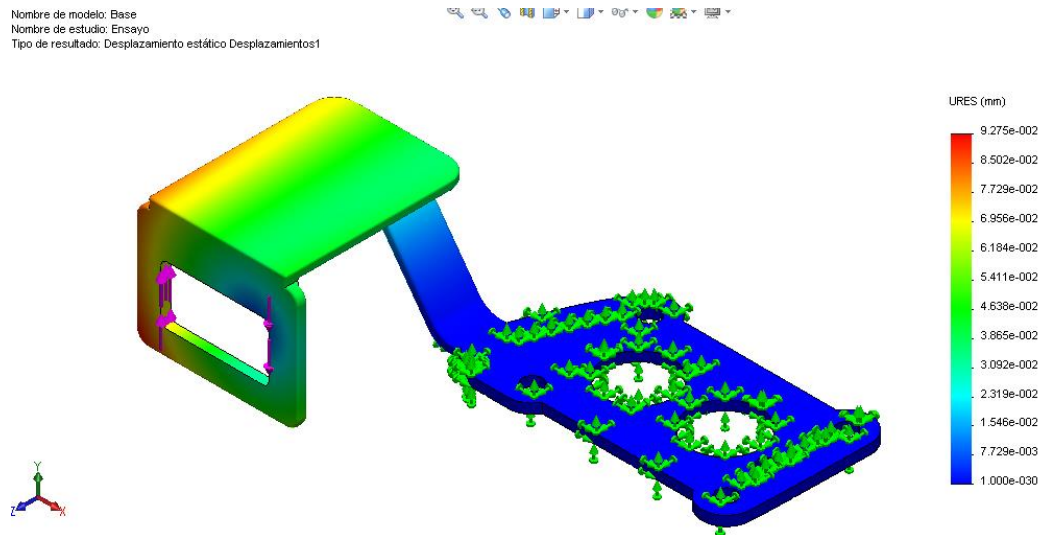


Figura 2.29 Simulación de desplazamientos
Fuente: Autores.

Finalmente se analizarán las deformaciones unitarias equivalentes (Figura 2.30), éstas son adimensionales así que nos guiaremos solamente por el código de colores, el azul representa 0 y el rojo 0,0000403; se puede observar que la mayor cantidad de deformaciones se encuentran en el soporte inclinado, sin embargo son de color amarillo por lo tanto la pieza va a soportar dichas deformaciones sin problema.

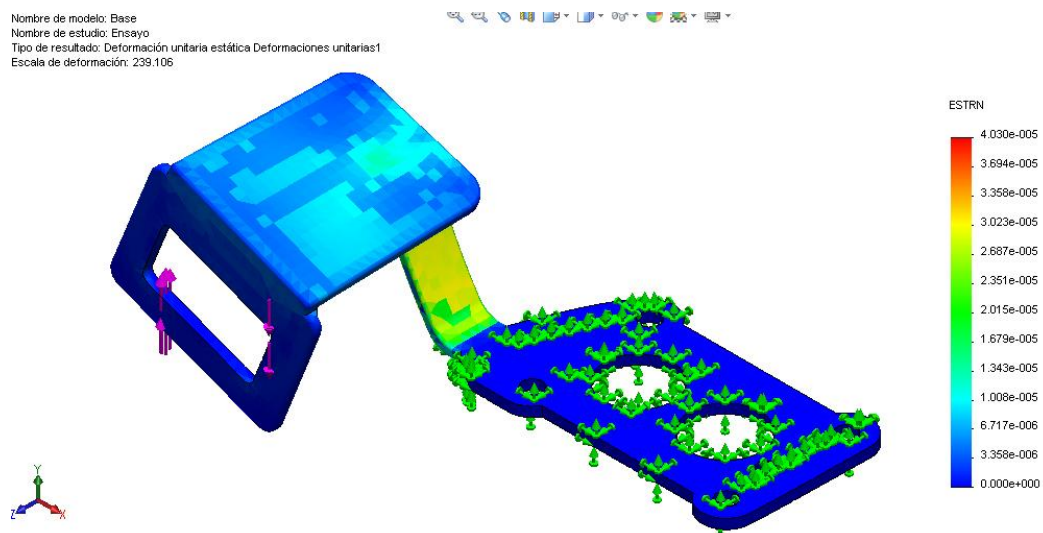


Figura 2.30 Simulación de deformaciones unitarias equivalentes
Fuente: Autores.

Una vez terminadas las simulaciones se puede garantizar que la base va a soportar los esfuerzos a los que se le va a someter ya que las fuerzas reales que se le van a aplicar a la pieza son menores a las que establecimos.

La base una vez fabricada tendría el siguiente aspecto (Figura 2.31).

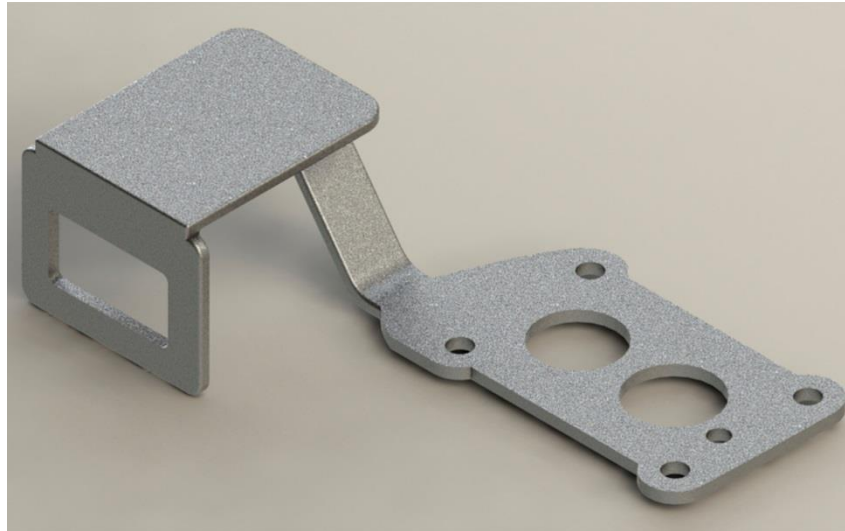


Figura 2.31 Base renderizada en SolidWorks
Fuente: Autores.

2.5. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SERVOMOTOR EN LA BASE

Luego de haber elegido el material que vamos a emplear en nuestra base y el modelo que nos va servir para el trabajo se procedió a construirlo, en la figura 2.32-A se muestra la vista superior de la base y en la figura 2.32-B se muestra la vista lateral.

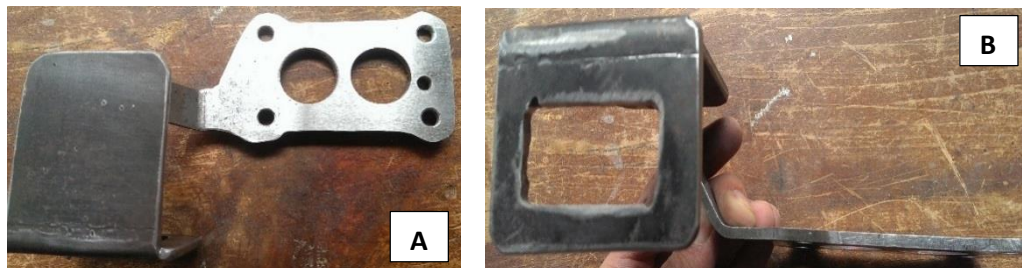


Figura 2.32 Vista superior y lateral de la base
Fuente: Autores.

Ahora se procedió a colocar el servomotor en la placa, como se muestra en la figura 2.33. Donde la parte A es el proceso de marcar los agujeros para colocar los tornillos que sujetaran el servomotor a la base; mientras que la parte B muestra ya el servomotor colocado en la base y rellenado de silicón para amortiguar las vibraciones.

Se ocupó silicón debido a que es un material plástico y posee una temperatura de fundición inicial de 100 °C [11], por lo que resiste perfectamente la temperatura del carburador.

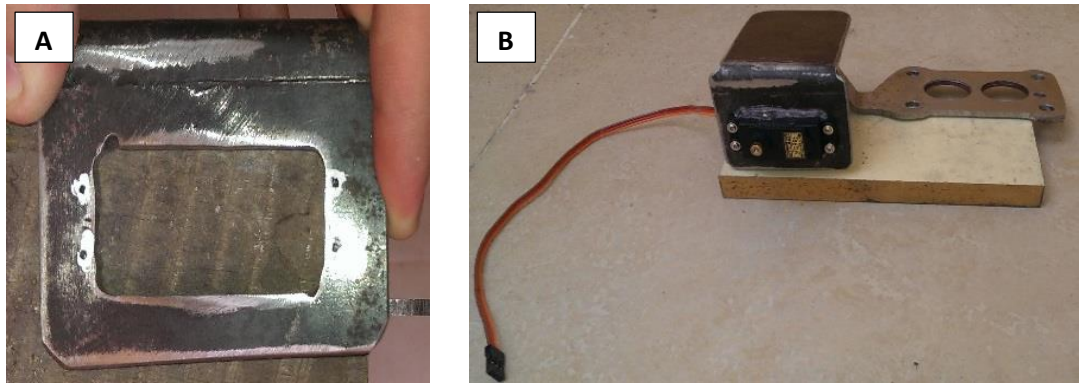


Figura 2.33 Servomotor colocado en la placa
Fuente: Autores.

Cubriremos la zona que quedará expuesta con pintura anticorrosiva como se muestra en la figura 2.34.

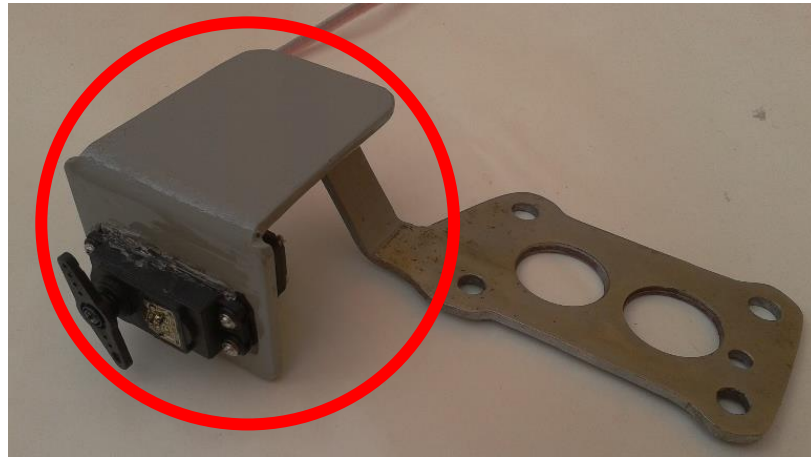


Figura 2.34 Zona expuesta de la base pintada
Fuente: Autores.

Para montar la base en su posición de trabajo se emplearan dos empaques (Figura 2.35) debido a que hay dos superficies que se deben sellar, una entre la base y el carburador y otra entre la base y el múltiple de admisión.



Figura 2.35 Empaques para la base
Fuente: Autores.

Para sujetar el servomotor a la mariposa de aceleración se empleará un cable flexible para que no interfiera cuando el piloto accione el acelerador, el cable utilizado es de acero inoxidable (Figura 2.36).



Figura 2.36 Cable de unión para el servomotor con la mariposa
Fuente: Autores.

Los elementos que permitirán la unión del cable con el servomotor y con la mariposa de aceleración son los “prisioneros” (Figura 2.37). El cable ingresa por el agujero que se encuentra en la mitad del cuerpo y se lo aprieta mediante un tornillo.



Figura 2.37 Prisionero
Fuente: Autores.

Una vez que el cable esté sujeto al servomotor y a la mariposa de aceleración con los prisioneros, se doblaran sus puntas para evitar que se suelte (Figura 2.38).



Figura 2.38 Punta del cable doblada
Fuente: Autores.

Las medidas de la base construida con sus respectivos ajustes se presentarán en planos que se encontrarán en los anexos de éste documento. Dichos planos se realizaron con la ayuda del software Inventor.

CAPITULO 3

3. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DE LA MARIPOSA DE ACELERACIÓN

En el presente capítulo mostraremos la programación y los circuitos eléctricos que se usarán para comandar el mecanismo que controlará la mariposa de aceleración. Utilizaremos cuatro tipos de softwares, cada uno con diferente propósito, los mismos que los numeramos a continuación:

- Arduino 1.0.5 para la programación del microcontrolador Atmel ATmega328P.
- NI Multisim 12 y Livewire para la simulación de los circuitos.
- Fritzing 2014 para el diseño de los circuitos en el protoboard.
- PCB Wizard para el diseño de la placa impresa.

La programación se realizará en función de un sensor de temperatura, de acuerdo a esto un servomotor girará la mariposa de aceleración un determinado ángulo para mantener el vehículo acelerado hasta que el vehículo se caliente.

3.1. PROGRAMACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

El vehículo tiene un sensor de temperatura conocido como termo switch, el mismo que emite una señal que para ser leída por el multímetro debe pasar a través de un partidor de tensión. El esquema eléctrico del circuito se realizó en Multisim 12 ya que presenta una librería con gran cantidad de elementos y se presenta en la figura 3.1.

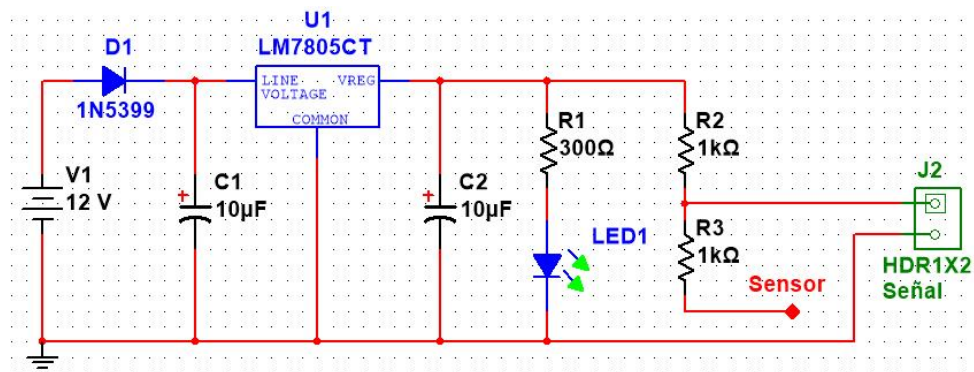


Figura 3.1 Partidor de tensión para el termo switch (Multisim 12)
Fuente: Autores.

Lo siguiente es armar el circuito en un protoboard para verificar su buen funcionamiento, el software Fritzing nos permite realizar una distribución tentativa de los elementos en un protoboard virtual antes de proceder a armar el real (Figura 3.2)

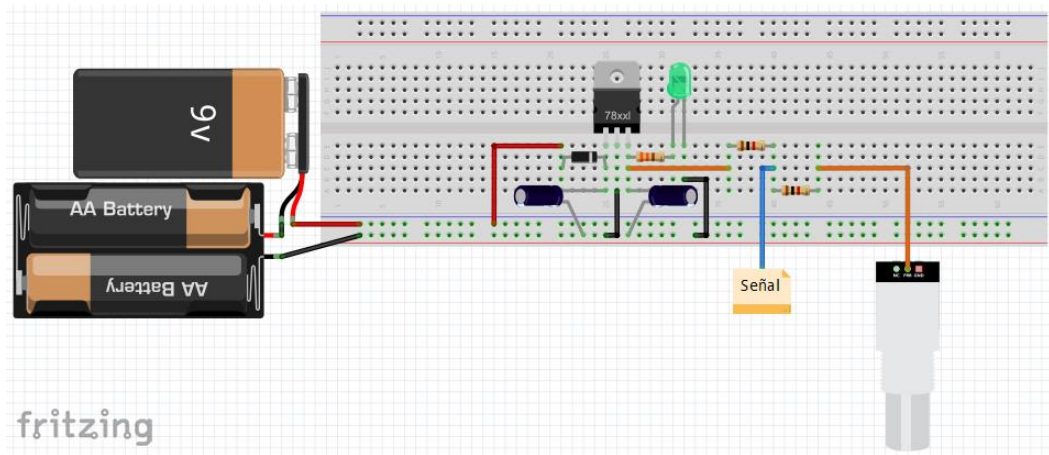


Figura 3.2 Partidor de tensión para el termo switch (Fritzing 2014)
Fuente: Autores.

El flujo de corriente se puede apreciar de una mejor manera en el software Livewire (Figura 3.3).

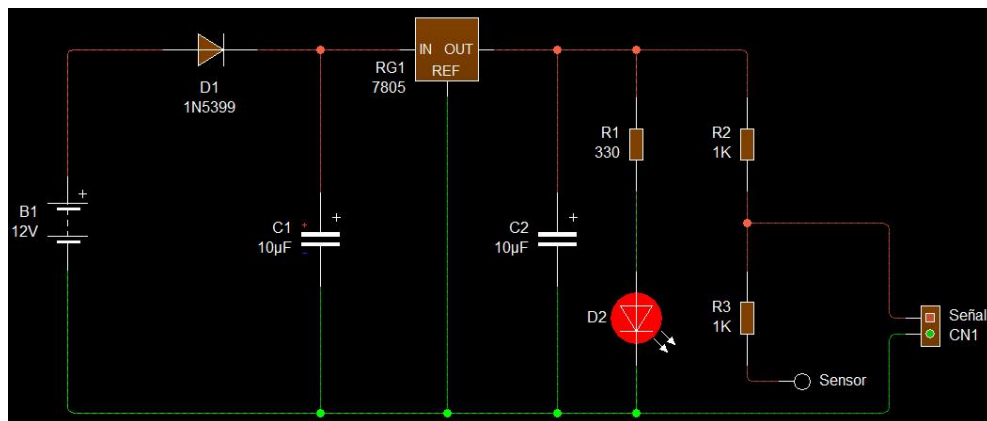


Figura 3.3 Flujo de corriente del partidor de tensión (Livewire)
Fuente: Autores.

Cabe recalcar que el sensor hace tierra en su propia carcasa, por ese motivo es que solo tomamos una alimentación de 5V para el sensor. El circuito armado en el protoboard funciona correctamente, pero la señal del sensor solo marca dos voltajes, uno cuando está frío que es de 2,95 V, y otro cuando está caliente que es de 2,57 V (Figura 3.4).



Figura 3.4 Voltaje del termo switch con el motor frío y caliente respectivamente
Fuente: Autores.

Por este motivo existe la necesidad de crear un sensor de temperatura para que comande el servomotor. Para esto utilizaremos un LM35, este sensor puede medir temperaturas de entre $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ si se lo conecta correctamente, la distribución de pines se aprecia en la figura 3.5.

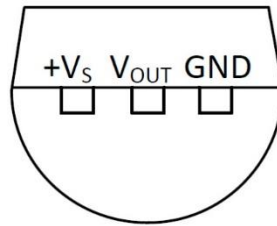


Figura 3.5 Distribución de pines según el datasheet
Fuente: [12].

Por lo tanto el orden de conexión del sensor será el siguiente (Figura 3.6).

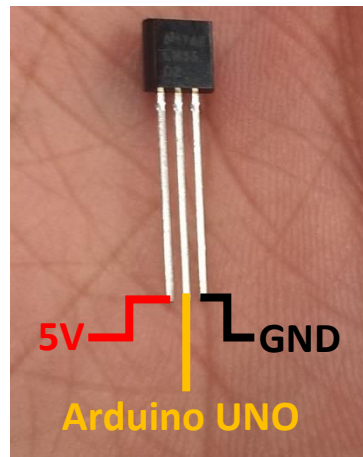


Figura 3.6 Distribución de pines de nuestro LM35
Fuente: Autores.

Este sensor mide 10 mV por cada grado centígrado, esto quiere decir que si en la señal del LM35 se encuentran 300 mV la temperatura ambiente será $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Como ya se mencionó antes el sensor mide desde $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que nos daría una señal de -550 mV , hasta $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que nos daría una señal de 1500 mV. Se mide la temperatura a la cual el ventilador se enciende, la muestra se toma en el múltiple de admisión y está entre los 60 y $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 3.7). Por lo tanto este sensor es perfecto para nuestra aplicación.



Figura 3.7 Temperatura externa a la que se enciende el ventilador
Fuente: Autores.

Procederemos a realizar una programación en Arduino UNO para comprobar que el sensor funciona correctamente, por lo que a continuación se muestra la conexión en Fritzing 2014 (Figura 3.8) ya que los demás programas no tienen el Arduino UNO en sus librerías.

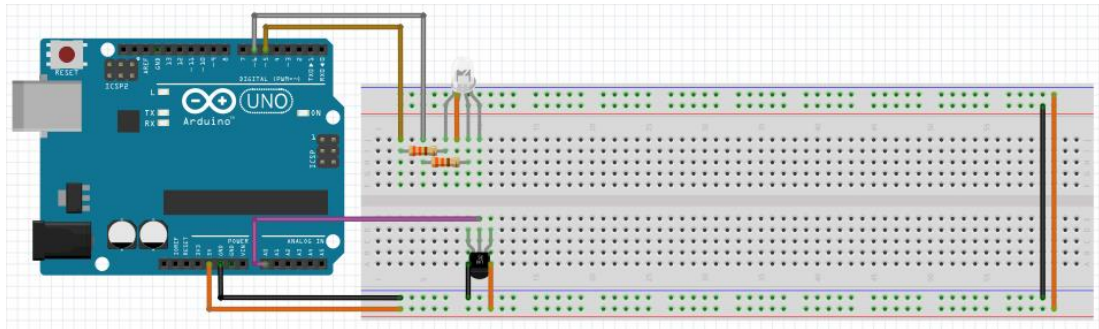


Figura 3.8 Conexión del LM35 al Arduino UNO (Fritzing 2014)

Fuente: Autores.

La programación de Arduino UNO se realizará en el software libre Arduino 1.0.5 cuya pantalla de inicio se muestra en la figura 3.9, dicho programa se puede descargar directamente de la página oficial de Arduino y es totalmente gratuito.

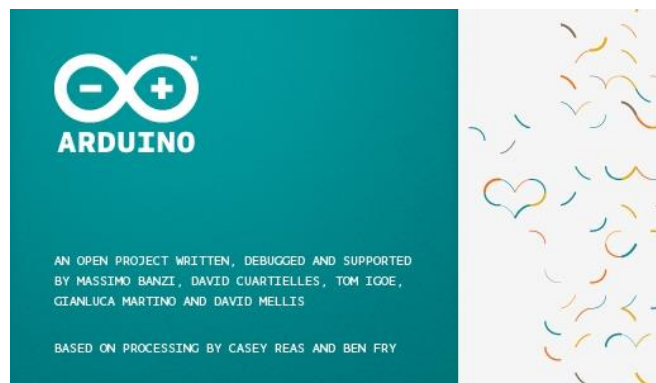


Figura 3.9 Software de programación de Arduino UNO

Fuente: Autores.

Se puede observar en la conexión que se ha añadido un LED RGB de tipo ánodo común el mismo que nos servirá como indicador. Cuando la temperatura esté en el rango mínimo que establezcamos, este LED se tornará de color azul y cuando la temperatura esté en el rango máximo, el LED se tornará de color rojo.

Esta variación de colores lo estableceremos al momento de la programación que se muestra en la figura 3.10.


```

/* Práctica de Temperatura

Cambiamos el color de un LED RGB ánodo común de azul a
rojo dependiendo de la temperatura ambiente.

*/

const int sensor = 0; // Entrada del sensor LM35
const int ledRojo = 5; // LED rojo conectado al pin digital 5
const int ledAzul = 6; // LED azul conectado al pin digital 6

long miliVolts; // Almacena más variables que int
long temperatura;

int brillo;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Inicia la comunicación serial con una tasa de 9600 bits por segundo
  pinMode(ledRojo, OUTPUT); // Declaramos pin del led rojo como salida
  pinMode(ledAzul, OUTPUT); // Declaramos pin del led azul como salida
}

void loop() {
  miliVolts = (analogRead(sensor) * 5000L) / 1023; // Calculamos los mV en la entrada
  // La "L" es para que arduino trabaje con la variable long
  temperatura = miliVolts / 10; // Calculamos la temperatura

  brillo = map(temperatura, 10, 40, 0, 255); // Ajustamos la escala de temperatura para usar un analogWrite
  // Primer valor: La variable a escalar
  // Segundo valor: Valor mínimo de temperatura que queremos
  // Tercer valor: Valor máximo de temperatura que queremos
  // Cuarto valor: Brillo del LED mínimo con analogWrite
  // Quinto valor: Brillo del LED máximo con analogWrite
  brillo = constrain(brillo, 0, 255); // Limitar el rango de brillo a 0 y 255
  // Este comando restringe el brillo del LED entre los valores dados

  analogWrite(ledRojo, 255 - brillo); // Brillo para una temperatura alta
  analogWrite(ledAzul, brillo); // Brillo para una temperatura baja

  Serial.print("Temperatura: "); // Texto a leerse en la ventana de monitor serial
  Serial.print(temperatura); // Variable a ser leída
  Serial.println(" Grados Centigrados"); // Texto al final de la variable
  // Comando println da un enter

  delay(500); // Se ralentiza la lectura de datos en la ventana serial por medio segundo
}

```

Figura 3.10 Programación del sensor de temperatura
Fuente: Autores.

Con esta programación y la conexión anterior el sensor de temperatura debe funcionar en un rango de 10 °C a 40 °C, esto se hace con el único fin de probar el funcionamiento del LED RGB ánodo común (Figura 3.11).

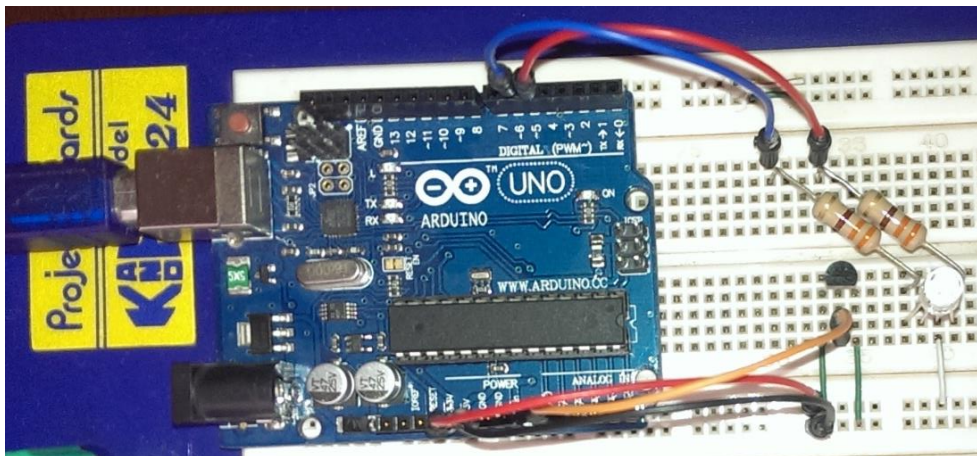


Figura 3.11 Conexión del LM35 en protoboard
Fuente: Autores.

Al realizar las pruebas de funcionamiento, vemos que el LED responde fielmente, por lo tanto nuestra programación es la correcta.

3.2. PROGRAMACIÓN DEL SERVOMOTOR

Como siguiente paso vamos a realizar la programación del servomotor para que se mueva en función de una entrada analógica ya que la señal del LM35 es de tipo analógica. El servomotor posee 3 cables que son tierra (Café), alimentación (Rojo) y señal (Naranja), tal como se muestra en la figura 3.12.

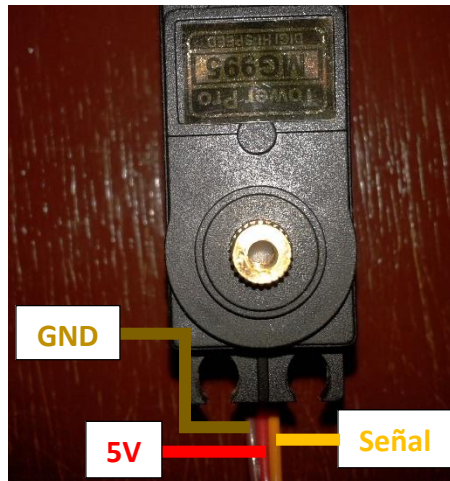


Figura 3.12 Cables del servomotor
Fuente: Autores.

Posteriormente realizamos la conexión del servomotor, con la ayuda de un potenciómetro de 10 K Ω para simular el sensor de 5V, éste será conectado al pin analógico 0 del Arduino UNO tal y como se conectó con anterioridad el LM35, para este caso decidimos no utilizar el LM35 para realizar esta prueba ya que es más complicado hacer que varíe su señal. En cambio con un potenciómetro basta con variar su resistencia para simular una señal analógica. Se ha instalado una fuente de alimentación externa para el servomotor, esto debido a que si el servomotor es conectado directamente al Arduino UNO, puede quemar el microcontrolador del mismo debido a que este consume una intensidad de entre 1A a 1,5A para poder girar los engranes metálicos. El esquema eléctrico de la fuente que se utiliza se muestra en la figura 3.13, el circuito es realizado en Multisim 12.

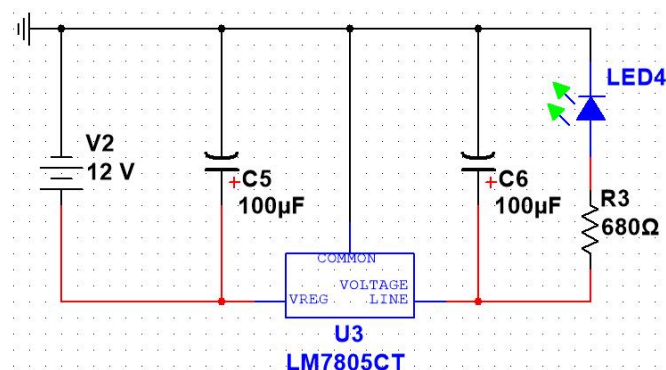


Figura 3.13 Fuente de 5V para el servomotor (Multisim 12)
Fuente: Autores.

El flujo de corriente de la fuente de 5V se puede apreciar de una mejor manera en Livewire (Figura 3.14).

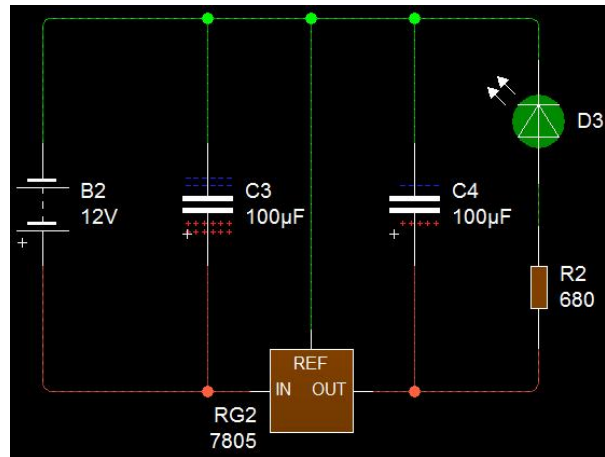


Figura 3.14 Fuente de 5V para el servomotor (Livewire)
Fuente: Autores.

Se puede observar que se coloca una resistencia de $680\ \Omega$ antes del LED para limitar la corriente de consumo.

Nuevamente la conexión la realizaremos en Fritzing 2014 y se muestra en la figura 3.15.

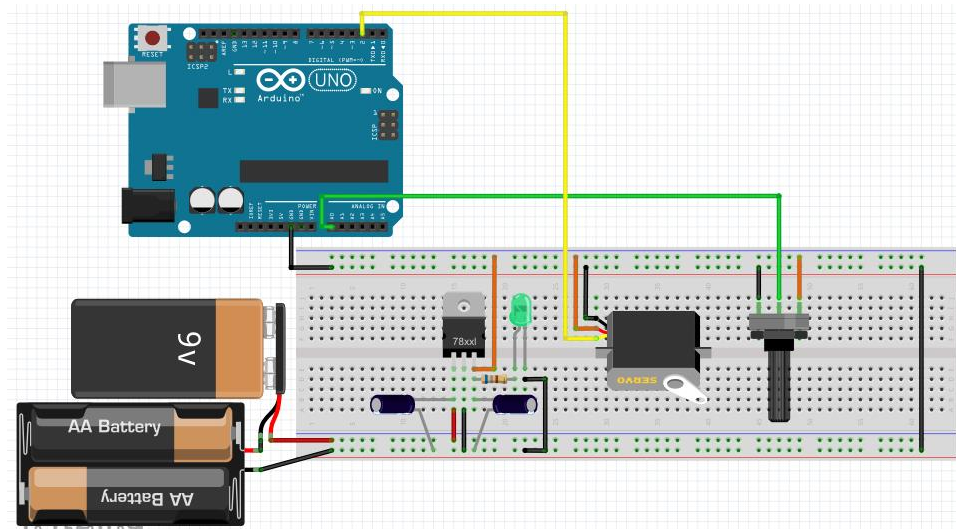


Figura 3.15 Conexión del servomotor al Arduino UNO (Fritzing 2014)
Fuente: Autores.

La programación que se usará en esta ocasión se muestra en la figura 3.16.


```

/* Práctica de servomotor

Cambiamos el ángulo de rotación de un servomotor
usando un potenciómetro.

*/

#include <Servo.h> // Importamos la librería del servomotor
// deshabilita los PWM en los pines 9 y 10

Servo ServoTesis; // Nombre de la variable

const int pinPot = 0; // Potenciómetro conectado al pin analógico 0
const int pinServo = 2; // Servomotor conectado al pin 2
const int pulsoMin = 1000; // Pulso mínimo en microsegundos según datasheet
const int pulsoMax = 2000; // Pulso máximo en microsegundos según datasheet

int valor; // Guardamos el valor del potenciómetro
int angulo; // Guarda el ángulo de giro del motor

void setup() {
  ServoTesis.attach(pinServo, pulsoMin, pulsoMax); // Selecciona el pin del servomotor
  // juntamente con los pulsos para el giro de 0° a 180°
}

void loop() {
  valor = analogRead(pinPot); // Leemos el valor del potenciómetro
  angulo = map(valor, 0, 1023, 0, 180); // Convertir el valor a un ángulo de giro
  ServoTesis.write(angulo); // Movemos el servo al ángulo deseado
  delay(20); // Permitir al servo llegar a la posición, a más carga
  // mayor tiempo
}

```

Figura 3.16 Programación del servomotor
Fuente: Autores.

El circuito armado en el protoboard se aprecia en la figura 3.17.

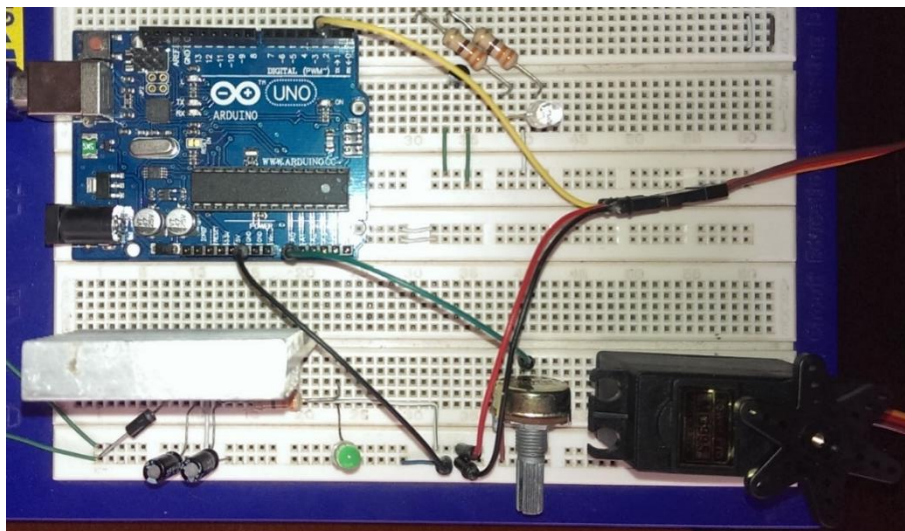


Figura 3.17 Conexión del servomotor en protoboard
Fuente: Autores.

Se puede observar que se añadió un disipador de calor al regulador de 5V debido a que éste se calentaba demasiado cuando el servomotor comenzaba a funcionar, por lo que gracias al disipador se puede controlar la temperatura del LM7805 (Figura 3.18).



Figura 3.18 Disipador de calor del LM7805
Fuente: Autores.

3.3. PROGRAMACIÓN CONJUNTA DEL SERVOMOTOR Y EL LM35

Para realizar la programación conjunta se debe tener en cuenta que los pines de ingreso para cada elemento sean diferentes, y que las funciones setup y loop no interfieran la una con la otra.

Hay que alimentar con fuentes independientes al Arduino UNO y al servomotor, sin embargo deben compartir la tierra, caso contrario el Arduino no realizará los procesos que se le han indicado. Se muestra la conexión del circuito en Fritzing 2014 en la figura 3.19.

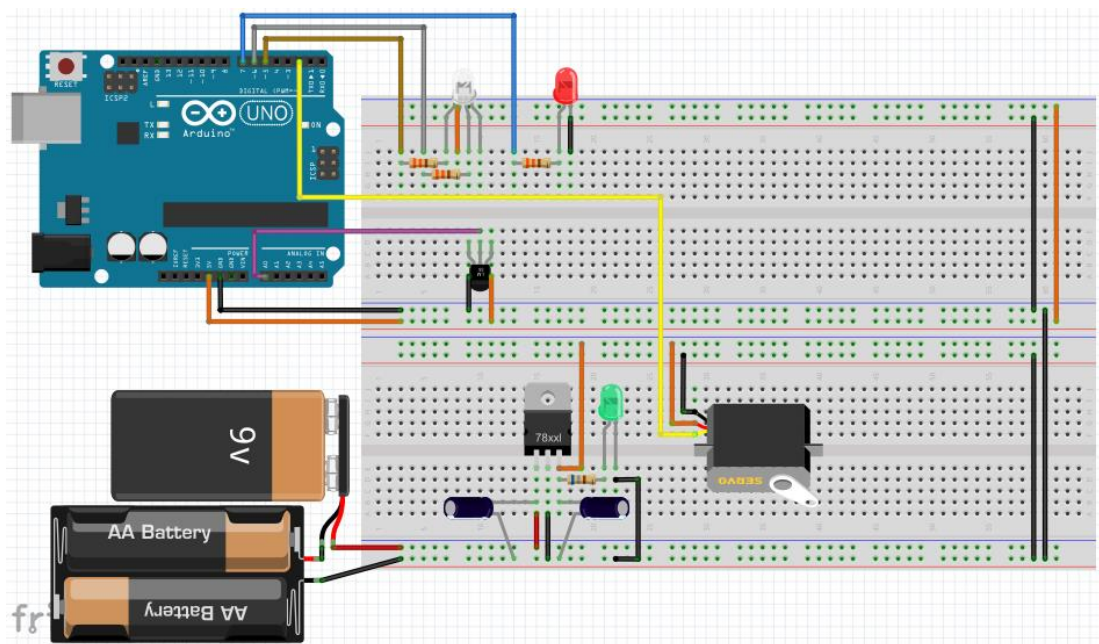


Figura 3.19 Conexión conjunta (Fritzing 2014)
Fuente: Autores.

El circuito armado en un protoboard real y funcionando se aprecia en la figura 3.20.

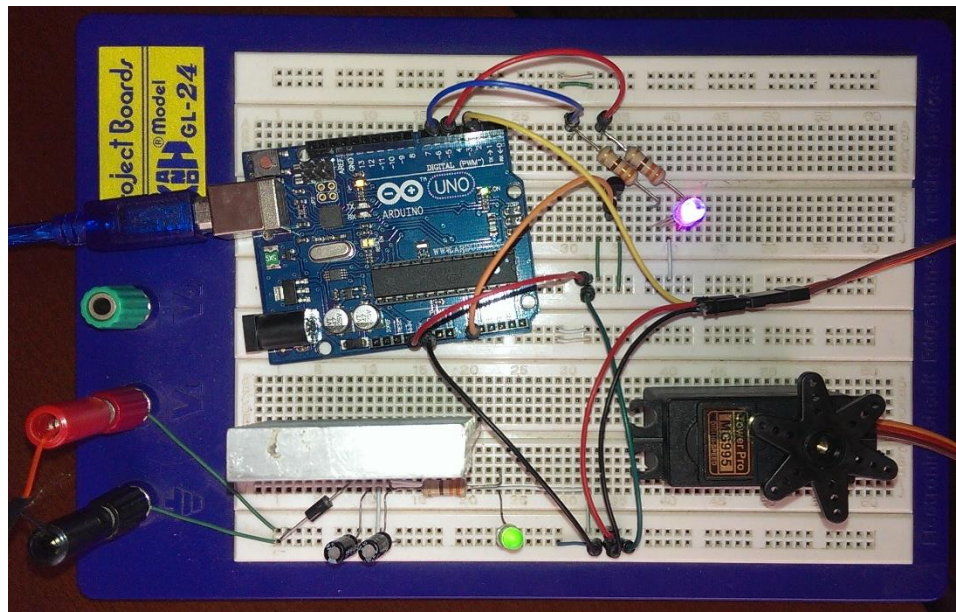


Figura 3.20 Conexión conjunta en protoboard
Fuente: Autores.

Antes de proceder a modificar la programación vamos a necesitar algunos datos como por ejemplo el ángulo que debe girar el servomotor para alcanzar las rpm requeridas y la temperatura a la que deseamos que la mariposa de aceleración se active y desactive. Nos enfocaremos primeramente en la temperatura.

Para comenzar el LM35 debe estar ubicado lo más cerca posible al termo switch del electroventilador, esto es en el múltiple de admisión (Figura 3.21).



Figura 3.21 Zona para colocar el LM35
Fuente: Autores.

Al LM35 se le deben soldar los cables que se van a conectar al circuito (Figura 3.22).

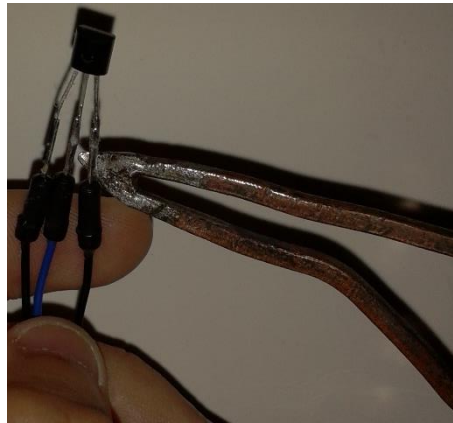


Figura 3.22 Cables soldados a los pines del LM35
Fuente: Autores.

Además de que se deben aislar sus pines debido a que el aluminio es conductor y si éstas hacen contacto entre sí podrían ocasionar un cortocircuito, esto se hace con la ayuda de silicón como fue en el caso del servomotor (Figura 3.23). La zona en la que se va a ubicar este elemento mantiene temperaturas elevadas por varios minutos, así que en caso de que éste silicón no funcione se debe usar silicón gris.



Figura 3.23 Pines del LM35 aisladas con silicón
Fuente: Autores.

Para fijar el LM35 al múltiple de admisión vamos a realizar un encapsulado en bronce dulce debido a que es un material que se puede dar forma fácilmente y posee un punto de fusión que va de 830 a 1020 °C [13], el encapsulado con el sensor se muestran en la figura 3.24.



Figura 3.24 Encapsulado del LM35
Fuente: Autores.

Colocamos el sensor en el múltiple de admisión y procedemos a montarlo en el auto (Figura 3.25).



Figura 3.25 Sensor fijo al múltiple de admisión
Fuente: Autores.

Medimos la temperatura que alcanza hasta que se calienta el motor con la ayuda de un pirómetro, vemos que es de 64,6 °C aproximadamente (Figura 3.26).



Figura 3.26 Temperatura que alcanza el LM35 con el motor caliente
Fuente: Autores.

Este sería el primer dato que necesitamos para modificar la programación, ahora buscaremos el ángulo de giro que necesitamos para alcanzar las 1100 rpm ya que es el valor de ralentí estipulado por la norma INEN para la medición de gases contaminantes.

Aceleramos el vehículo, y con la ayuda de un tacómetro observamos que alcance las 1100 rpm, en este instante realizamos una señal en la mariposa de aceleración trazándonos un eje imaginario y medimos el ángulo que se forma entre las señales (Figura 3.27).

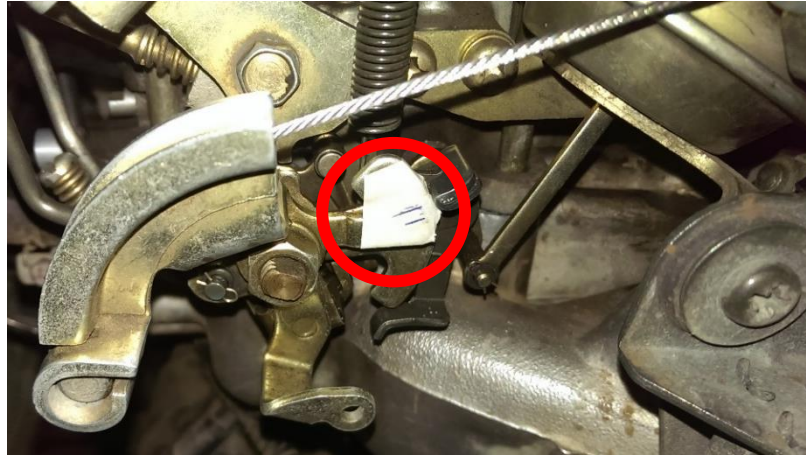


Figura 3.27 Señal en la mariposa de aceleración
Fuente: Autores.

El ángulo que se obtuvo fue de 4° aproximadamente, ahora sujetamos al servomotor a la mariposa de aceleración con la ayuda de un alambre metálico (Figura 3.28), conectamos el servomotor al Arduino y empezamos a ingresar ángulos hasta que estemos en el rango de las señales que marcamos.



Figura 3.28 Cable conectando al servomotor con la mariposa de aceleración
Fuente: Autores.

Para esto usaremos una programación sencilla que se muestra en la figura 3.29.

```

/*
Programa para el Control del Servomotor

Este programa tiene el único fin de variar el ángulo de giro del
servomotor.
*/

#include <Servo.h> // Importamos la librería del servomotor, esto
// deshabilita los PWM en los pines 9 y 10
Servo ServoTesis; // Nombre de la variable para el servomotor

// Pin de ingreso para el servomotor
const int pinServo = 2; // Señal del servomotor conectado al pin 2

// Almacenamiento de los valores del servomotor
int angulo = 30; // Giro inicial del motor

// Comienzo de la función setup del programa
// Acciones que se ejecutan una sola vez (Entradas)
void setup() {
    ServoTesis.attach(pinServo); // Selecciona el pin del servomotor
}

// Comienzo de la función loop del programa
// Ejecución de las órdenes que se le da al microcontrolador
void loop() {
    angulo = 30; // Giro del ángulo
    ServoTesis.write(angulo); // Movemos el servo al ángulo deseado
}

```

Figura 3.29 Señal en la mariposa de aceleración

Fuente: Autores.

Como resultado se obtuvo que las 1100 rpm se obtienen al girar el servomotor 5°, esto se da debido a que cuando se suelte el acelerador el cable debe quedar flojo para no interferir en la aceleración normal del motor.

Finalmente procedemos a modificar la programación con los nuevos datos, vamos a establecer un rango de temperatura entre 0 y 65 °C, ya que el motor se calentaba a los 64,6 °C; se debe recordar que ésta temperatura pertenece al múltiple de admisión y no a la temperatura de funcionamiento interna del motor.

El ángulo de giro del servomotor se establecerá entre 0 y 5°, teniendo en cuenta de que cuando el servomotor esté en 0°, el vehículo estará acelerado y cuando esté en 5°, la mariposa de aceleración deberá estar totalmente suelta. Reemplazamos el alambre de amarre por un cable de acero inoxidable para darle un aspecto más estético (Figura 3.30).



Figura 3.30 Cable de acero inoxidable uniendo el servomotor con la mariposa de aceleración

Fuente: Autores.

La programación nueva se muestra en la figura 3.31.

```
/*
Programa para el Control del Arranque en Frio y post-arranque
de un Motor Suzuki G10 Equipado con Carburador
*/

#include <Servo.h>
Servo ServoTesis;
const int pinServo = 2;
const int sensor = 0;
const int ledRojo = 5;
const int ledAzul = 6;
long miliVolts;
long temperatura;
int brillo;
int angulo = 10;
int ledInd = 7;

void setup() {
  ServoTesis.attach(pinServo);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledRojo, OUTPUT);
  pinMode(ledAzul, OUTPUT);
  pinMode(ledInd, OUTPUT);
}

void loop() {
  miliVolts = (analogRead(sensor) * 5000L) / 1023;
  temperatura = miliVolts / 10;
  brillo = map(temperatura, 0, 100, 0, 255);
  brillo = constrain(brillo, 0, 255);
  analogWrite(ledRojo, 255 - brillo);
  analogWrite(ledAzul, brillo);
  if (temperatura < 60)
  {
    angulo = 10;
    ServoTesis.write(angulo);
  }
  else
  {
    angulo = 30;
    ServoTesis.write(angulo);
  }
  delay(20);
  if (temperatura < 60)
  {
    digitalWrite(ledInd, LOW);
  }
  else
  {
    digitalWrite(ledInd, HIGH);
  }

  Serial.println(" Realizado por: David Luna - Biron Castro.");
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(temperatura);
  Serial.print(" Grados Centigrados");
  Serial.print(" Valor del Sensor: ");
  Serial.print(miliVolts);
  Serial.print(" mV");
  Serial.print(" Angulo de Giro: ");
  Serial.print(angulo);
  Serial.println(" Grados.");
  Serial.println(" ");
  delay(1000);
}
```

Figura 3.31 Programación conjunta 1
Fuente: Autores.

Esta programación se comprobó haciendo un experimento casero, cuando se deja al sensor al aire libre el ángulo de giro debe ser 0° y el LED RGB debe estar de color azul (Figura 3.32).

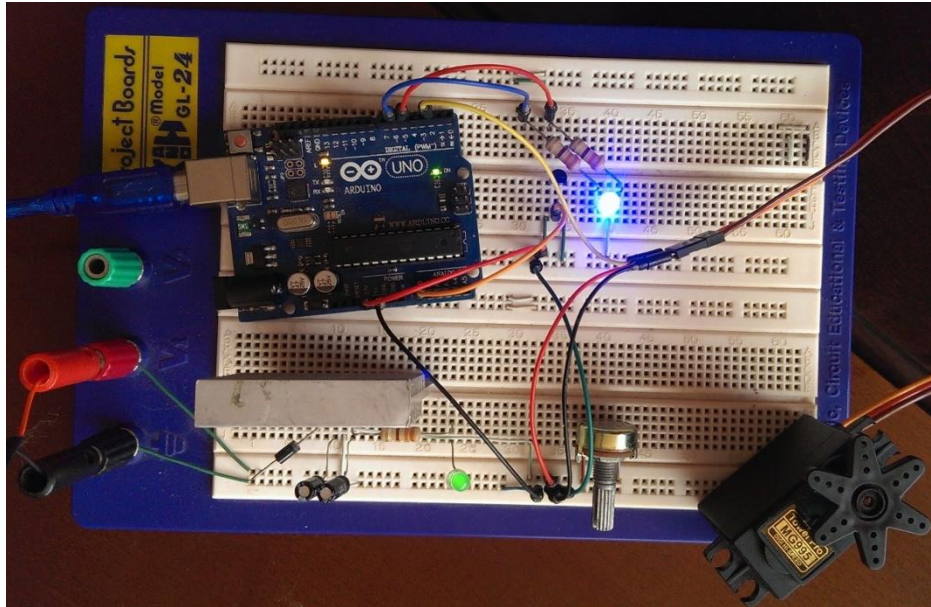


Figura 3.32 Prueba de la programación en frío
Fuente: Autores.

Calentamos el LM35 con la ayuda de una plancha y esperamos a que el servomotor gire 30° y el LED RGB se torne de un color rojizo (Figura 3.33). Cabe recalcar que el giro del servomotor es de 30° debido a que recién con este ángulo la mariposa de aceleración gira los 5° , esto se debe a que los elementos de sujeción que se usan se tensan a partir de los 25° .

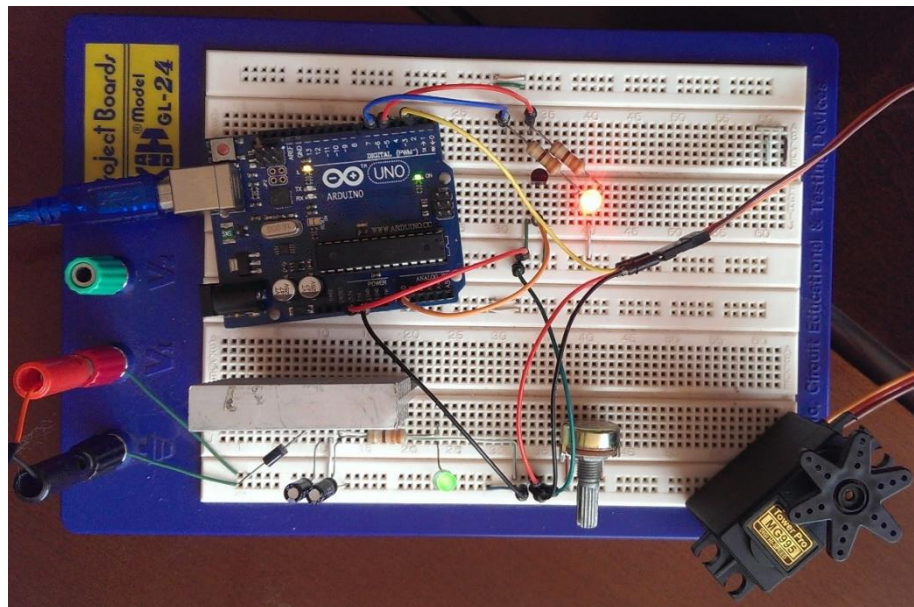


Figura 3.33 Prueba de la programación en caliente
Fuente: Autores.

A continuación se prueba el circuito en el vehículo debido a que no es lo mismo probarlo de una forma casera que de una forma real. Nuevamente lo conectamos con el Arduino (Figura 3.34) y buscamos la temperatura y el ángulo de giro con el motor en funcionamiento; el LM35 alcanzó una temperatura de 78 °C y no de 65 °C cómo se pensó. Modificamos también el giro del servomotor ya que al dejarlo fijo en 30° el vehículo comenzó con 1500 rpm y subió hasta cerca de las 2000, con esto llegamos a la conclusión de que éste giro debe ser gradual en el sentido de desaceleración y no fijo cómo se había planteado, esto con el fin de evitar una sobre revolución del motor.

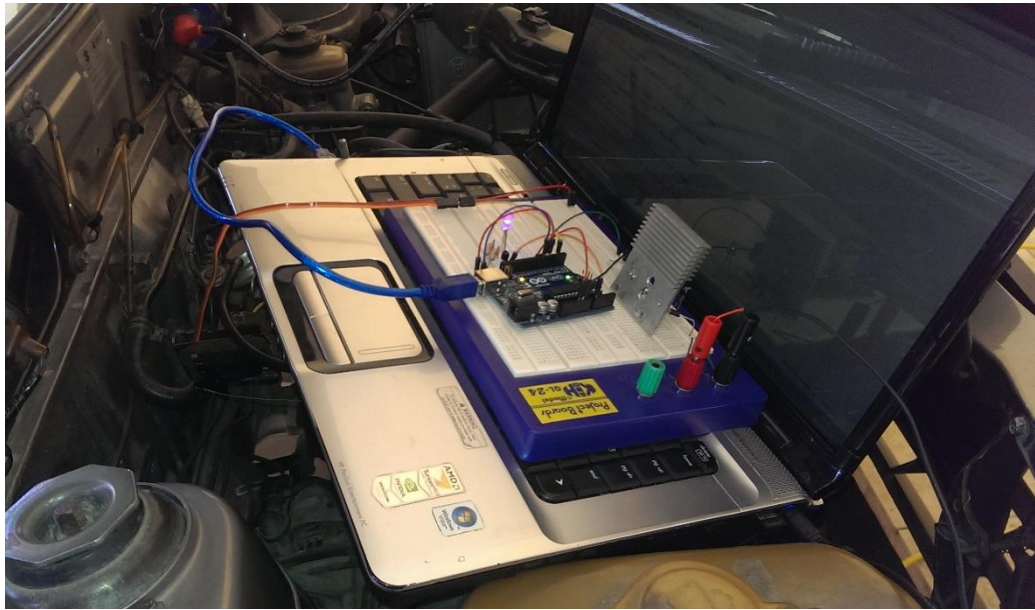


Figura 3.34 Arduino conectado con el circuito en el vehículo
Fuente: Autores.

La programación final quedó establecida de la forma que se muestra en la figura 3.35, debido a la extensión de la misma se la colocó en la siguiente hoja.

```

/*
Programa para el Control del Arranque en Frio y post-arranque
de un Motor Suzuki G10 Equipado con Carburador

Con este código lograremos hacer rotar un servomotor un deter-
minado ángulo en función de la temperatura del motor, con esto
se reducirá el tiempo de calentamiento del mismo lo que
ayudará a reducir la contaminación ambiental.
*/

#include <Servo.h>
Servo ServoTesis;
const int pinServo = 2;
const int sensor = 0;
const int ledRojo = 5;
const int ledAzul = 6;
long miliVolts;
long temperatura;
int brillo;
int angulo;
int ledInd = 7;

void setup() {
  ServoTesis.attach(pinServo);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledRojo, OUTPUT);
  pinMode(ledAzul, OUTPUT);
  pinMode(ledInd, OUTPUT);
}

void loop() {
  miliVolts = (analogRead(sensor) * 5000L) / 1023;
  temperatura = miliVolts / 10;
  brillo = map(temperatura, 0, 100, 0, 255);
  brillo = constrain(brillo, 0, 255);
  analogWrite(ledRojo, 255 - brillo);
  analogWrite(ledAzul, brillo);
  if (temperatura < 78)
  {
    angulo = map(temperatura, 0, 78, 21, 24);
    angulo = constrain(angulo, 21, 24);
    ServoTesis.write(angulo);
  }
  else
  {
    angulo = 30;
    ServoTesis.write(angulo);
  }
  delay(20);
  if (temperatura < 78)
  {
    digitalWrite(ledInd, LOW);
  }
  else
  {
    digitalWrite(ledInd, HIGH);
  }

  Serial.println(" Realizado por: David Luna - Biron Castro.");
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.print(temperatura);
  Serial.print(" Grados Centigrados");
  Serial.print(" Valor del Sensor: ");
  Serial.print(miliVolts);
  Serial.print(" mV");
  Serial.print(" Angulo de Giro: ");
  Serial.print(angulo);
  Serial.println(" Grados.");
  Serial.println(" ");
  delay(1000);
}

```

Figura 3.35 Programación conjunta 2
Fuente: Autores.

3.4. INDEPENDIZACIÓN DEL ATMEGA328P

Para reducir el costo de producción del circuito, vamos a independizar el atmega328p del Arduino UNO, con esto evitamos tener que comprar un Arduino cada vez que se quiera hacer un proyecto nuevo, el mismo que tiene un valor aproximado de 40 dólares, y sólo se compraría el atmega328p y unos cuantos elementos necesarios para que funcione, cuyo precio es de aproximadamente 10 dólares. Sin embargo, a pesar de que con esto se ahorre dinero en producción, hay que tener en cuenta de que este ahorro sólo es para el cliente ya que obligatoriamente el programador va a tener que usar el Arduino UNO para realizar algunos procesos antes de poder independizar el microcontrolador.

El atmega328p es un microcontrolador simple de bajo costo y consume lo mismo que cualquier circuito integrado, es muy común encontrarse con este chip en las plataformas de Arduino UNO y Nano. (Figura 3.36).



Figura 3.36 Arduino UNO y atmega328p

Fuente: Autores.

Debido a que el atmega328p posee 28 pines puede resultar confusa su conexión, por tal motivo se puede apreciar en la figura 3.37 la distribución de todos sus pines numerados y sus equivalentes a las salidas que presenta el Arduino.

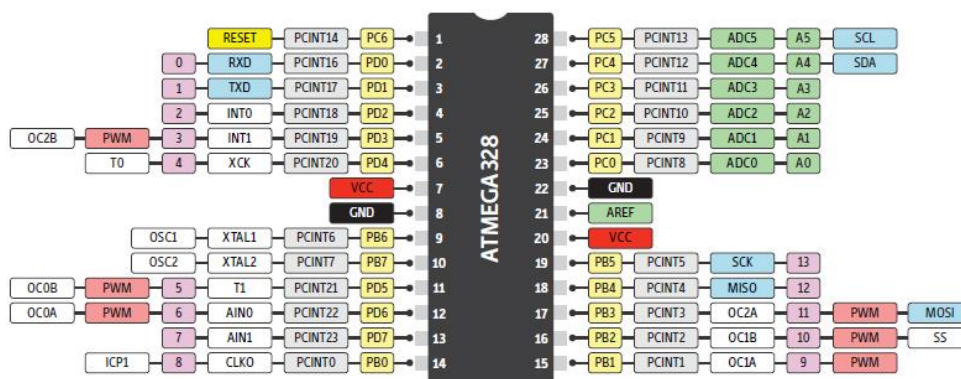


Figura 3.37 Distribución de pines del atmega328p

Fuente: [14]

Para el correcto funcionamiento del atmega328p se requiere comprar todos los elementos que se muestran a continuación obligatoriamente, no se puede reemplazar o prescindir de ninguno de ellos:

- ✓ 1 atmega328p.
- ✓ 2 capacitores cerámicos de 18 pF.
- ✓ 1 crystal de 16 MHz.
- ✓ 1 resistencia de 10 K Ω .

Una vez con todo esto se procede a cargar el bootloader, que es un código que hace que el microcontrolador pueda entender el lenguaje de Arduino, se debe cargar una sola vez y siguiendo el esquema que se muestra en la figura 3.38. Como se puede observar la resistencia de 10 K Ω debe ir conectada al pin 1 del atmega328p, las alimentaciones de 5V (Pines 7 y 20) y las tierras (Pines 8 y 22) deben estar conectadas al Arduino, los pines 9 y 10 deben estar conectados al cristal de 16 Mhz y éste a su vez debe estar conectado a los 2 capacitores cerámicos de 18 pF y derivarlos a masa, para la programación vamos a conectar los pines 10, 11, 12 y 13 del Arduino a los pines 1, 17, 18 y 19 del microcontrolador respectivamente tal como se muestra en el esquema.

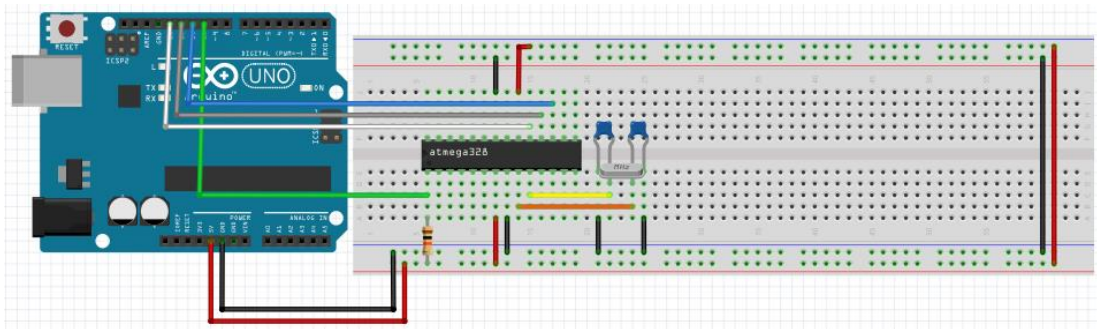


Figura 3.38 Conexión del atmega328p para la carga del bootloader
Fuente: Autores.

Lo siguiente es conectar el Arduino UNO a la computadora, abrir su software de programación y dirigirnos a Archivo, Ejemplos y buscamos el que diga ArduinoISP y lo abrimos (Figura 3.39). Este ejemplo ya viene precargado a la hora de instalar el software de Arduino 1.0.5.

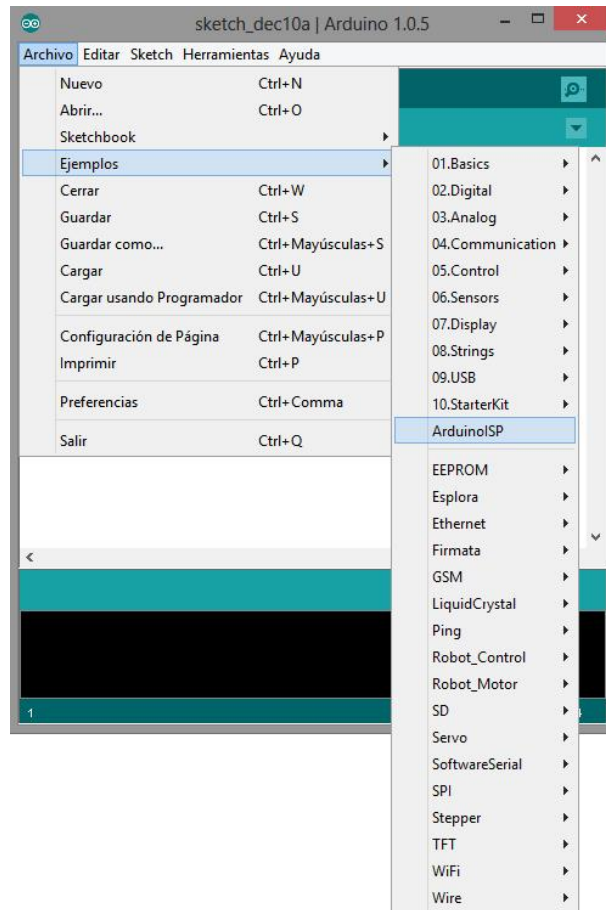


Figura 3.39 Ejemplo precargado ArduinoISP
Fuente: Autores.

Cargamos el código al Arduino UNO teniendo en cuenta de que para esta parte del proceso no se debe sacar el microcontrolador propio del Arduino. En la figura 3.40 se puede apreciar que el Arduino UNO posee su propio atmega328p y se va a programar un segundo microcontrolador que va a ser el que vamos a usar en el circuito.

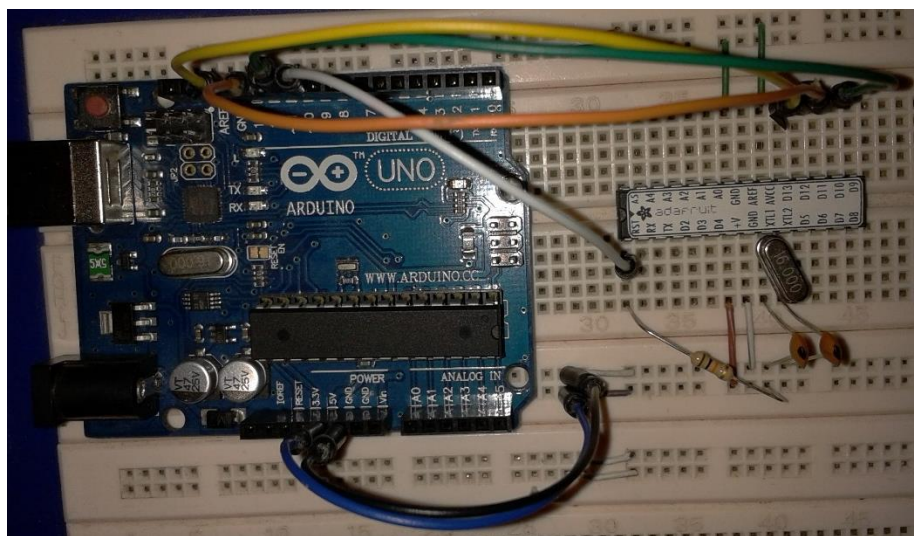


Figura 3.40 Arduino UNO con su propio microcontrolador
Fuente: Autores.

Cuando finalice la carga del ArduinoISP, nos dirigimos nuevamente al software de programación, esta vez vamos a la pestaña de Herramientas, Tarjeta y nos aseguramos de que esté marcada la opción Arduino Uno (Figura 3.41).

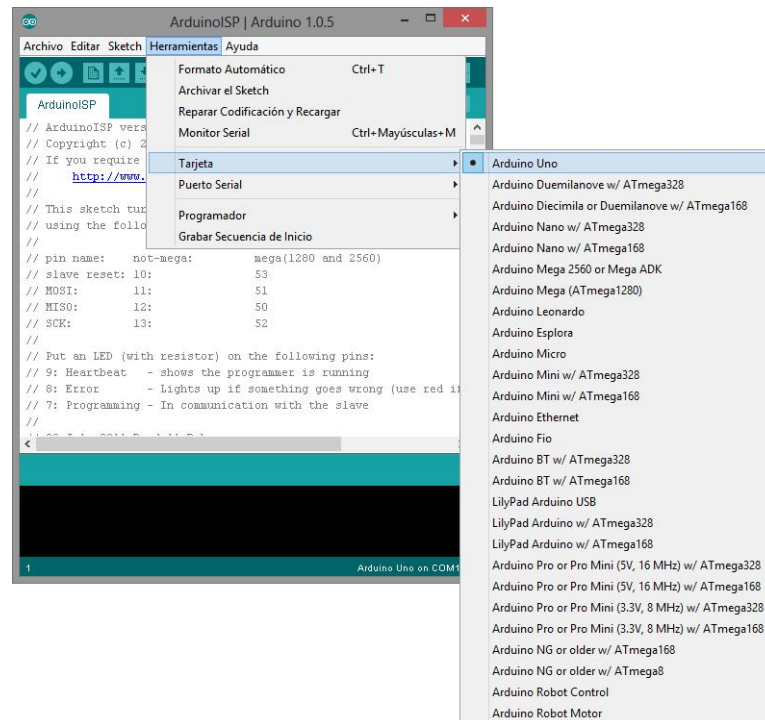


Figura 3.41 Selección de la tarjeta

Fuente: Autores.

De igual manera revisamos que el programador sea Arduino as ISP (Figura 3.42).

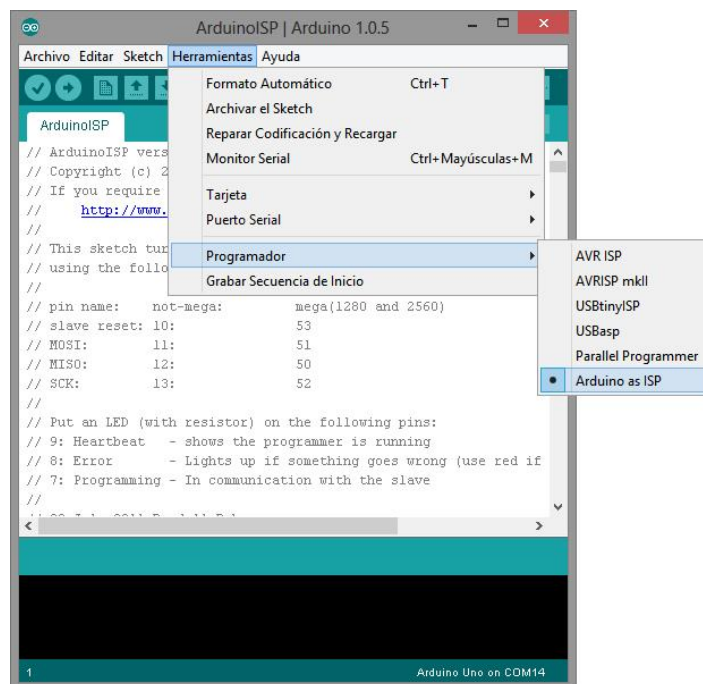


Figura 3.42 Selección del programador

Fuente: Autores.

Finalmente quemamos el bootloader seleccionando la opción Grabar Secuencia de Inicio (Figura 3.43). Tener en cuenta que se demorara algunos minutos.

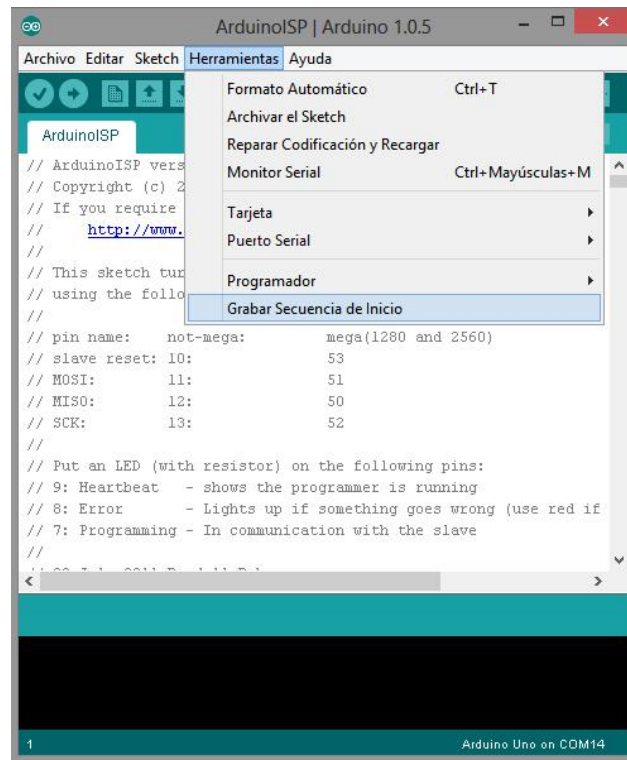


Figura 3.43 Carga del bootloader

Fuente: Autores.

Al terminar la operación el nuevo microcontrolador estará listo para ser programado, hay que cambiar la conexión y retirar el atmega328p que viene en el Arduino UNO. Cómo se puede observar en la nueva conexión (Figura 3.44) sólo vamos a necesitar de 3 cables para poder programar el microcontrolador externo, los pines RX y TX del Arduino UNO van conectados a los pines 2 y 3 del microcontrolador respectivamente, y el pin RESET del Arduino UNO va conectado al pin 1 del microcontrolador tal como se muestra en el esquema. Esta conexión se debe seguir cada vez que se quiera cargar un programa nuevo.

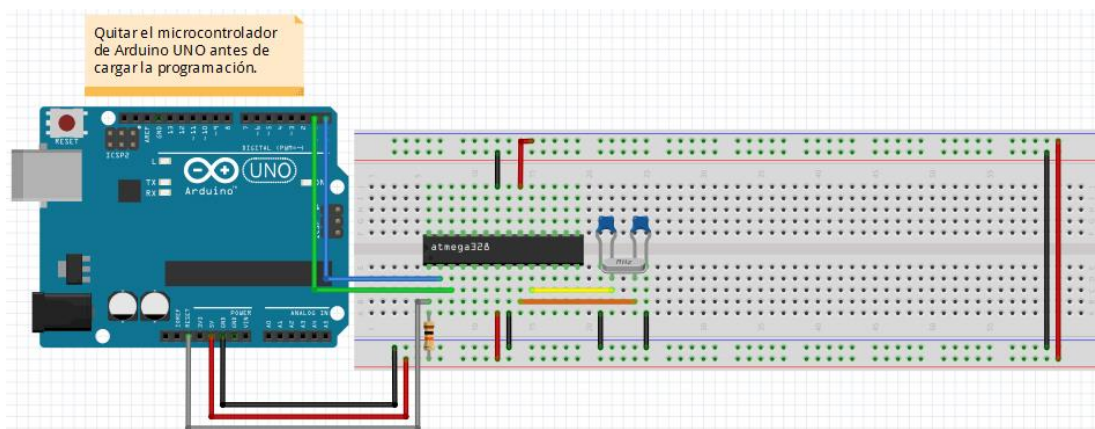


Figura 3.44 Nueva conexión del atmega328p

Fuente: Autores.

Para alimentar el atmega328p vamos a necesitar una fuente de 5V que no suministre más de 1A de intensidad, utilizaremos una fuente que sirve para alimentar los circuitos integrados cuyo esquema eléctrico se muestra en la figura 3.45 y fue realizado en Multisim 12.

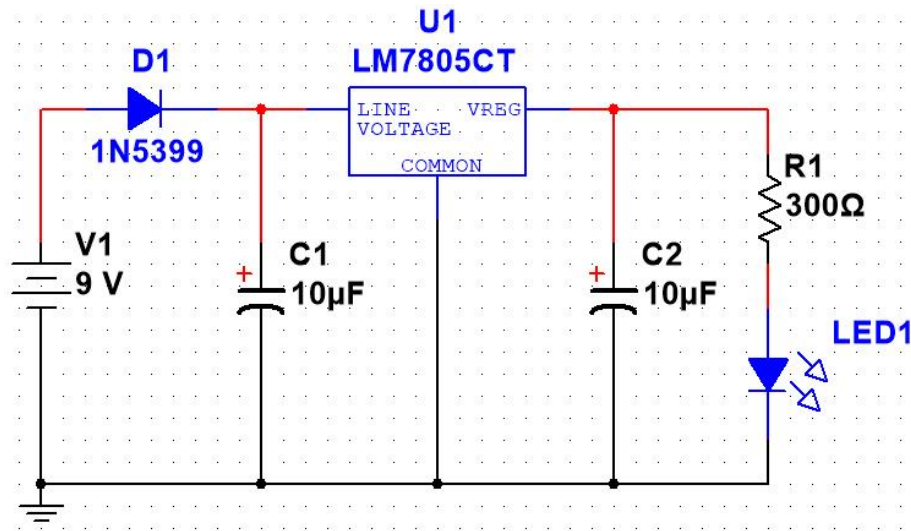


Figura 3.45 Fuente de 5V para circuitos integrados (Multisim 12)
Fuente: Autores.

El flujo de corriente se aprecia de una mejor manera en Livewire (Figura 3.46).

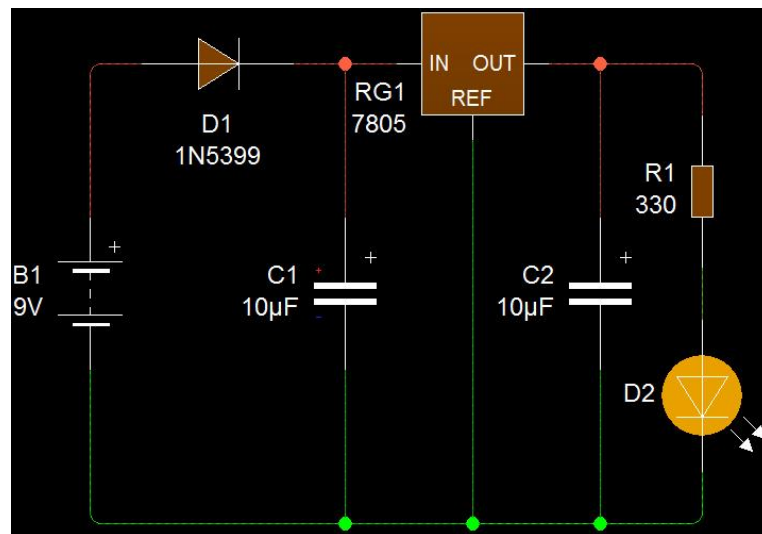


Figura 3.46 Fuente de 5V para circuitos integrados (Livewire)
Fuente: Autores.

La conexión de la fuente con el microcontrolador se muestra esquemáticamente en la figura 3.47, fue realizada en Multisim 12.

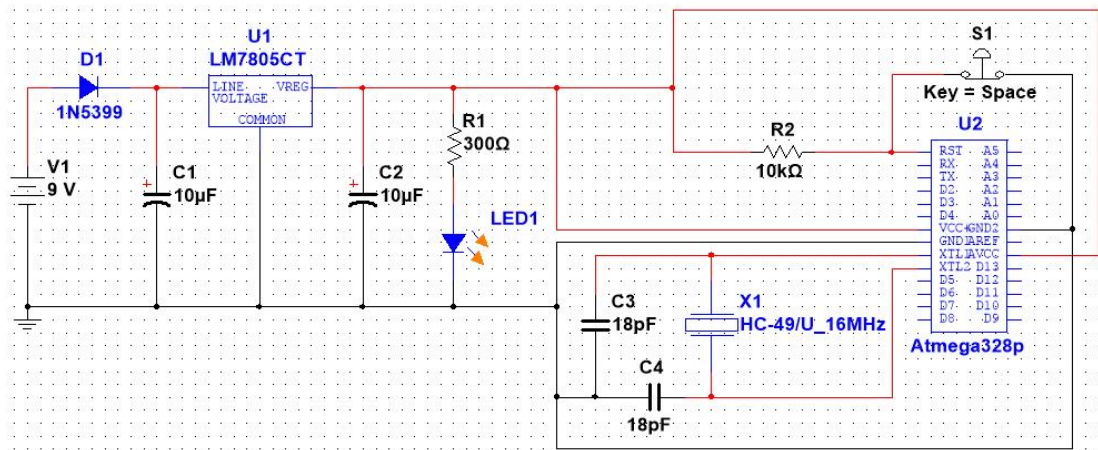


Figura 3.47 Conexión de la fuente con el atmega328p (Multisim 12)
Fuente: Autores.

La distribución tentativa de los elementos en el protoboard se puede ver en la figura 3.48.

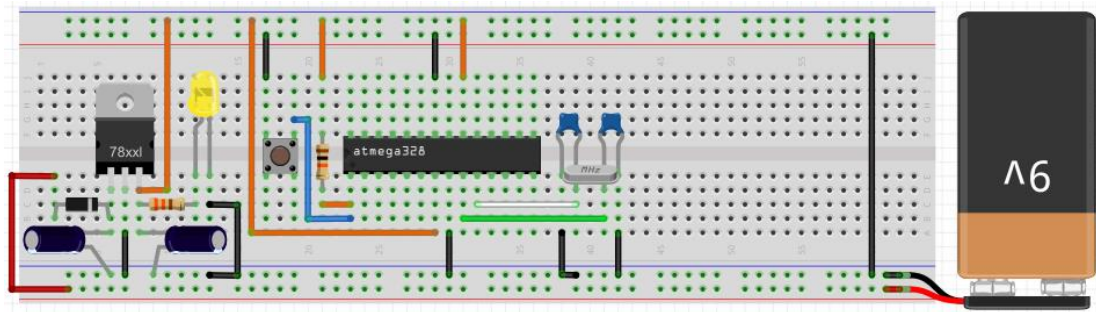


Figura 3.48 Conexión de la fuente con el atmega328p (Fritzing 14)
Fuente: Autores.

Cargamos la programación que realizamos anteriormente en el nuevo microcontrolador y se procede a probar su funcionamiento (Figura 3.49).

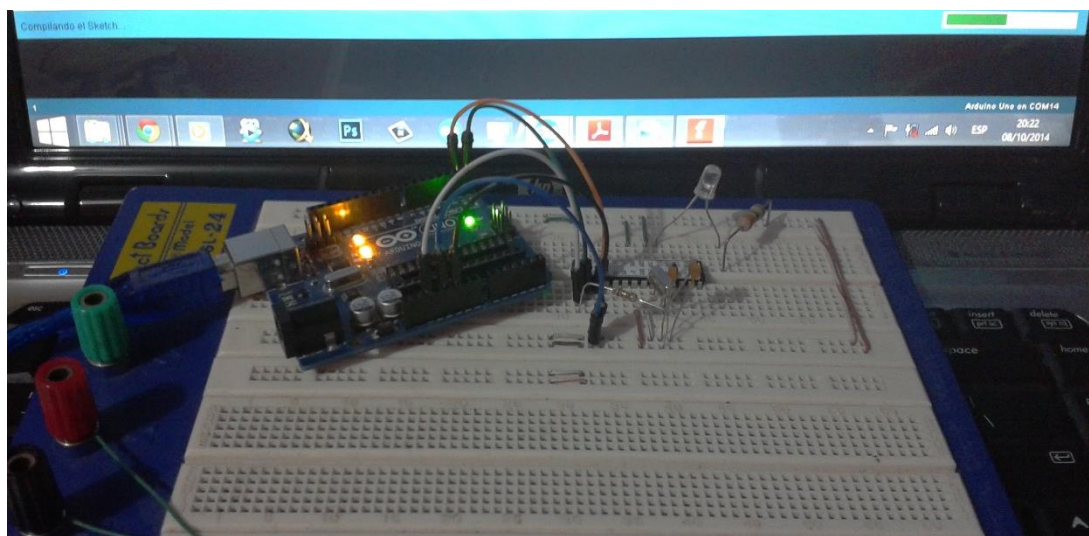


Figura 3.49 Carga del programa en el atmega328p
Fuente: Autores.

Conectamos nuevamente todos los elementos siguiendo el siguiente diagrama eléctrico (Figura 3.50).

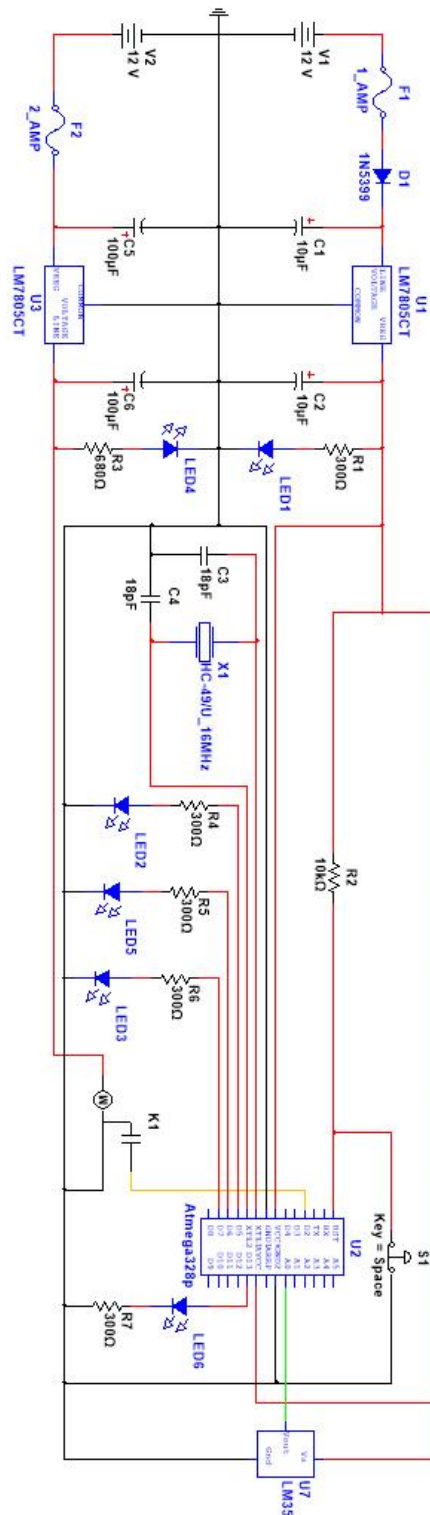


Figura 3.50 Diagrama eléctrico de los elementos conectados al atmega328p (Multisim 12)

Fuente: Autores.

Debido a que puede resultar confuso el diagrama porque existen ciertas conexiones que se entrecruzan y posee varios elementos, se optó por realizar dicha conexión en Fritzing 2014 para facilitar su comprensión, hay que recordar que las tierras deben ser

comunes y las fuentes de alimentación independientes, se colocaron fusibles para evitar que se dañe algún elemento importante en caso de sobrecarga. Los fusibles son de 1A para el microcontrolador y de 2A para el servomotor, además se añadió un botón de reset en caso de que por cualquier razón el microcontrolador se trabe realizando algún proceso, se colocan los LED y sus respectivas resistencias para evitar que se quemen (Figura 3.51).

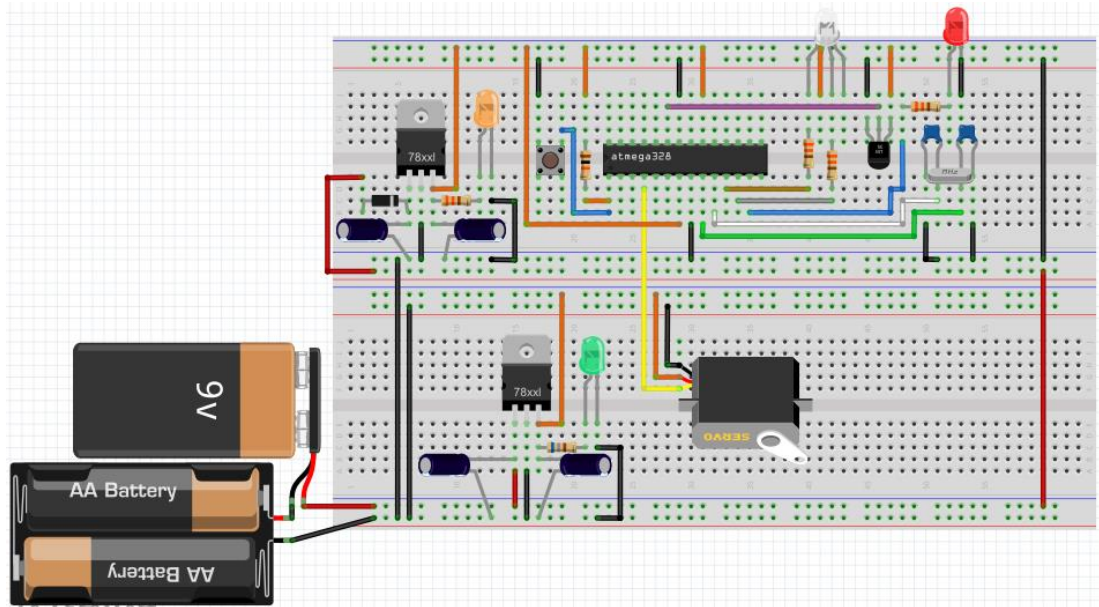


Figura 3.51 Diagrama eléctrico de los elementos conectados al atmega328p (Fritzing 2014)
Fuente: Autores.

Realizamos las pruebas de funcionamiento nuevamente para verificar que todo se comporte correctamente (Figura 3.52).

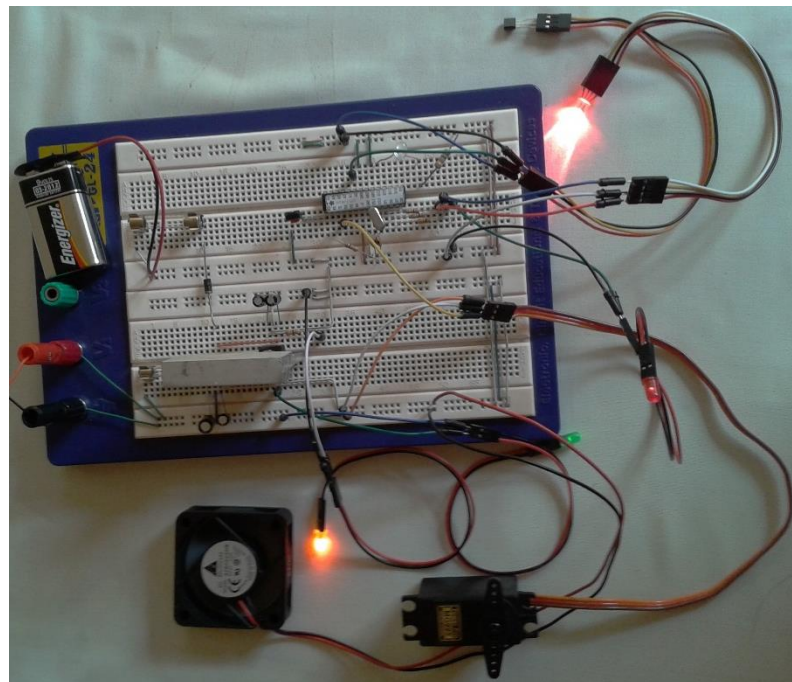


Figura 3.52 Elementos conectados al atmega328p
Fuente: Autores.

Fuente: Autores.

La misma conexión pero Fritzing 2014 se puede observar en la figura 3.54.

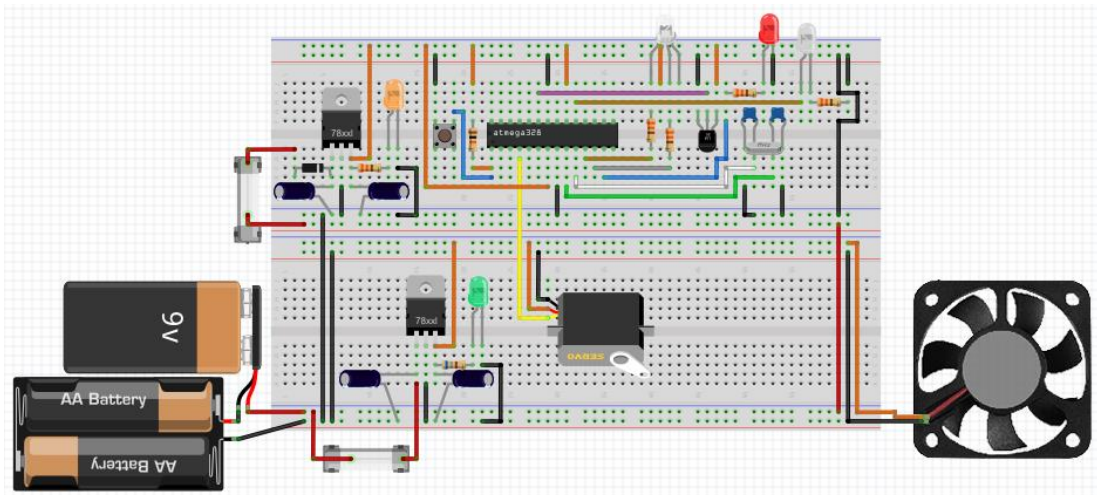


Figura 3.54 Conexión final del atmega328p (Fritzing 2014)

Fuente: Autores.

3.5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PCB PARA EL CIRCUITO

Realizaremos una placa de circuito impreso o PCB y para esto utilizaremos Livewire y PCB Wizard ya que son programas que trabajan en conjunto. Una vez que se tiene realizado el circuito en Livewire, se lo convierte en una placa impresa con la ayuda de PCB Wizard que realiza el trabajo automáticamente, lo que nos da como resultado la siguiente conexión (Figura 3.55).

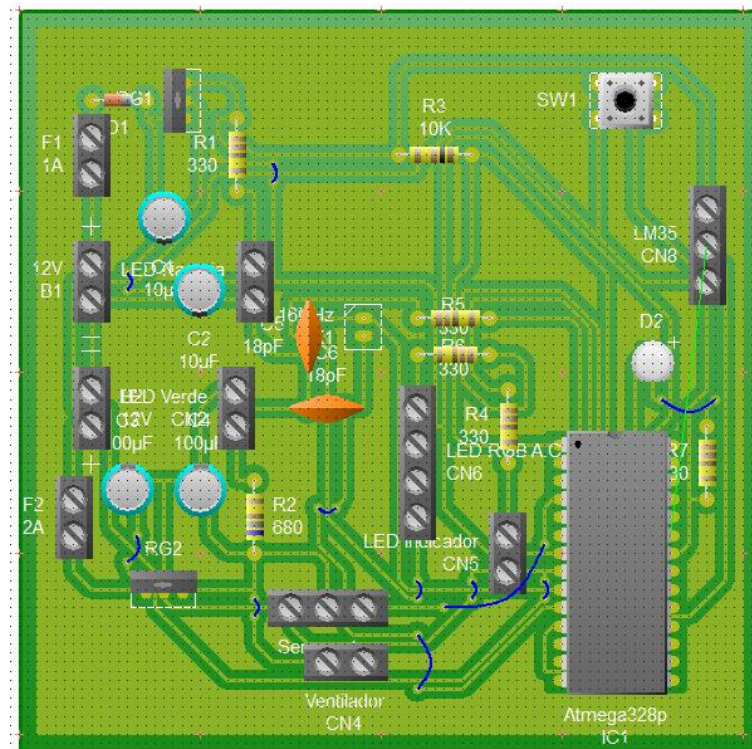


Figura 3.55 PCB generada por PCB Wizard

Fuente: Autores.

La placa generada en la figura anterior, a pesar de tener aparentemente una buena estructura, no nos sirve debido a los siguientes aspectos encontrados:

- Las pistas son muy delgadas.
- Existen pistas que tienen ángulos de 90°.
- Existen jumpers (cables de color azul), que le quitan la estética a la placa.
- Las resistencias son de 10 mm de largo y las que nosotros poseemos son de 7 mm de largo.
- Las salidas para algunos elementos como por ejemplo el servomotor, no son del tamaño que se necesita.
- Los LM7805 deben estar paralelos.
- No existe conexión entre el LM35 y el microcontrolador.
- El microcontrolador es de otra dimensión.

Por lo tanto se realizó la placa de forma manual, teniendo en cuenta las dimensiones y posición de nuestros elementos, quedando de la siguiente forma (Figura 3.56).

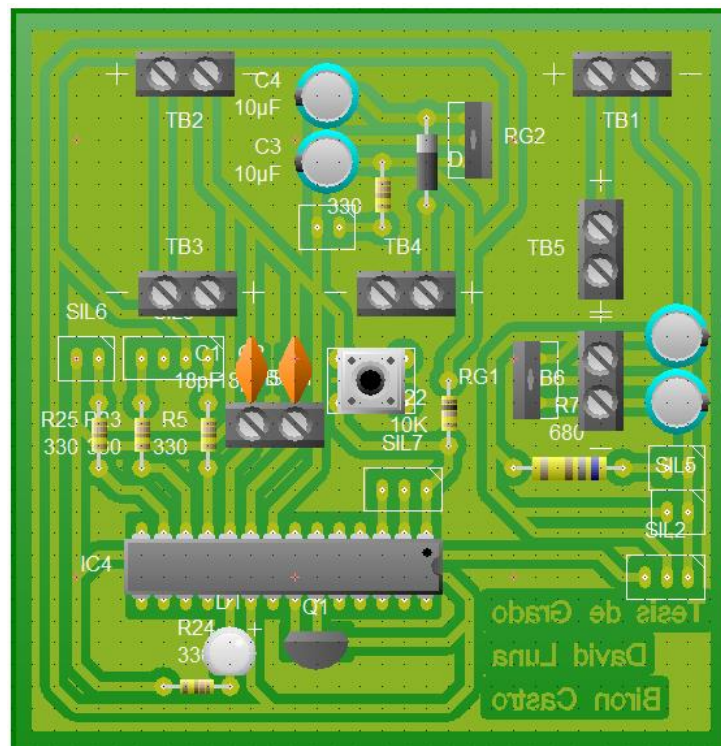


Figura 3.56 PCB generada manualmente
Fuente: Autores.

Cómo se puede observar esta placa no tiene pistas en ángulos de 90°, sólo de 45°, adicionalmente las pistas son de un espesor de 0,8 mm, se redujo el tamaño del microcontrolador y se distribuyeron todos los elementos a nuestro gusto, las resistencias son del tamaño que necesitamos y todas las salidas también. Tenemos dos fuentes de alimentación y la tierra común se dará a través del disipador de calor ya que los dos LM7805 están conectados al mismo, se añadieron 3 pines de salida en los ingresos 1,2 y 3 del microcontrolador con el objetivo de establecer una comunicación serial entre el circuito y la computadora para poder sensar los procesos del atmega328p y se añadió un LED a la salida del pin 19 del microcontrolador con el único fin de

indicar cuando se resetea el mismo. Este pin no requiere de programación ya que es una salida del microcontrolador que siempre genera pulsos cuando se modifica algo en el mismo.

El siguiente paso es imprimir el diseño en acetato y para ello vamos a requerir una impresora láser ya que las impresoras a chorro no sirven para esta fase. También vamos a necesitar una placa de cobre con fibra de vidrio del tamaño de la impresión, ya que las placas vienen en pedazos de 10 x 30 cm por lo que vamos a tener que recortarla (Figura 3.57).



Figura 3.57 Recorte de la placa de cobre con fibra de vidrio
Fuente: Autores.

Una vez recortada la placa de las dimensiones deseadas se procede a limar sus bordes y a limpiar la superficie de cobre debido a que siempre vienen con impurezas (Figura 3.58).



Figura 3.58 Placa recortada y con suciedad
Fuente: Autores.

Se debe limpiar la placa hasta dejarla totalmente pulida y para ello vamos a utilizar lijas #1000 y #1500 para no rallar la superficie, además se recomienda el uso de

guantes quirúrgicos para evitar ensuciarla con los dedos. La grasa que no se pudo retirar con las lijas debe quitarse con la ayuda de disolvente, acetona o alcohol, y frotándola con una franela (No se debe usar agua bajo ningún concepto). Se debe tener un acabado tipo espejo al final de este proceso (Figura 3.59).



Figura 3.59 Placa pulida
Fuente: Autores.

Procedemos a colocar la cara del acetato que tiene el tóner sobre la placa de cobre, la sujetamos con cinta masking para evitar que se mueva (Figura 3.60), no usar cinta de embalaje porque ésta se derrite al entrar en contacto con la plancha, no hay que tocar el acetato o la placa durante el proceso ya que se podrían ensuciar por lo que se recomienda usar nuevamente guantes quirúrgicos.



Figura 3.60 Acetato sujeto a la placa
Fuente: Autores.

Lo que se persigue es entregar calor a la placa y para esto dejamos que una plancha casera se caliente a su máxima temperatura y conectada unos minutos antes de realizar el siguiente paso. Generalmente cada plancha tiene un indicador que muestra cuando

está totalmente caliente y para nuestro caso la plancha enciende una luz roja (Figura 3.61).



Figura 3.61 Plancha casera caliente

Fuente: Autores.

Es conveniente colocar un papel sobre la placa con el acetato con el fin de que la plancha pueda deslizarse sobre su superficie suavemente. Entregamos calor por unos 15 minutos aproximadamente (Figura 3.62).



Figura 3.62 Calentamiento de la placa

Fuente: Autores.

Pasados los 15 minutos quitamos la plancha y esperamos a que la placa se enfríe para poder manipularla, retiramos el acetato y observamos que las pistas no estén cortadas, en caso de estarlo, se puede utilizar marcador de CD para completarlas (Figura 3.63), teniendo siempre en cuenta el diseño original (En esta fase tampoco se debe tocar la placa con las manos desnudas).

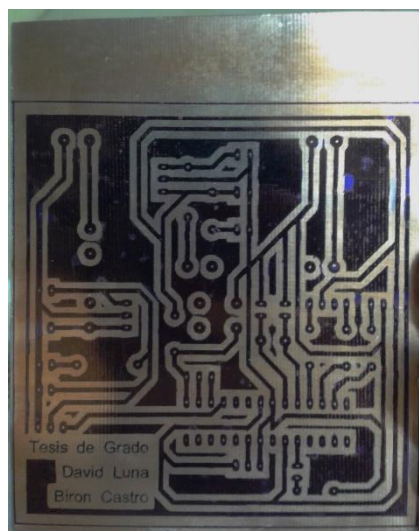


Figura 3.63 Estado de las pistas de la placa
Fuente: Autores.

Ahora hay que preparar el ácido para retirar el cobre de las áreas que no tienen tóner, usando percloruro férrico y agua destilada tibia para mejorar la reacción química (Figura 3.64). No se debe usar agua normal puesto que posee muchos minerales y puede oxidar el cobre. La cantidad de agua destilada que se usará debe ser sólo la suficiente para cubrir la placa, esto depende del fondo y forma del recipiente que usemos.



Figura 3.64 Agua destilada y percloruro férrico
Fuente: Autores.

Se debe evitar el uso de elementos metálicos durante esta etapa ya que el ácido es altamente corrosivo, por lo tanto se usará un recipiente plástico para mezclar el ácido conjuntamente con guantes quirúrgicos para evitar que el ácido entre en contacto directo con la piel. En caso de que el percloruro férrico no se haya disuelto en su totalidad se mueve el ácido con la ayuda de una cuchara plástica (Figura 3.65). También hay que asegurarse de que el lugar donde vayamos a trabajar con el ácido no sea metálico ya que como se mencionó anteriormente es muy corrosivo, en nuestro

caso se usó una mesa de madera, al final el ácido preparado debe presentar un color amarillento y uniforme.



Figura 3.65 Ácido preparado

Fuente: Autores.

Sumergimos la placa en el ácido y movemos el recipiente de lado a lado, tanto de izquierda a derecha como de arriba abajo durante todo el proceso para ayudar a acelerar un poco la disolución del cobre (Figura 3.66).



Figura 3.66 Placa sumergida en el ácido

Fuente: Autores.

El proceso termina cuando todo el cobre que no está protegido se disuelva totalmente, esto se puede observar fácilmente ya que estas zonas se comienzan a aclarar quedando de un color blanco. De igual manera hay que observar que el tóner no se desprege de la placa ya que si esto sucede el ácido va a atacar las zonas que se querían proteger, lo que puede ocasionar que las pistas se corten.

Cuando ya se observa todo el cobre disuelto, se retira la placa y se la pasa a otro recipiente que debe contener agua destilada. Posteriormente se limpia totalmente la

placa para retirar los restos del ácido que se pudieron quedar impregnados y se la deja secar (Figura 3.67).

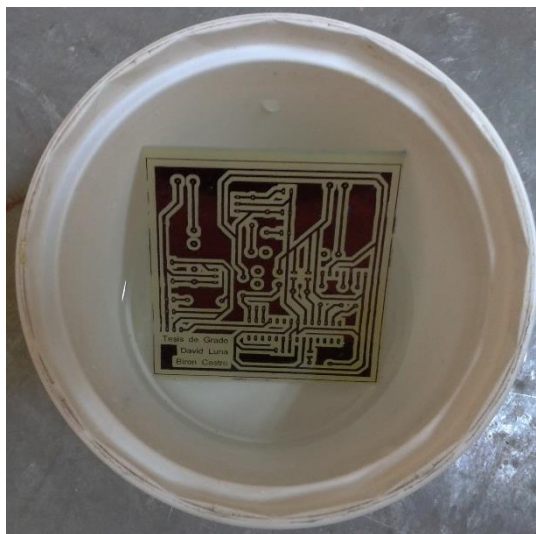


Figura 3.67 Placa sumergida en agua destilada
Fuente: Autores.

Retiramos el tóner de la placa con la ayuda de acetona para dejar nuevamente descubierto el cobre (Figura 3.68-A) y verificamos que exista continuidad sólo entre las pistas que deben ir conectadas entre sí (Figura 3.68-B), se recomienda el uso de guantes quirúrgicos para no tocar la placa directamente.

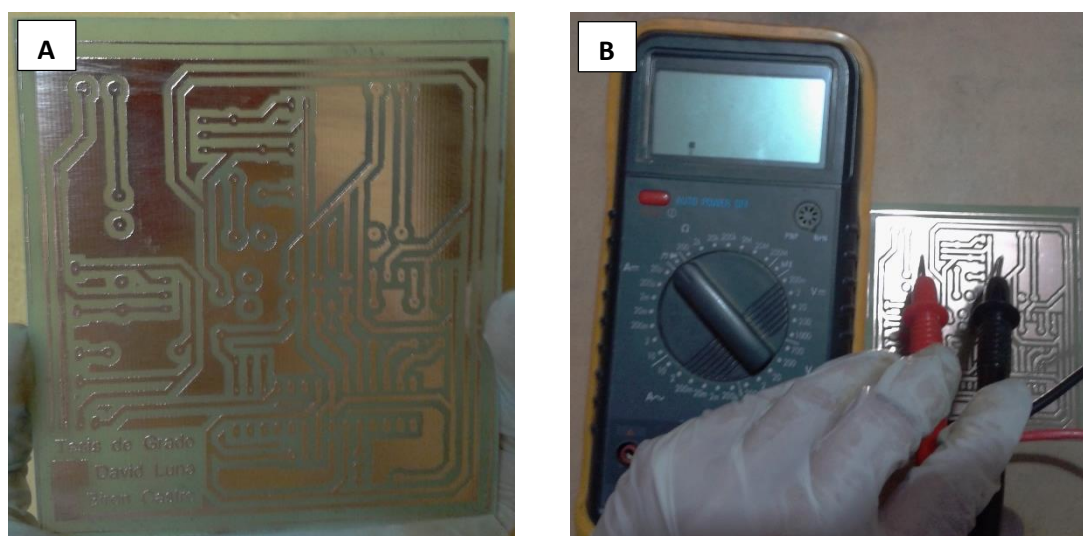


Figura 3.68 Limpieza y verificación de las pistas
Fuente: Autores.

Se procede a realizar los agujeros de la placa por lo que para esto se usará un taladro y brocas de 1 mm (Figura 3.69). Se coloca debajo de la placa un taco de madera para evitar dañar la mesa de trabajo.

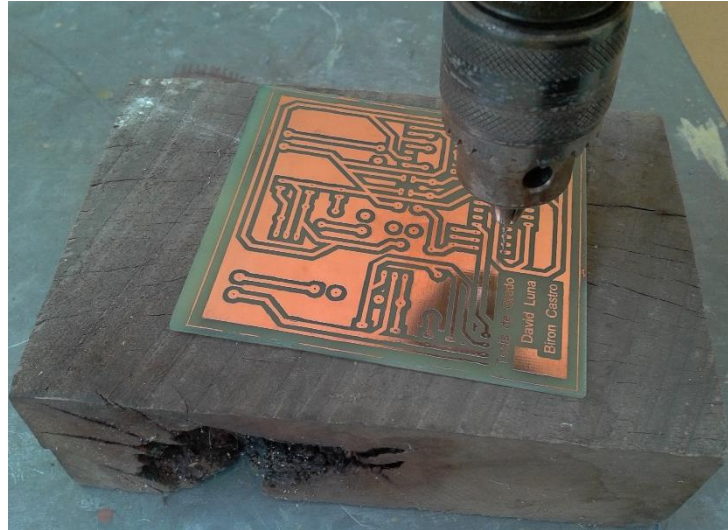


Figura 3.69 Perforación de la placa
Fuente: Autores.

Se revisa contraluz que todos los agujeros estén realizados y que las pistas no estén cortadas o cruzadas con otras pistas (Figura 3.70).

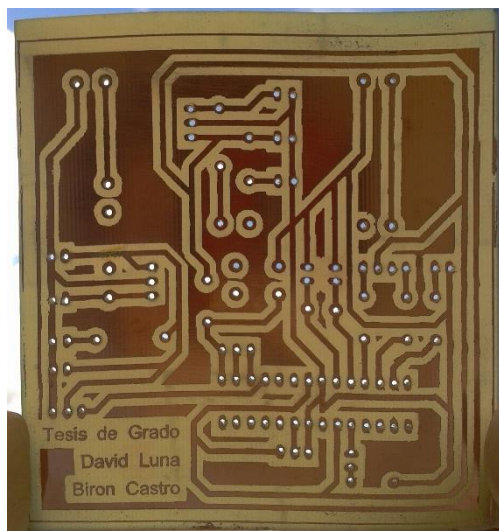


Figura 3.70 Inspección de PCB contraluz
Fuente: Autores.

Soldamos los elementos en las posiciones que les designamos usando estaño, pistola de soldar y pasta para soldar. Se deberán usar los guantes para evitar que la transpiración de las manos toque algún elemento. La placa se aprecia en la figura 3.71.

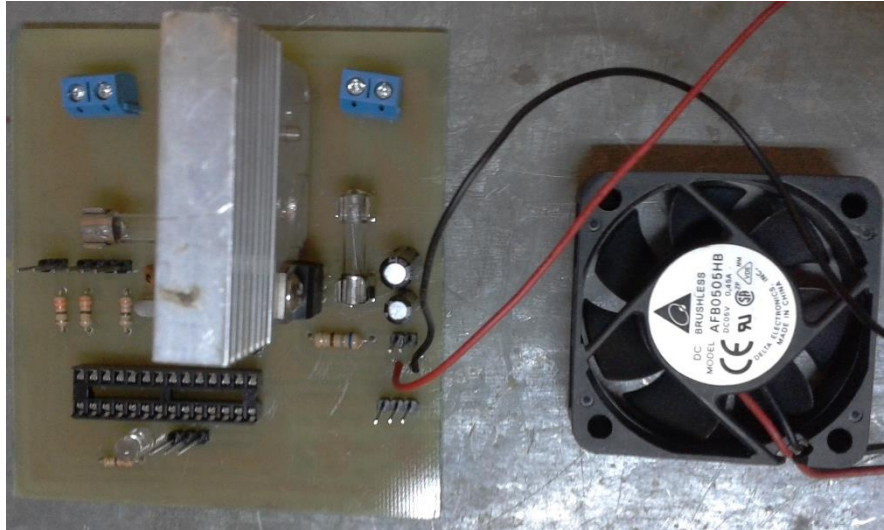


Figura 3.71 PCB con los elementos soldados
Fuente: Autores.

Limpiamos nuevamente la base de la PCB hasta conseguir nuevamente el aspecto brillante del cobre ya que al momento de soldar la pasta que se usa como fundente se disuelve y ensucia todas las pistas (Figura 3.72).

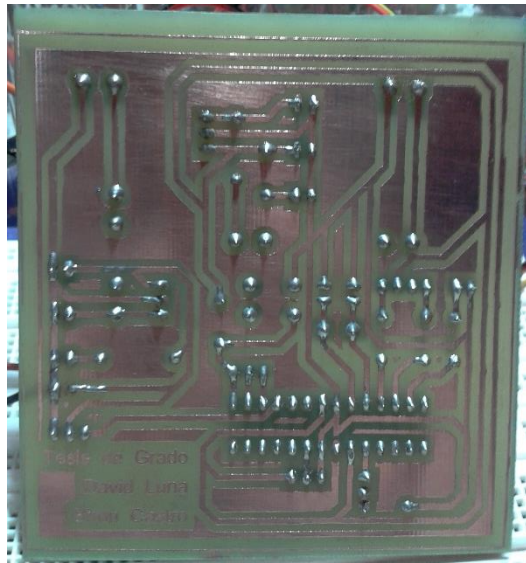


Figura 3.72 Pistas después de retirar la pasta de soldar
Fuente: Autores.

Para finalizar recubrimos la base de la placa con silicón para evitar algún cortocircuito y comprobamos que todos los elementos funcionen nuevamente (Figura 3.73).

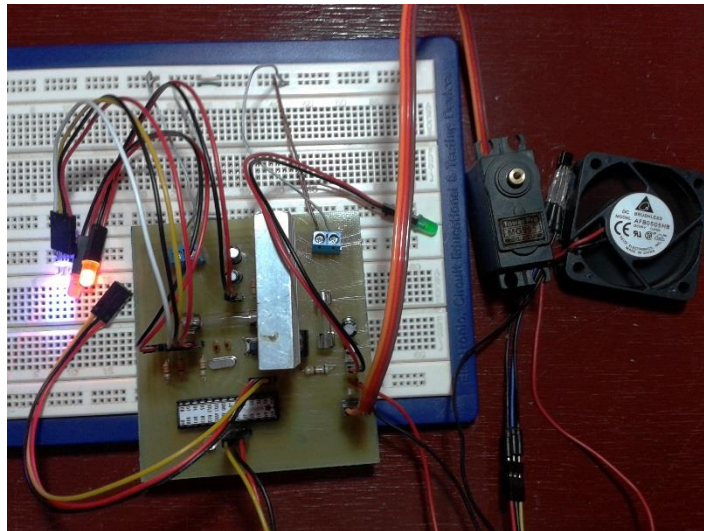


Figura 3.73 Placa de circuito impreso finalizada
Fuente: Autores.

3.6. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CAJA

La caja debe ser de un material aislante por lo que en primera instancia se pensó realizarla de madera. Sin embargo este material se demora mucho en disipar el calor y además si se lo coloca en un lugar húmedo se tiende a dañar, por lo tanto optamos por hacerla de plástico. Comenzamos por hacer un modelo en cartón prensado para ver que dimensiones tendría la misma y las posiciones en las que ubicaremos cada uno de los elemento (Figura 3.74).

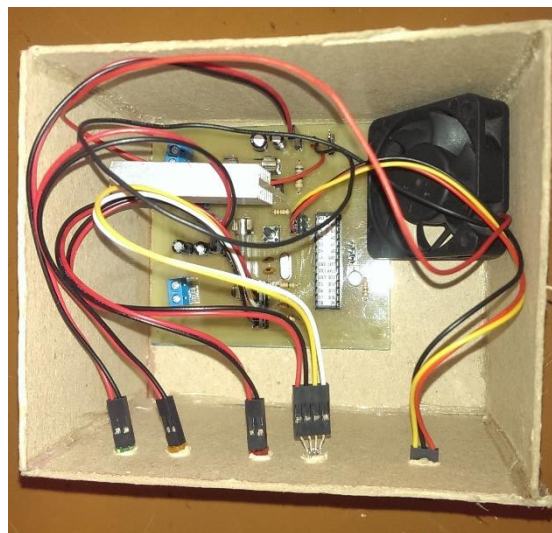


Figura 3.74 Modelo de la caja en cartón prensado (Vista superior)
Fuente: Autores.

Una vez verificada la posición de los elementos construimos la caja plástica con los elementos instalados en su interior. (Figura 3.75).

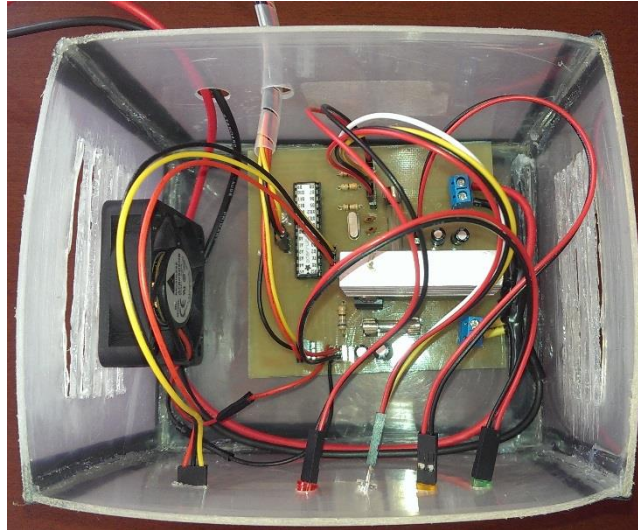


Figura 3.75 Modelo de la caja en plástico (Vista superior)
Fuente: Autores.

Los cables de alimentación y los que salen al sensor de temperatura y al servomotor fueron enrollados con cinta helicoidal de número 6 para protegerlos y para que sea más fácil su manipulación (Figura 3.76).



Figura 3.76 Cinta helicoidal número 6
Fuente: Autores.

Para darle un mejor acabado a la caja se diseñó un banner impreso en papel adhesivo para recubrirlo (Su diseño se puede ver en la figura 3.77).

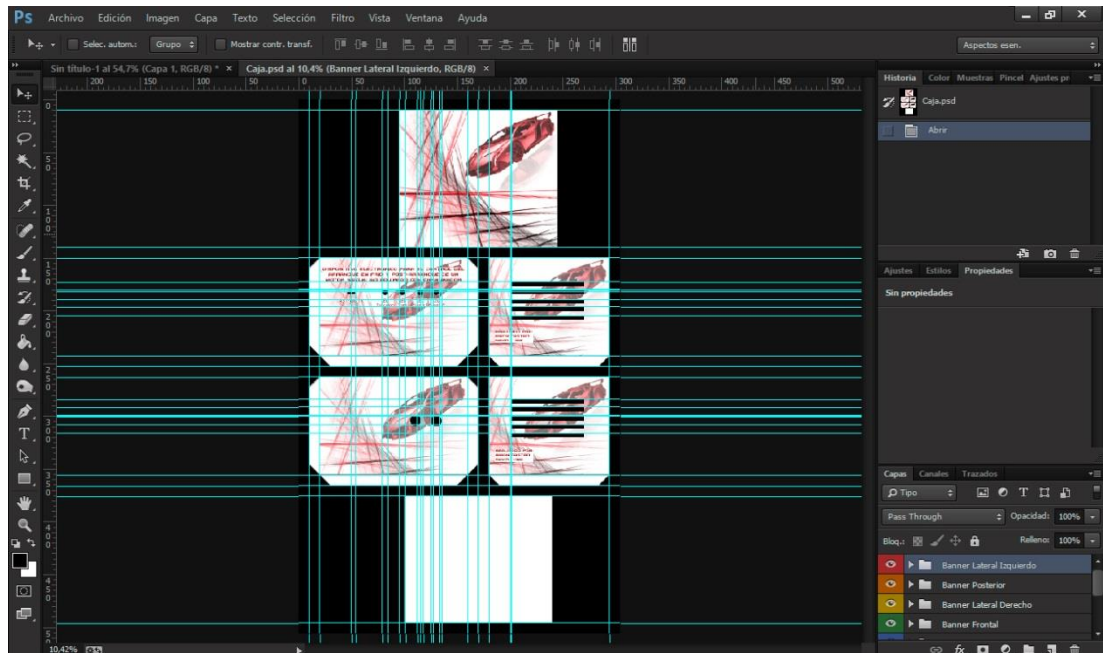


Figura 3.77 Banner diseñado para la caja
Fuente: Autores.

Recubrimos la caja con el banner (Figura 3.78).



Figura 3.78 Caja cubierta con el banner
Fuente: Autores.

Finalmente se procede a colocar la PCB dentro de la caja y a sujetar cada elemento en su posición, los indicadores y el terminal para la comunicación serial se pegaran con la ayuda de silicón caliente, de igual manera se hará con la base de la PCB y el ventilador, el nuevo aspecto de la caja juntamente con sus elementos se observa en la figura 3.79.



Figura 3.79 Aspecto final de la caja
Fuente: Autores.

Como último paso se realiza una prueba del circuito para verificar que ningún elemento se haya dañado durante el montaje (Figura 3.80).

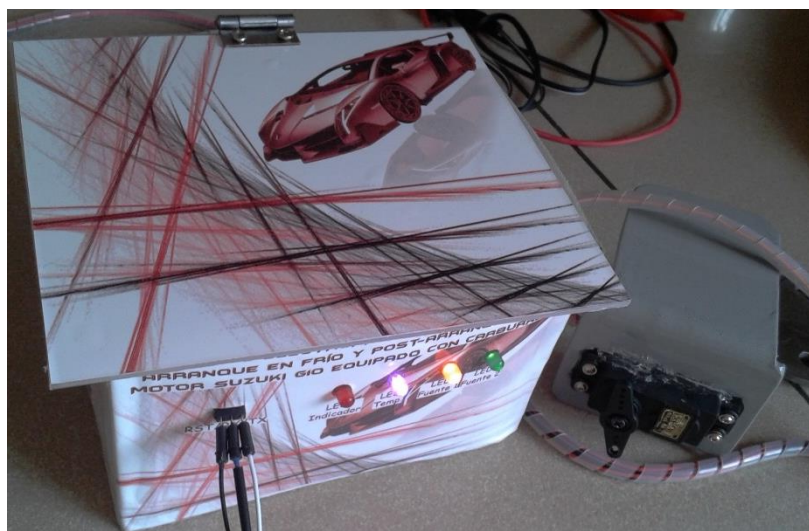


Figura 3.80 Prueba del circuito en la caja
Fuente: Autores.

3.7. PRESUPUESTO

A continuación se presentará el valor monetario que conlleva realizar el proyecto, mostraremos dos presupuestos, uno para el fabricante y otro para el cliente.

Tabla 3.1 Presupuesto del dispositivo (Fabricante)
Fuente: Autores.

Ítem	Material	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
1	Balanza de mano	1	5,00	5,00
2	Servomotor	1	40,00	40,00
3	Base metálica	1	50,00	50,00

4	Pintura antioxidante	1	10,00	10,00
5	Empaques	2	5,00	10,00
6	Cable de acero inoxidable	1	1,00	1,00
7	Prisionero	2	0,25	0,50
8	LM35	1	2,00	2,00
9	Disipador de calor	1	3,00	3,00
10	Bronce dulce	1	5,00	5,00
11	Materiales electrónicos	1	20,00	20,00
12	Atmega328p	1	9,00	9,00
13	Adaptador A/C	1	12,00	12,00
14	Placa de cobre con fibra de vidrio	1	4,00	4,00
15	Caladora	1	8,00	8,00
16	Acetona	1	1,00	1,00
17	Lija #1000	1	0,40	0,40
18	Lija #1500	1	0,50	0,50
19	Acetato	1	0,30	0,30
20	Impresión	1	0,50	0,50
21	Plancha	1	30,00	30,00
22	Cinta masking	1	0,50	0,50
23	Recipientes plásticos	2	0,50	1,00
24	Agua destilada	1	0,50	0,50
25	Percloruro férrico	1	0,60	0,60
26	Guantes quirúrgicos	4	0,25	1,00
27	Multímetro digital	1	50,00	50,00
28	Mini taladro	1	50,00	50,00
29	Broca de 1mm	1	0,50	0,50
30	Pistola para soldar	1	60,00	60,00
31	Estaño	1	7,00	7,00
32	Pasta para soldar	1	5,00	5,00
33	Pistola de silicón	1	10,00	10,00
34	Silicón en barra	2	0,50	1,00
35	Silicón gris	1	7,00	7,00
36	Caja plástica	1	10,00	10,00
37	Banner	1	10,00	10,00
38	Cinta helicoidal #6	1	3,00	3,00
39	Cable #24	8 m	0,15	1,20
40	Cable #16	1 m	0,50	0,50
41	Cinta aislante	1	6,00	6,00
42	Imprevistos	1	63,00	63,00
Total (\$)				500,00

El fabricante requiere de alrededor de 500 dólares para poder realizar la reproducción del proyecto, ahora procederemos con el presupuesto del cliente.

Tabla 3.2 Presupuesto del dispositivo (Cliente)**Fuente:** Autores.

Ítem	Material	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
1	Servomotor	1	40,00	40,00
2	Base metálica	1	50,00	50,00
3	Pintura antioxidante	1	10,00	10,00
4	Empaques	2	5,00	10,00
5	Cable de acero inoxidable	1	1,00	1,00
6	Prisionero	2	0,25	0,50
7	LM35	1	2,00	2,00
8	Disipador de calor	1	3,00	3,00
9	Bronce dulce	1	5,00	5,00
10	Materiales electrónicos	1	20,00	20,00
11	Atmega328p	1	9,00	9,00
12	Placa de cobre con fibra de vidrio	1	4,00	4,00
13	Acetona	1	1,00	1,00
14	Lija #1000	1	0,40	0,40
15	Lija #1500	1	0,50	0,50
16	Acetato	1	0,30	0,30
17	Impresión	1	0,50	0,50
18	Agua destilada	1	0,50	0,50
19	Percloruro férrico	1	0,60	0,60
20	Silicón en barra	2	0,50	1,00
21	Silicón gris	1	7,00	7,00
22	Caja plástica	1	10,00	10,00
23	Banner	1	10,00	10,00
24	Cinta helicoidal #6	1	3,00	3,00
25	Cable #24	8 m	0,15	1,20
26	Cable #16	1 m	0,50	0,50
27	Programación	1	40,00	40,00
28	Calibración	1	20,00	20,00
29	Cinta aislante	1	6,00	6,00
Total (\$)				257,00

El cliente requiere alrededor de 257 dólares para instalar el dispositivo en su vehículo.

CAPITULO 4

4. ENSAYOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO MONTADO EN EL MOTOR SUZUKI G10

En el presente capítulo mostraremos las diferentes pruebas que se han realizado para determinar la validez o nulidad de nuestra hipótesis. Antes de realizar las pruebas se procederá a afinar el motor para que quede lo más próximo a los rangos establecidos por la norma INEN de gases contaminantes. Hay que tener en cuenta que el motor no es nuevo por lo tanto alguno de los gases van a quedar fuera de rango debido al desgaste interno del mismo.

4.1. AFINAMIENTO DEL MOTOR

Las especificaciones del vehículo son las siguientes:

Tabla 4.1 Especificaciones del vehículo Suzuki Forsa 1
Fuente: [15]

Tipo	SOHC 3 cilindros en línea
Color	Plomo
Año de fabricación	1990
Cilindraje	993 cc
Código de motor	G10A
Potencia	39 kW @ 5700 rpm
Torque	76 Nm @ 3000 rpm
Orden de encendido	1-3-2
Carburador	AISAN descendente doble cuerpo
Bujía	NGK BPR6ES
Entrehierro de bujía	0,7-0,8 mm
Relación de compresión	9,5:1
Tapa de radiador	0,9 bar
Apertura de termostato	82 °C
Tonelaje	0,75 T

El vehículo que usaremos se muestra en la figura 4.1.



Figura 4.1 Suzuki Forsa 1
Fuente: Autores.

A continuación se inspecciona el motor para ver el estado de sus elementos, comenzando por la compresión de la máquina (Figura 4.2). Esta prueba se realiza en tres ocasiones y nos da los siguientes resultados:

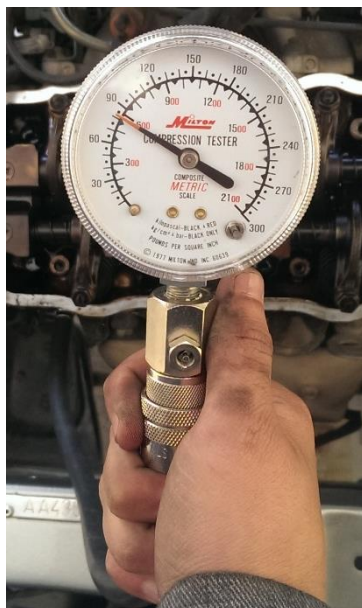


Figura 4.2 Medida de la compresión del cilindro #1
Fuente: Autores.

Los valores que se obtienen por cada cilindro se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.2 Medida de la compresión de los cilindros
Fuente: Autores.

Medición	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3
1	85 PSI	95 PSI	95 PSI
2	85 PSI	95 PSI	95 PSI
3	85 PSI	95 PSI	95 PSI

El primer cilindro presenta 10 PSI por debajo del resto de cilindros, lo que es un indicativo de que se encuentra desgastado, esto se debe a que el vehículo ya posee más de 150000 Km recorridos y además es un vehículo de segunda mano y no se ha reparado el motor en aproximadamente 9 años, tiempo que tiene el vehículo con su actual propietario.

El entrehierro de las bujías era de 0,9 mm (Figura 4.3-A) y se redujo a 0,7 mm (Figura 4.3-B) de acuerdo a lo que especifica el manual de reparación.

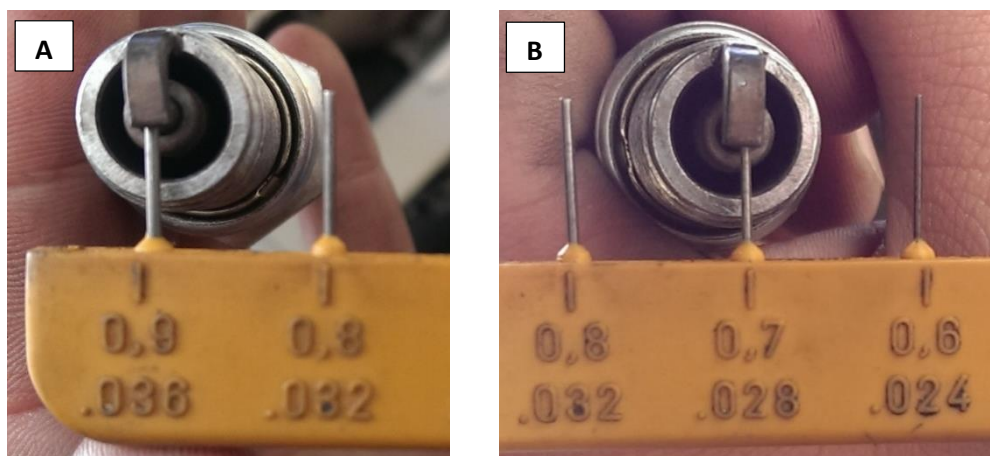


Figura 4.3 Entrehierro anterior y actual de la bujía respectivamente
Fuente: Autores.

Se procede a inspeccionar el juego de válvulas basándonos en la tabla:

Tabla 4.3 Inspección del juego de válvulas
Fuente: [16]

Especificación del juego de válvulas		En frío (Temperatura del refrigerante entre 15 - 25°C)	En caliente (Temperatura del refrigerante entre 60 - 68°C)
	Admisión	0,13 - 0,17 mm (0,005 - 0,007 in.)	0,17 - 0,21 mm (0,007 - 0,008 in.)
	Escape	0,23 - 0,27 mm (0,009 - 0,011 in.)	0,28 - 0,32 mm (0,011 - 0,013 in.)

Las galgas que se usarán son las de 0,15 mm (0,006 in.) y 0,25 mm (0,010 in.) para las válvulas de admisión y escape respectivamente (Figura 4.4), esto se lo realiza con el motor en frío.



Figura 4.4 Galgas de calibración
Fuente: Autores.

Una vez terminado el ajuste del juego valvular, se realiza nuevamente otra inspección para comprobar que las holguras son las correctas, en la figura 4.5-A se comprueba la válvula de admisión y en la figura 4.5-B se comprueba la válvula de escape.

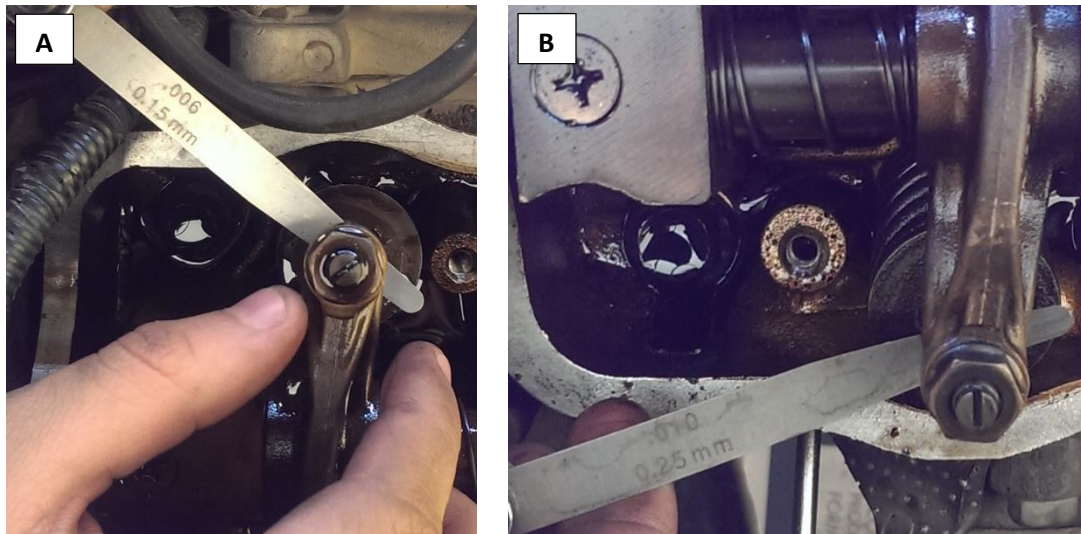


Figura 4.5 Comprobación del juego de las válvulas de admisión y escape respectivamente
Fuente: Autores.

Pasamos a comprobar el estado del termostato y del trompo de temperatura. Se pudo observar que estos elementos se encontraban en mal estado por lo que fueron reemplazados, además el empaque del múltiple de admisión estaba roto y el tapón de lata presentaba un agujero generado por la corrosión (Figura 4.6).



Figura 4.6 Elementos del sistema de refrigeración en mal estado
Fuente: Autores.

Todos estos elementos deben ser reemplazados para que el motor alcance la temperatura de funcionamiento ideal (Figura 4.7).



Figura 4.7 Repuestos de los elementos del sistema de refrigeración
Fuente: Autores.

Posteriormente desmontamos el carburador para proceder a limpiarlo con *carburetor cleaner* (Figura 4.8). Un carburador sucio puede ocasionar un incremento de HC o de CO₂ dependiendo de la calidad de mezcla que esté entregando.



Figura 4.8 Limpieza del carburador
Fuente: Autores.

Lo desarmamos y sacamos los difusores (Figura 4.9-A) y ciclones (Figura 4.9-B) ya que son los elementos por los cuales el combustible circula y se pulveriza para mezclarse con el aire.

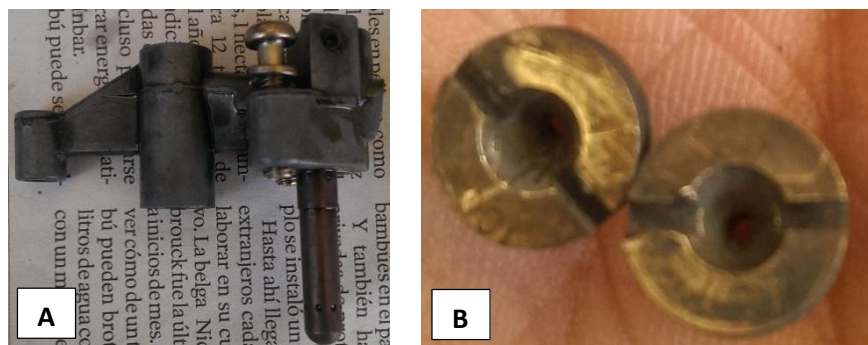


Figura 4.9 Difusor y ciclón del carburador
Fuente: Autores.

El difusor sólo fue limpiado, los ciclos tuvieron que cambiarse debido a que estaban en mal estado, se colocaron ciclos de 80 (0,8 mm) y 90 (0,9 mm) para altas y bajas respectivamente (Figura 4.10).



Figura 4.10 Ciclos viejos y nuevos
Fuente: Autores.

El filtro de combustible también se encontraba en mal estado (Figura 4.11). Este elemento debe cambiarse debido a que si se tapona la cantidad de gasolina que ingrese al carburador se reducirá, ocasionando mezclas pobres o en su defecto que el vehículo no encienda por ausencia de combustible.



Figura 4.11 Filtro de combustible sucio
Fuente: Autores.

Volvemos a colocar el carburador en el vehículo y regulamos el régimen del motor con la ayuda de un tacómetro, mediante el tornillo que sujeta el cable del acelerador hasta dejarlo entre las 850 ± 50 rpm que indica el manual del fabricante (Figura 4.12).



Figura 4.12 Régimen de giro del motor
Fuente: Autores.

Revisamos el vacío y el tiempo del motor (Figura 4.13). El vacío es de 40 cm de Hg, y el tiempo es de 35,5°; por lo tanto el motor está funcionando correctamente.



Figura 4.13 Vacío y tiempo del motor
Fuente: Autores.

Para finalizar vamos a regular los gases de acuerdo a la norma NTE INEN 2 204:2002. Los límites que estipula esta norma se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.4 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina.
Marcha mínima o ralentí (Prueba estática)
Fuente: [17]

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200

* Volumen
**Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

Nuestro vehículo es del año 1990 y la altitud de la ciudad de Cuenca es de 2550 msnm, por lo tanto nuestro límite de CO es de 4,5 % y el límite del HC es de 750 ppm. La medición lo haremos con el analizador de gases Qrotech QGA 6000 (Figura 4.14).



Figura 4.14 Analizador de gases QGA 6000
Fuente: Autores.

A continuación se muestran los resultados de la medición correspondiente al estado inicial del vehículo. Dicha medición se realizó el 3 de septiembre del 2014 a las 5:00 p.m., con una temperatura ambiente de 18 °C y con el vehículo en ralentí:

Tabla 4.5 Medición de gases con el vehículo en ralentí (Estado inicial)
Fuente: Autores.

Gases				Lambda
CO (%)	CO2 (%)	O2 (%)	HC (ppm)	
6,95	9,50	2,13	1621	0,839

La siguiente medición la realizamos cuando el motor alcanza su temperatura de funcionamiento y el ventilador se enciende. La prueba se realizó inmediatamente después de la anterior medición.

Tabla 4.6 Medición de gases con el vehículo caliente (Estado inicial)
Fuente: Autores.

Gases				Lambda
CO (%)	CO2 (%)	O2 (%)	HC (ppm)	
3,74	10,50	3,39	1815	0,969

Como se puede observar en las tablas anteriores los resultados obtenidos muestran valores demasiado elevados en los diferentes gases como son: CO y HC, estas pruebas sirven para tener una idea base de cómo se encuentra el motor, para en función de ello poder calibrar los gases y tener un rango más estable de valores de gases.

Para poder calibrar los gases buscamos el tornillo que regula la calidad de la mezcla (Figura 4.15) y lo giramos en sentido horario u antihorario hasta dejar al vehículo dentro de los rangos que establece la norma.

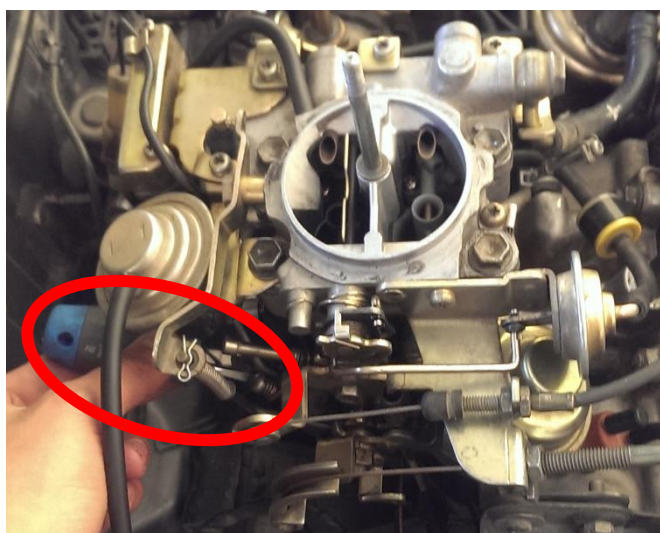


Figura 4.15 Calibración de gases en el carburador
Fuente: Autores.

Esta tabla muestra los datos obtenidos luego de realizar la calibración, esta medición se realizó el día 4 de septiembre del 2014 a las 11:56 a.m, a una temperatura ambiente de 16 °C y con el motor en ralentí:

Tabla 4.7 Medición de gases con el vehículo en ralentí (Afinado)
Fuente: Autores.

Gases				Lambda
CO (%)	CO2 (%)	O2 (%)	HC (ppm)	
4,21	11,90	2,14	536	0,953

Como se puede observar en estas mediciones ya se realizó la calibración de gases de acuerdo a como lo exige la Normativa INEN 204 del 2002 para emisiones generadas por vehículos, ésta va a ser la base para las siguientes mediciones y análisis.

4.2. RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES (VEHÍCULO NORMAL)

A continuación se van a realizar tres pruebas (Una en la mañana, una en la tarde y una en la noche) con el vehículo en estado normal. Cuando decimos normal hacemos referencia al hecho de que el vehículo va a alcanzar su temperatura de funcionamiento sin necesidad de acelerarlo o usando el estrangulador, para esta fase de pruebas vamos a utilizar otro analizador de gases, su marca es MAHA y su modelo es MGT 5 (Figura 4.16).



Figura 4.16 Analizador de gases MGT 5
Fuente: Autores.

Se realizarán gráficas de los gases, de las revoluciones y de la temperatura externa del motor con respecto al tiempo para el posterior análisis, no se realizará la gráfica del lambda ya que en todos los casos es menor a 1, esto es solamente un indicador de que la mezcla con la que se trabaja es rica, sin embargo no aporta datos relevantes al análisis, por lo que no la tomaremos en cuenta.

La primera medición se realizó el día 10 de septiembre del 2014 a las 9:44 a.m. y con una temperatura ambiente de 20 °C, el motor se calentó en 8 minutos y 30 segundos,

el muestreo se realiza cada dos minutos, además se toma una muestra en el instante que arranca el vehículo (Minuto 0) y otra muestra al finalizar la prueba.

Tabla 4.8 Primera medición de gases (Normal)

Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)				
7,00	9,47	1,85	499	0,861	530	37	0
6,09	10,09	1,65	439	0,884	550	43,6	2
7,05	9,40	1,81	467	0,859	560	51,4	4
7,23	9,26	1,73	505	0,847	670	59,4	6
7,98	8,90	1,59	403	0,817	750	62,8	8

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.17.

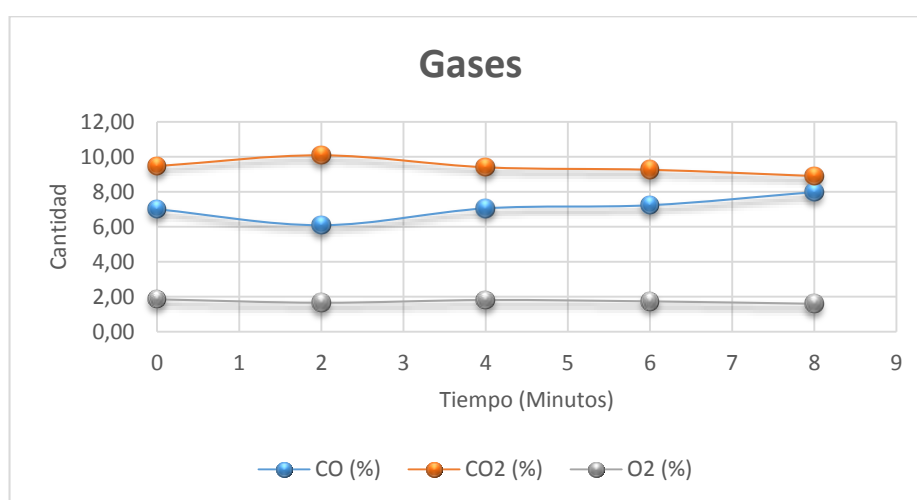


Figura 4.17 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 1 (Normal)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.18.

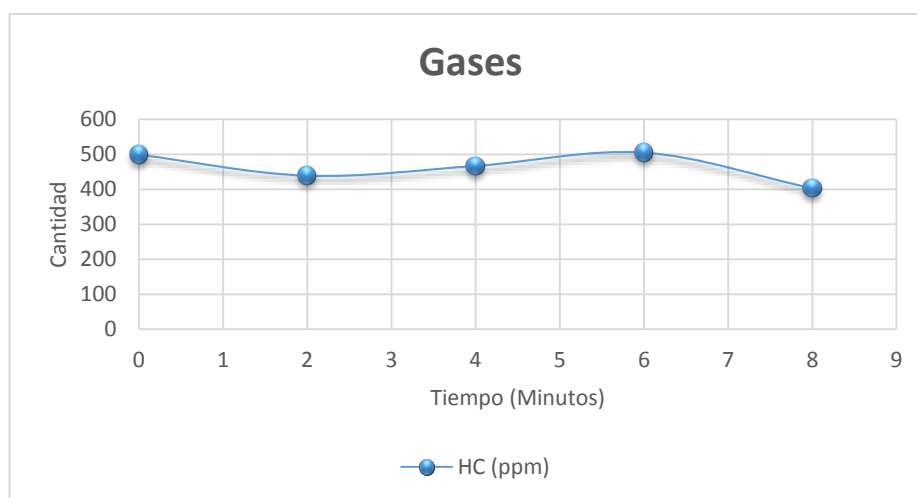


Figura 4.18 Gráfica de HC - Prueba 1 (Normal)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.19.

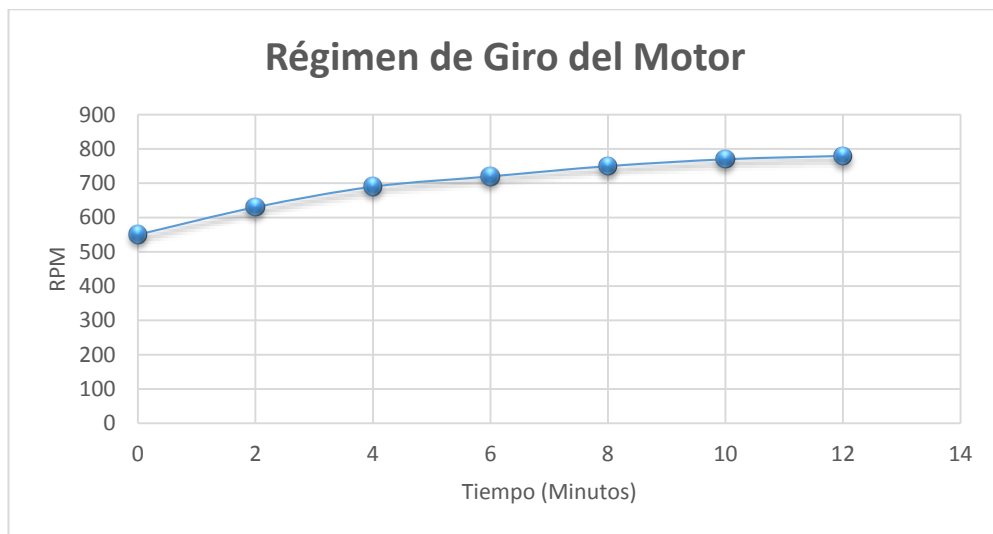


Figura 4.19 Gráfica de rpm - Prueba 1 (Normal)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.20. Esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura, no se la debe confundir con la temperatura de funcionamiento interna del motor ya que ésta es mucho mayor.

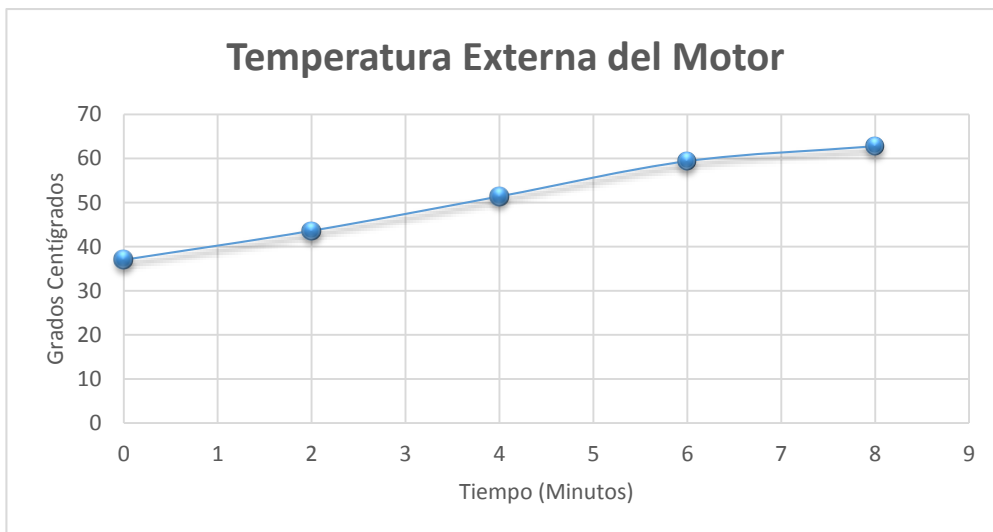


Figura 4.20 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 1 (Normal)

Fuente: Autores.

La segunda medición se realizó el día 10 de septiembre del 2014 a las 12:24 p.m. y con una temperatura ambiente de 20 °C, el motor se calentó en 13 minutos y 45 segundos, todas las muestras son tomadas de acuerdo a como se explicó en la primera prueba.

Tabla 4.9 Segunda medición de gases (Normal)

Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)				
6,68	9,13	1,94	658	0,860	550	33,5	0
7,27	9,01	1,75	530	0,847	630	39,6	2
6,43	9,42	1,80	483	0,868	690	41,1	4
6,45	9,52	2,03	618	0,874	720	48,9	6
7,41	8,86	1,68	493	0,837	750	52,5	8
7,33	8,95	1,64	454	0,835	770	56,6	10
7,26	8,80	1,72	604	0,843	780	60,9	12

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.21.

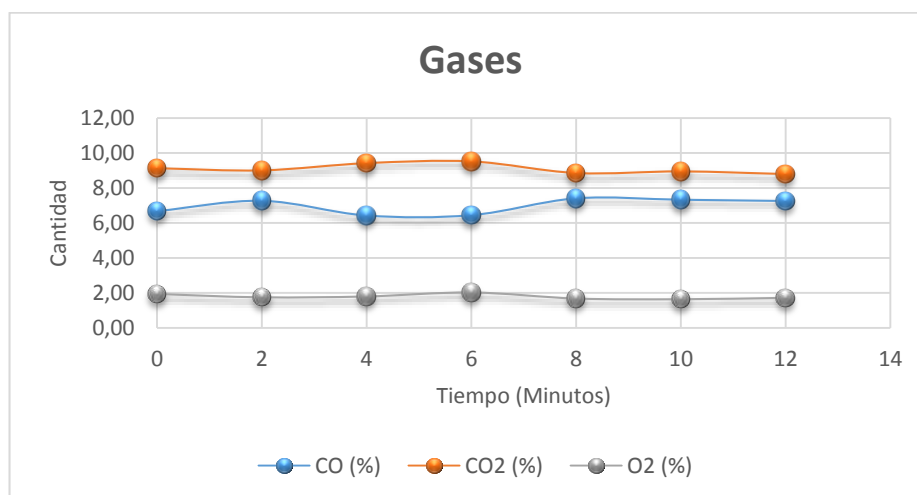


Figura 4.21 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 2 (Normal)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.22.

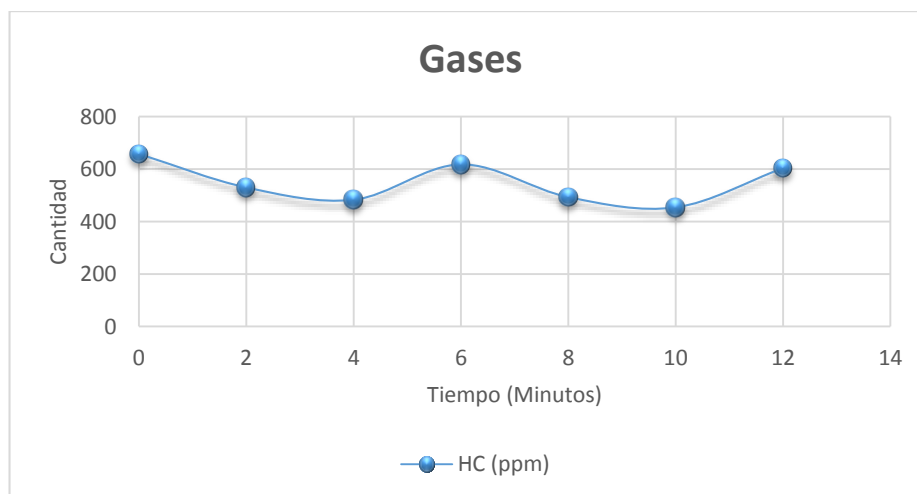


Figura 4.22 Gráfica de HC - Prueba 2 (Normal)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.23.

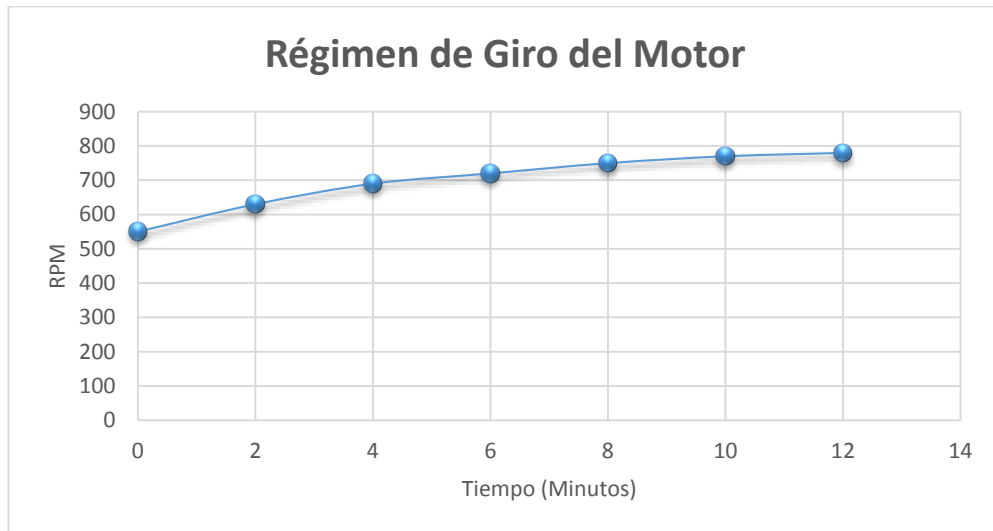


Figura 4.23 Gráfica de rpm - Prueba 2 (Normal)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.24, recordar que esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura.

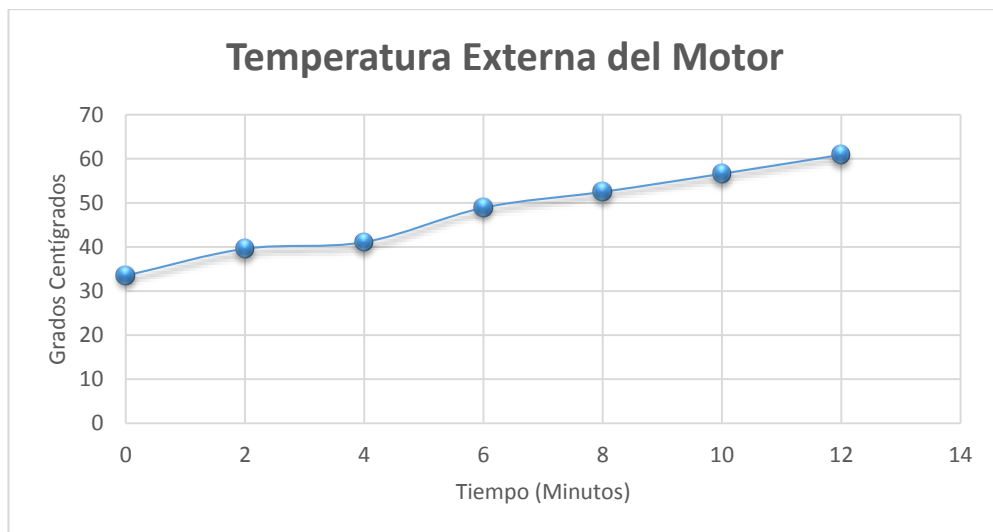


Figura 4.24 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 2 (Normal)

Fuente: Autores.

La tercera medición se realizó el día 10 de septiembre del 2014 a las 6:36 p.m. y con una temperatura ambiente de 16 °C, el motor se calentó en 16 minutos y 58 segundos, todas las muestras son tomadas de acuerdo a como se explicó en la primera prueba.

Tabla 4.10 Tercera medición de gases (Normal)

Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)				
7,19	9,19	2,37	1044	0,858	510	24,6	0
7,24	9,56	1,69	727	0,840	570	25,8	2
6,85	9,98	1,70	614	0,859	650	30,8	4
6,64	10,09	1,62	562	0,863	750	35,6	6
7,36	9,50	1,71	692	0,845	760	49,4	8
7,45	9,67	1,61	464	0,844	780	53,4	10
7,41	9,58	2,01	620	0,852	780	53,6	12
7,41	9,58	1,71	472	0,843	780	59,8	14
7,37	9,74	1,87	544	0,859	800	60,6	16

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.25.

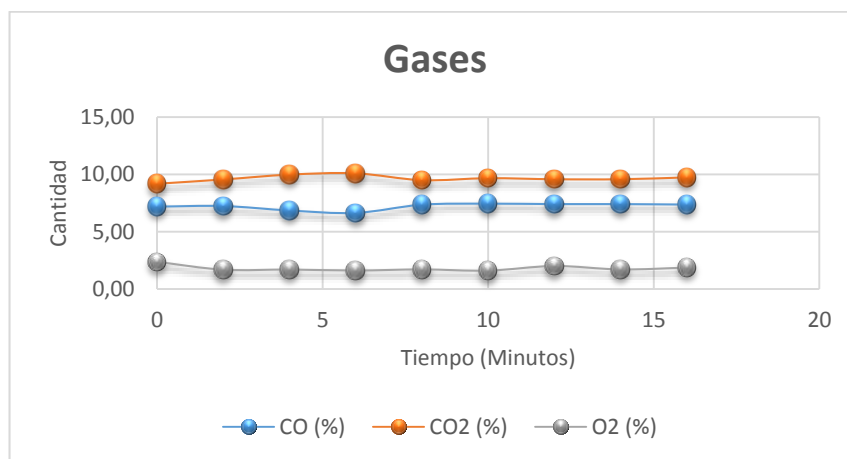


Figura 4.25 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 3 (Normal)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.26.

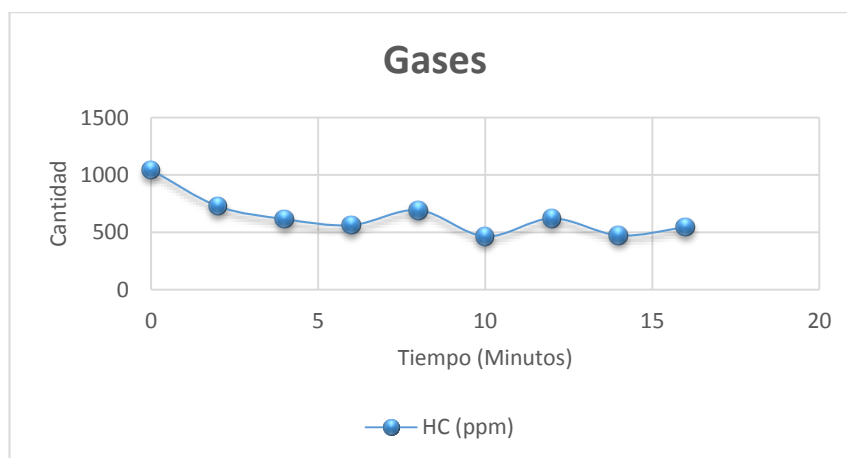


Figura 4.26 Gráfica de HC - Prueba 3 (Normal)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.27.

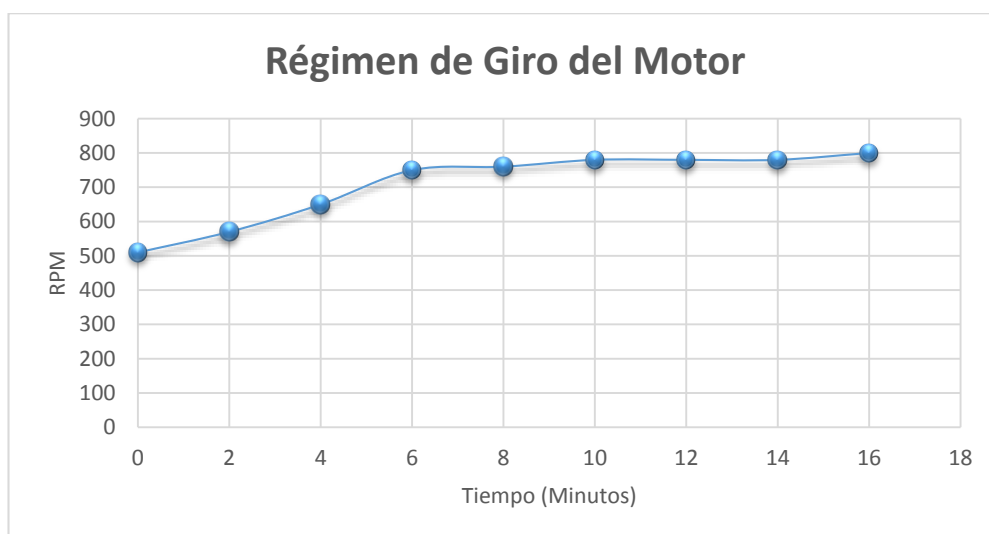


Figura 4.27 Gráfica de rpm - Prueba 3 (Normal)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.28, recordar que esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura.

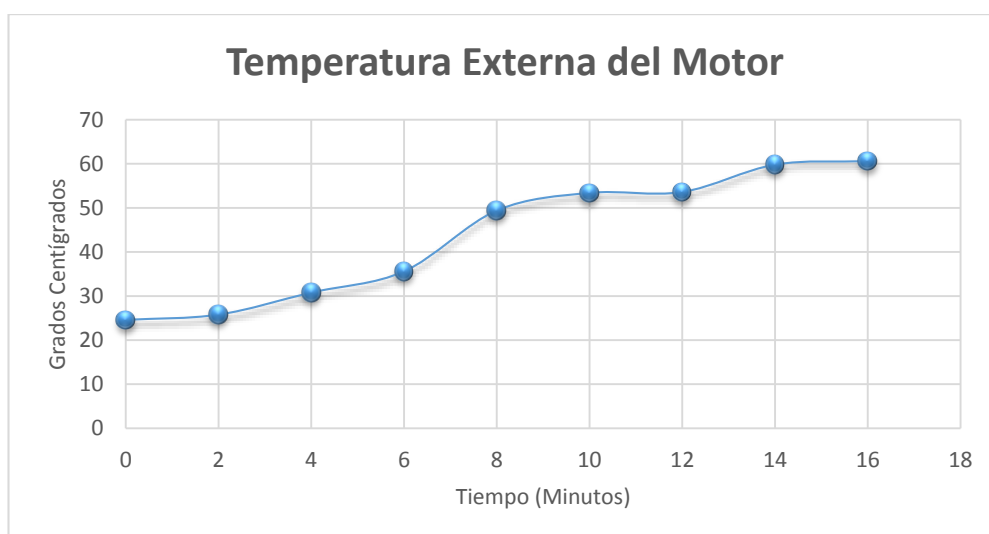


Figura 4.28 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 3 (Normal)

Fuente: Autores.

En este primer muestreo podemos observar que los valores del CO oscilan entre 6 y 8%, la norma estipula como límite el 4,5%. Los HC permanecen por debajo de las 750 ppm, oscilando entre 400 y 700 ppm generalmente. Las revoluciones se mantienen entre 500 y 800 rpm. La temperatura incrementa gradualmente en un promedio de 12 minutos.

La última medición se realizó con el motor completamente frío puesto que tuvo un lapso de 6 horas de descanso, por ese motivo su tiempo de calentamiento fue el más largo, sin embargo las emisiones en las 3 pruebas tuvieron el mismo comportamiento.

4.3. RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES (VEHÍCULO CON ESTRANGULADOR)

Se van a realizar tres pruebas nuevamente (Una en la mañana, una en la tarde y una en la noche), esta vez con el vehículo utilizando el estrangulador. El estrangulador ayuda a mantener el vehículo acelerado sin necesidad de estar pisando el pedal del acelerador, para estas mediciones se utiliza el mismo analizador de gases que se ocupó anteriormente.

Cabe destacar que para esta fase de pruebas se sustituyó el radiador debido a que el anterior se encontraba taponado, lo que no permitía la circulación del refrigerante y hacía que la temperatura del motor se eleve exageradamente.

La primera medición se realizó el día 16 de septiembre del 2014 a las 10:47 a.m. y con una temperatura ambiente de 14 °C, el motor se calentó en 10 minutos y 29 segundos, el muestreo se realiza cada dos minutos, además se toma una muestra en el instante que arranca el vehículo (Minuto 0) y otra muestra al finalizar la prueba.

Tabla 4.11 Primera medición de gases (Estrangulador)

Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)				
4,82	11,34	0,82	550	0,878	1200	19,4	0
5,62	10,54	1,17	445	0,875	1430	26	2
5,56	10,59	1,11	350	0,875	1520	32,4	4
6,00	10,27	1,35	445	0,871	1650	45,2	6
6,05	10,13	1,34	522	0,867	1720	49,2	8
6,98	9,56	1,21	551	0,836	1760	71,6	10

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.29.

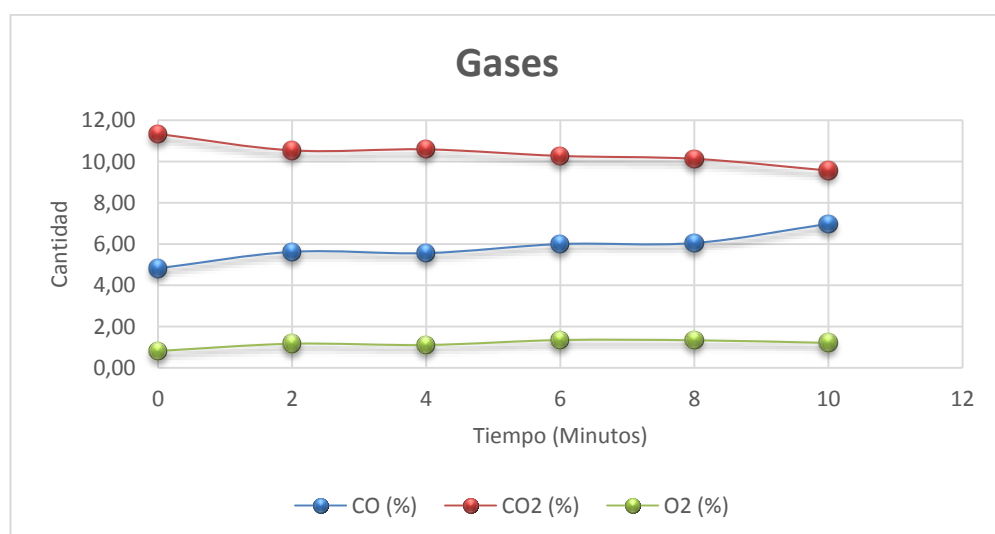


Figura 4.29 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 1 (Estrangulador)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.30.

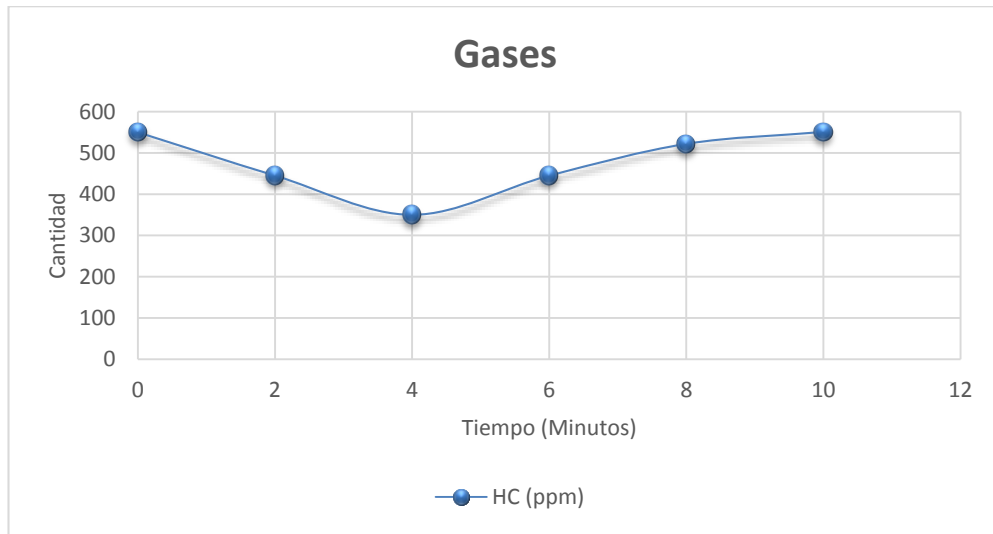


Figura 4.30 Gráfica de HC - Prueba 1 (Estrangulador)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.31.

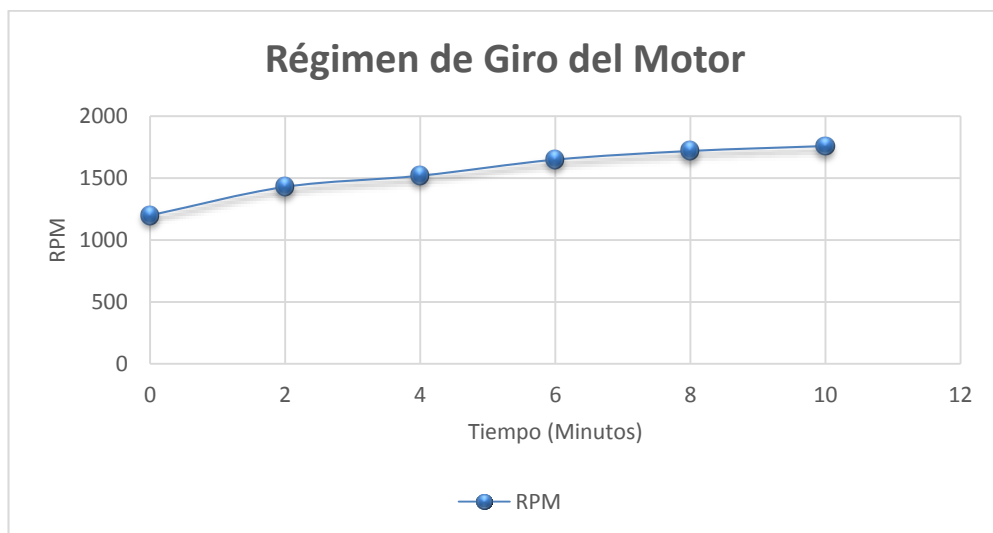


Figura 4.31 Gráfica de rpm - Prueba 1 (Estrangulador)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.32. Esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura, no se la debe confundir con la temperatura de funcionamiento interna del motor ya que ésta es mucho mayor.

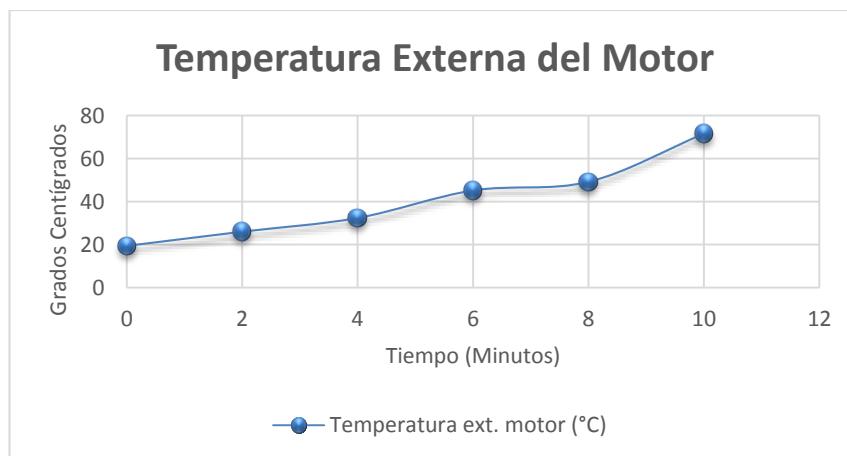


Figura 4.32 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 1 (Estrangulador)
Fuente: Autores.

La segunda medición se realizó el día 16 de septiembre del 2014 a las 12:34 p.m. y con una temperatura ambiente de 21 °C, el motor se calentó en 7 minutos y 45 segundos, todas las muestras son tomadas de acuerdo a como se explicó en la primera prueba.

Tabla 4.12 Segunda medición de gases (Estrangulador)
Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)				
5,85	10,27	1,65	482	0,886	1100	30,7	0
6,30	9,82	1,69	578	0,867	1350	31,4	2
6,95	9,47	1,72	530	0,855	1510	33,6	4
6,59	9,82	1,79	585	0,869	1590	42	6
6,75	9,56	1,70	568	0,860	1600	69	8

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.33.

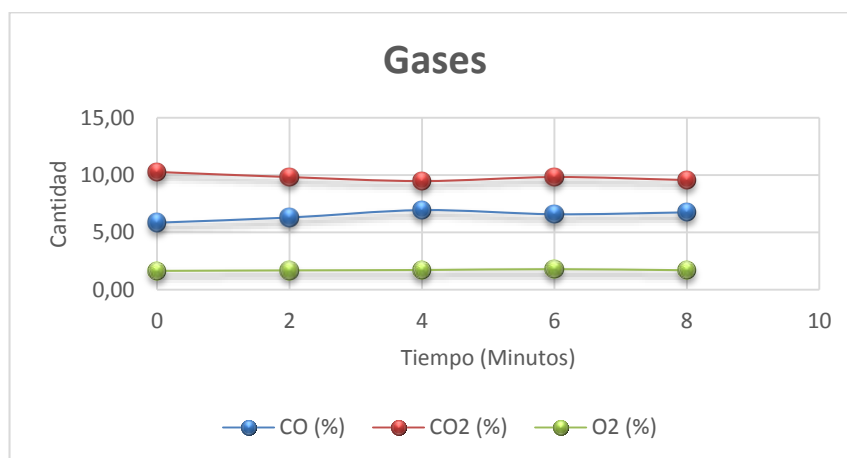


Figura 4.33 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 2 (Estrangulador)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.34.

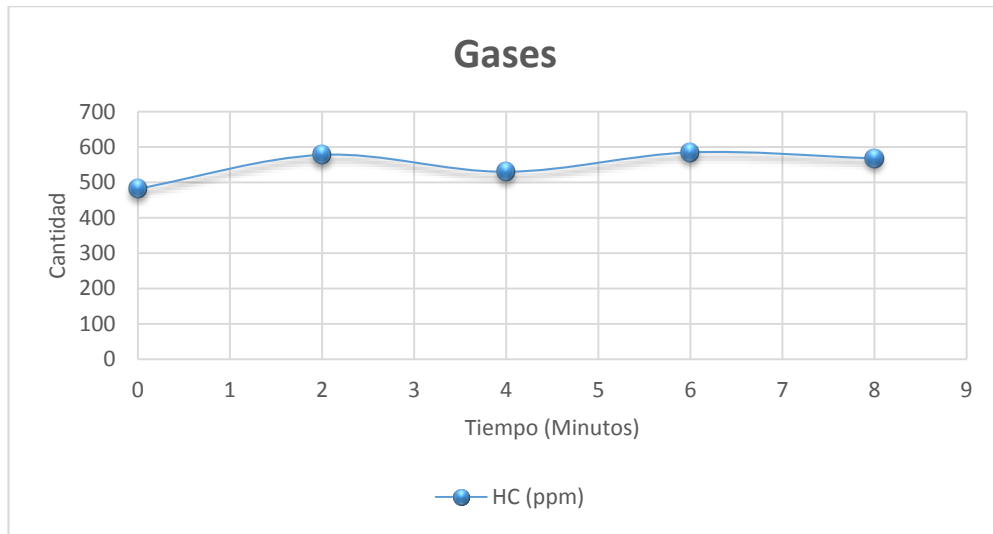


Figura 4.34 Gráfica de HC - Prueba 2 (Estrangulador)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.35.

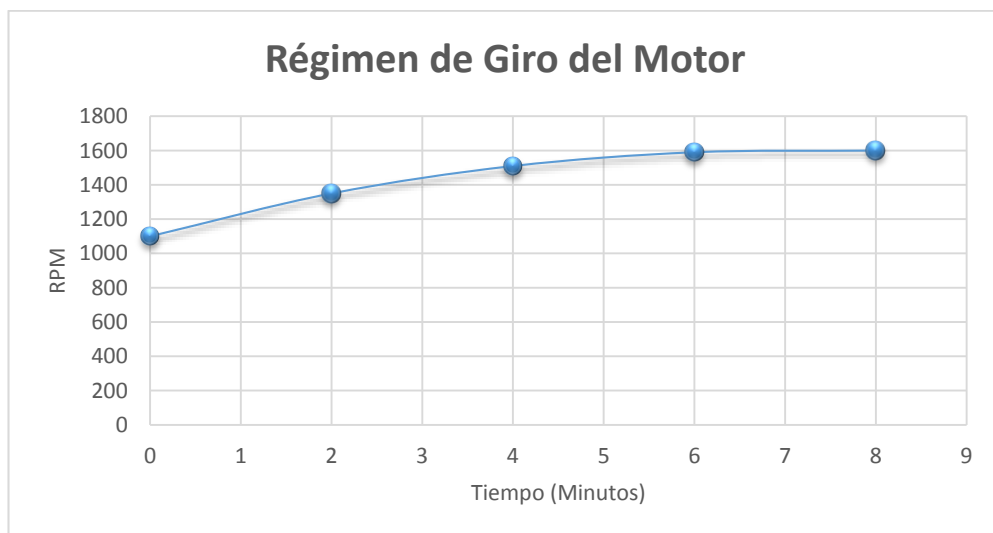


Figura 4.35 Gráfica de rpm - Prueba 2 (Estrangulador)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.36, recordar que esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura.

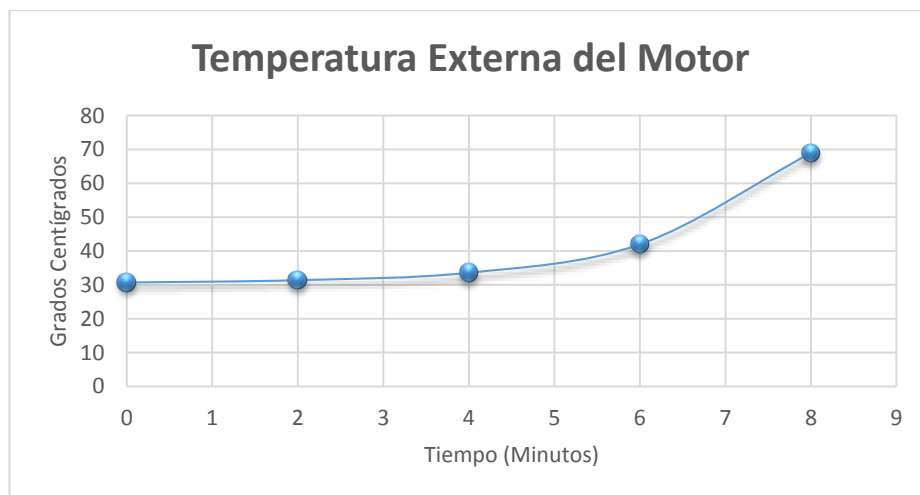


Figura 4.36 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 2 (Estrangulador)
Fuente: Autores.

La tercera medición se realizó el día 16 de septiembre del 2014 a las 6:48 p.m. y con una temperatura ambiente de 12 °C, el motor se calentó en 8 minutos y 12 segundos, todas las muestras son tomadas de acuerdo a como se explicó en la primera prueba.

Tabla 4.13 Tercera medición de gases (Estrangulador)
Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)				
5,32	10,84	1,11	889	0,862	1200	26,2	0
5,82	10,32	1,06	916	0,853	1570	30,8	2
5,93	10,32	1,14	640	0,858	1760	37,4	4
6,23	9,93	1,28	775	0,851	1700	44,6	6
5,99	10,04	1,42	497	0,870	1670	59,4	8

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.37.

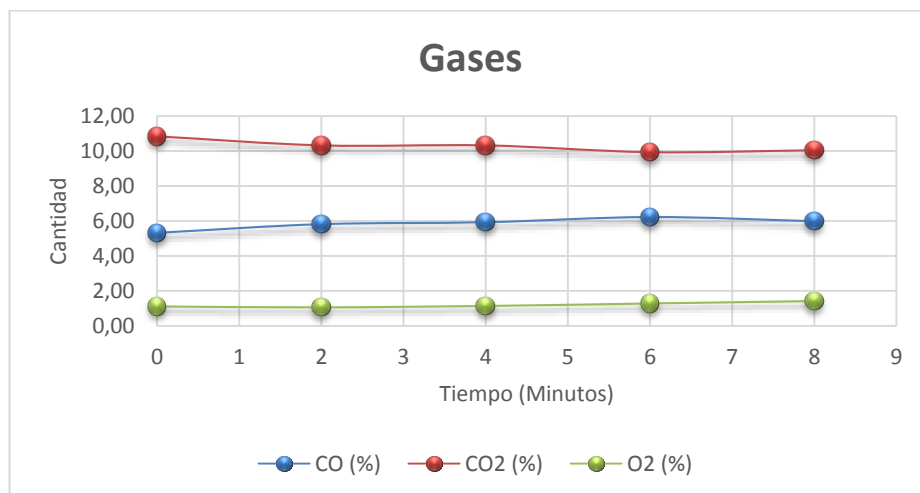


Figura 4.37 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 3 (Estrangulador)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.38.

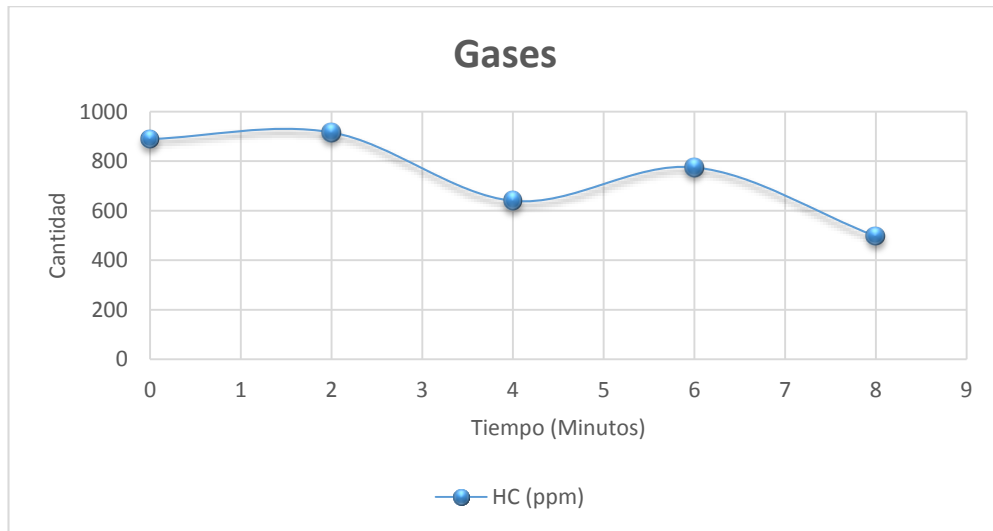


Figura 4.38 Gráfica de HC - Prueba 3 (Estrangulador)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.39.

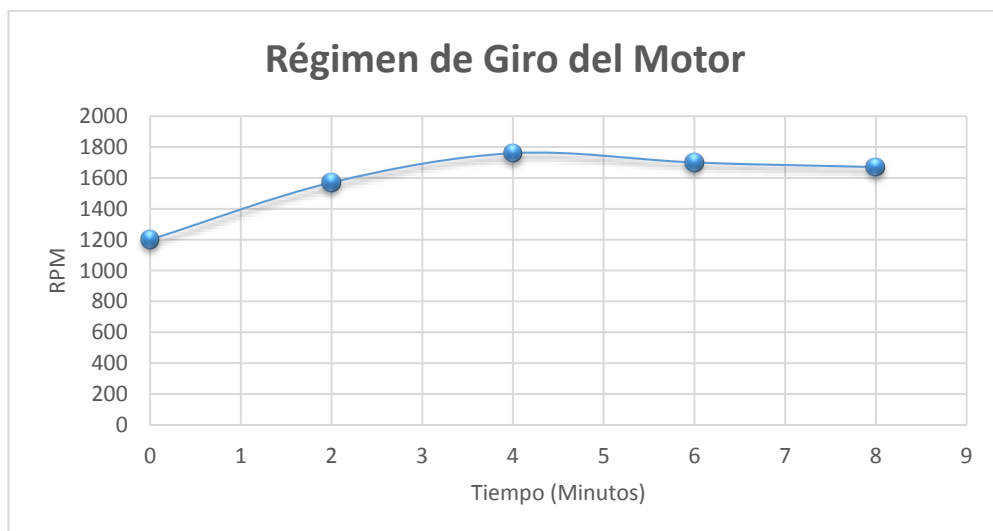


Figura 4.39 Gráfica de rpm - Prueba 3 (Estrangulador)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.40, recordar que esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura.

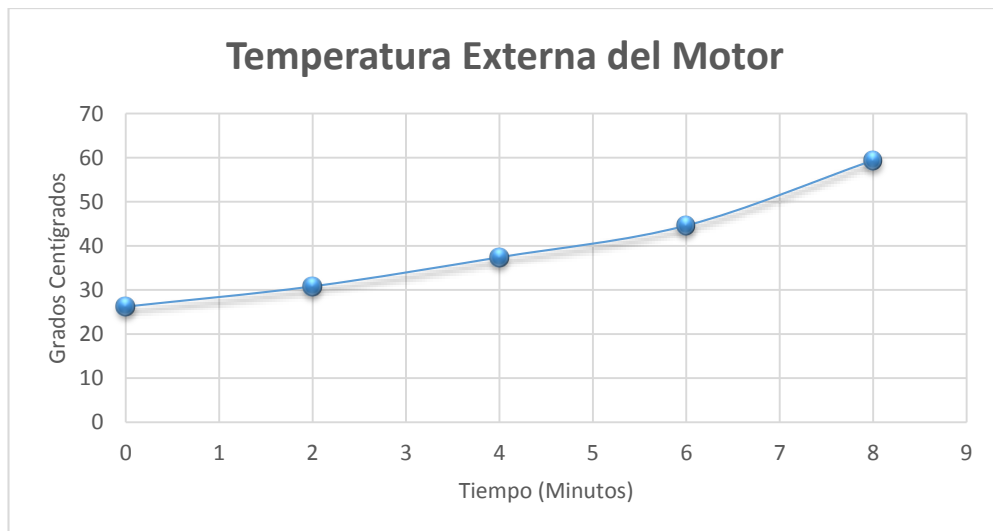


Figura 4.40 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 3 (Estrangulador)
Fuente: Autores.

En este segundo muestreo podemos observar que los valores del CO oscilan entre 4 y 7%, siguen fuera del rango ya que la norma estipula como límite el 4,5%. Los HC en la prueba 3 pasan de los 750 ppm, oscilando entre 500 y 900 ppm aproximadamente. Las revoluciones se mantienen entre 1100 y 1700 rpm. La temperatura incrementa gradualmente en un promedio de 9 minutos.

La primera medición se realizó con el motor completamente frío puesto que el vehículo pasó toda la noche anterior en las instalaciones de la Universidad, por ese motivo su tiempo de calentamiento fue el más largo, las emisiones que se obtuvieron ocupando el estrangulador tienen un comportamiento similar a las que se obtuvieron sin el estrangulador, aunque con valores de CO un poco menores.

4.4. RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES (VEHÍCULO CON DISPOSITIVO)

Se van a realizar tres pruebas nuevamente (Una en la mañana, una en la tarde y una en la noche), esta vez con el vehículo utilizando el dispositivo que se construyó. Para estas mediciones se utiliza el mismo analizador de gases que se ocupó anteriormente.

Para esta fase de pruebas utilizaremos dos tipos de programación, la primera que acelerará al vehículo con un ángulo fijo, y la segunda que acelerará al vehículo con un ángulo variable, comenzaremos con la primera programación.

La primera medición se realizó el día 26 de septiembre del 2014 a las 9:10 a.m. y con una temperatura ambiente de 13 °C, el motor se calentó en 7 minutos y 6 segundos, el muestreo se realiza cada dos minutos, además se toma una muestra en el instante que arranca el vehículo (Minuto 0) y otra muestra al finalizar la prueba.

Tabla 4.14 Primera medición de gases (Programación 1)
Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO2 (%)	O2 (%)	HC (ppm)				
2,84	13,00	0,83	551	0,936	1400	17	0
3,01	12,96	0,73	490	0,931	1800	36	2
1,99	13,52	0,59	372	0,954	1980	45	4
2,77	13,31	0,58	308	0,934	2150	53	6
2,20	13,19	1,14	671	0,965	2200	60	8

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.41.

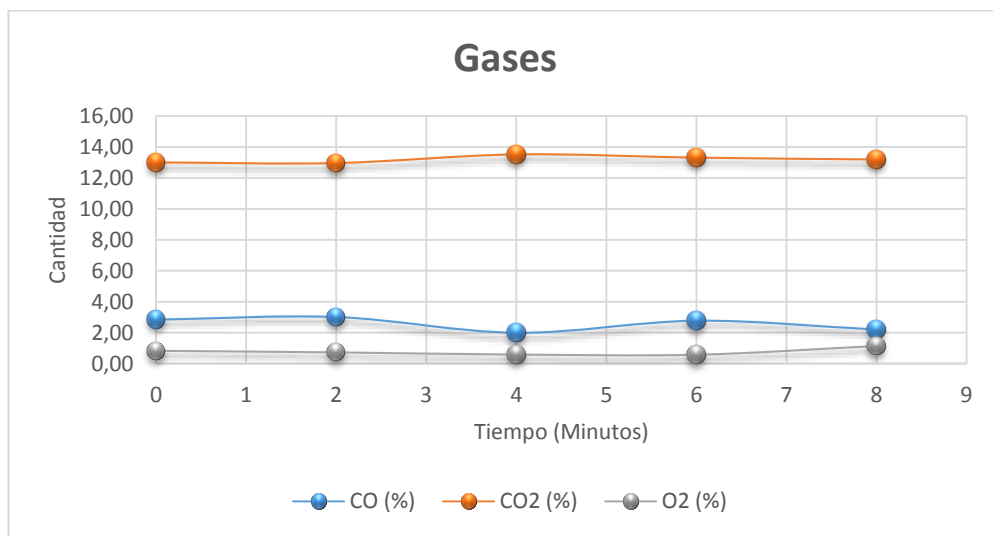


Figura 4.41 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 1 (Programación 1)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.42.

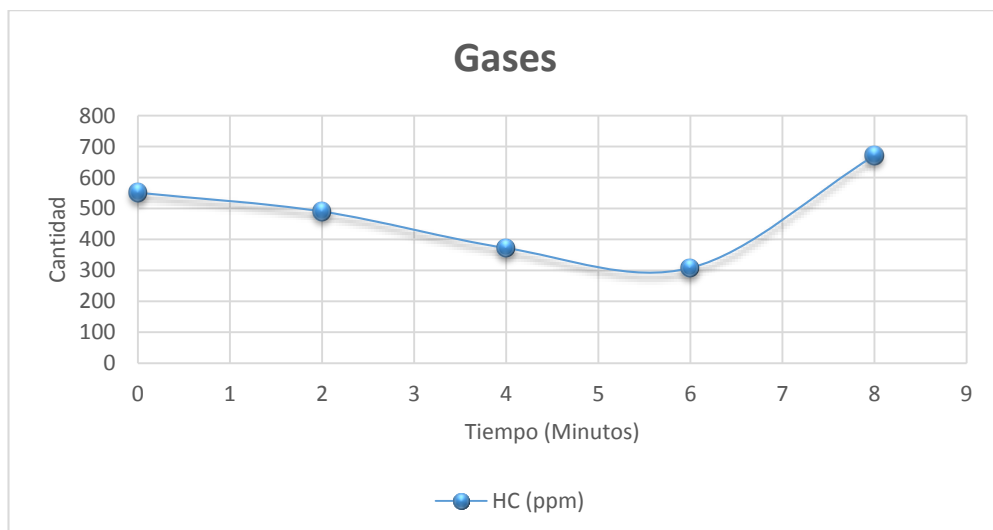


Figura 4.42 Gráfica de HC - Prueba 1 (Programación 1)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.43.

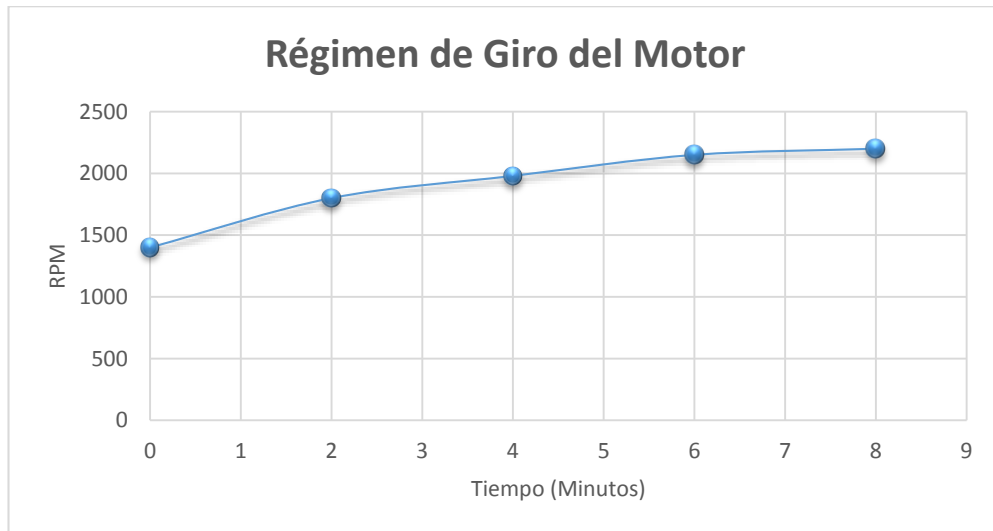


Figura 4.43 Gráfica de rpm - Prueba 1 (Programación 1)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.44. Esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura, no se la debe confundir con la temperatura de funcionamiento interna del motor ya que ésta es mucho mayor.

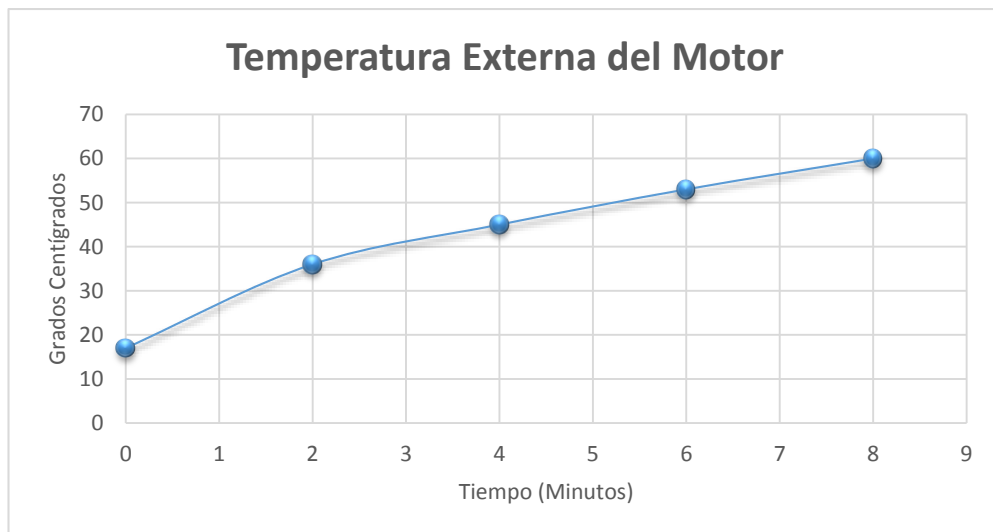


Figura 4.44 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 1 (Programación 1)
Fuente: Autores.

La segunda medición se realizó el día 26 de septiembre del 2014 a las 12:45 p.m. y con una temperatura ambiente de 21 °C, el motor se calentó en 5 minutos y 33 segundos, todas las muestras son tomadas de acuerdo a como se explicó en la primera prueba.

Tabla 4.15 Segunda medición de gases (Programación 1)

Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)				
4,74	11,43	1,37	1459	0,879	1300	34	0
1,21	13,28	0,69	612	0,972	1890	48	2
1,11	13,34	0,56	573	0,961	2040	51	4
1,06	13,16	0,55	495	0,965	2100	61	6

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.45.

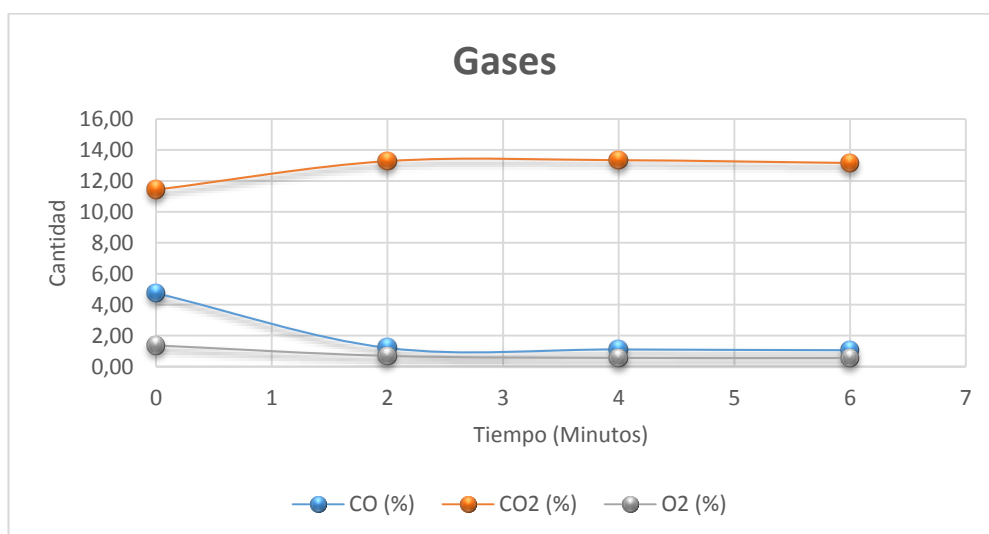


Figura 4.45 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 2 (Programación 1)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.46.

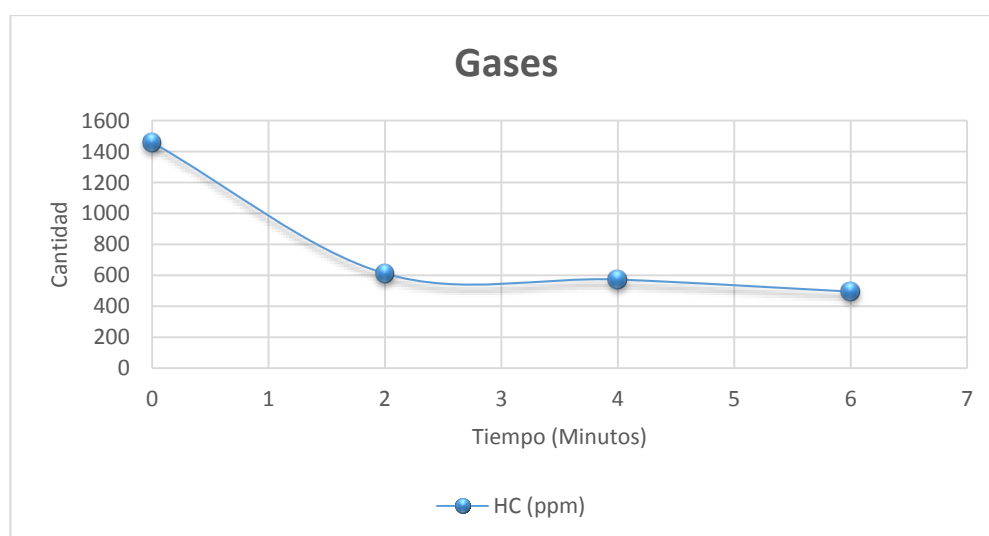


Figura 4.46 Gráfica de HC - Prueba 2 (Programación 1)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.47.

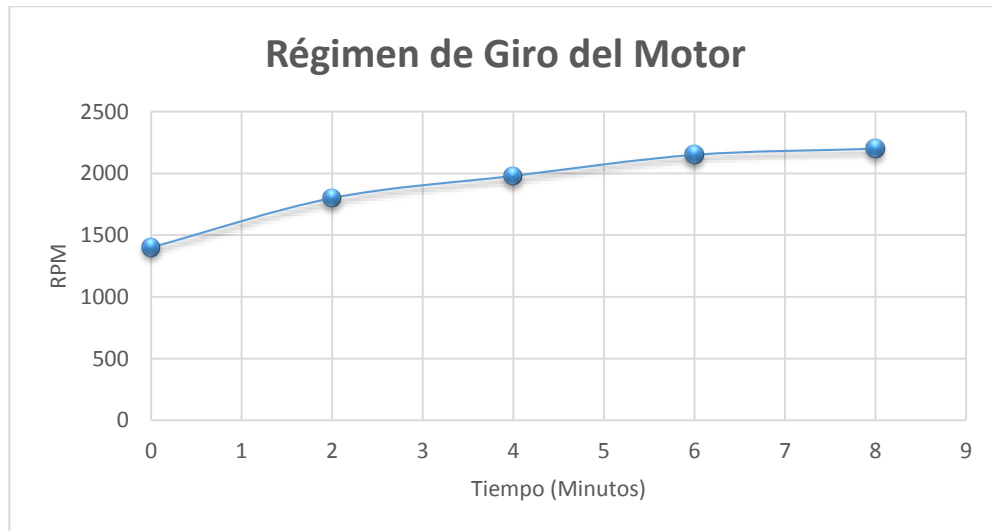


Figura 4.47 Gráfica de rpm - Prueba 2 (Programación 1)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.48, recordar que esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura.

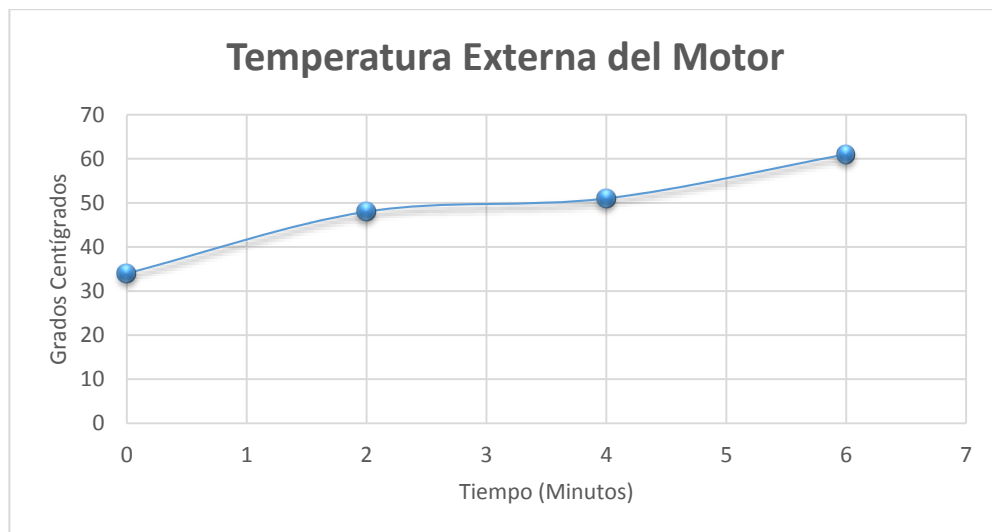


Figura 4.48 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 2 (Programación 1)
Fuente: Autores.

La tercera medición se realizó el día 26 de septiembre del 2014 a las 6:10 p.m. y con una temperatura ambiente de 16 °C, el motor se calentó en 7 minutos y 23 segundos, todas las muestras son tomadas de acuerdo a como se explicó en la primera prueba.

Tabla 4.16 Tercera medición de gases (Programación 1)
Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)				
0,74	13,41	2,14	1376	1,010	1250	27	0
1,04	14,08	0,72	692	0,966	1860	30	2
1,85	13,29	0,86	576	0,954	2000	34	4
2,46	12,89	1,09	667	0,948	2100	40	6
2,99	11,54	1,62	846	0,762	2200	62	8

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.49.

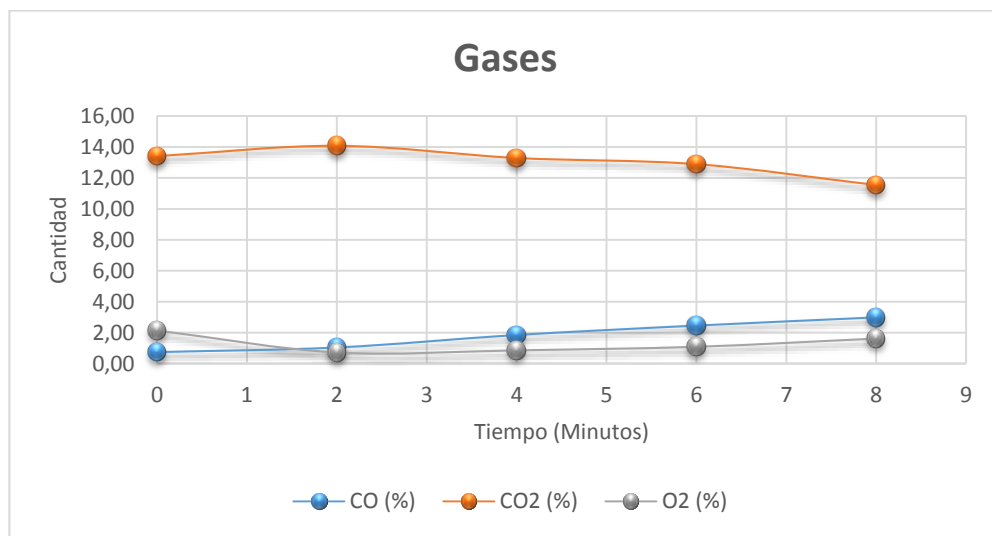


Figura 4.49 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 3 (Programación 1)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.50.

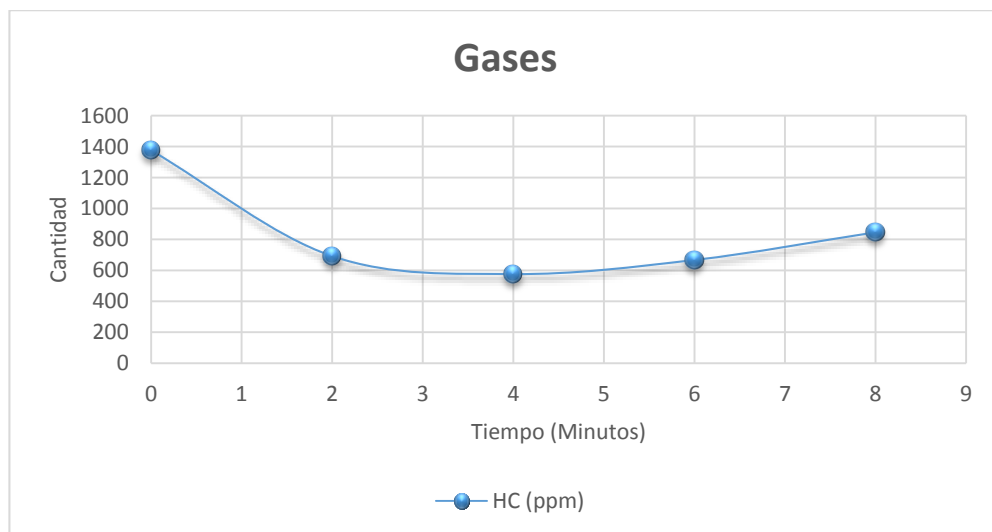


Figura 4.50 Gráfica de HC - Prueba 3 (Programación 1)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.51.

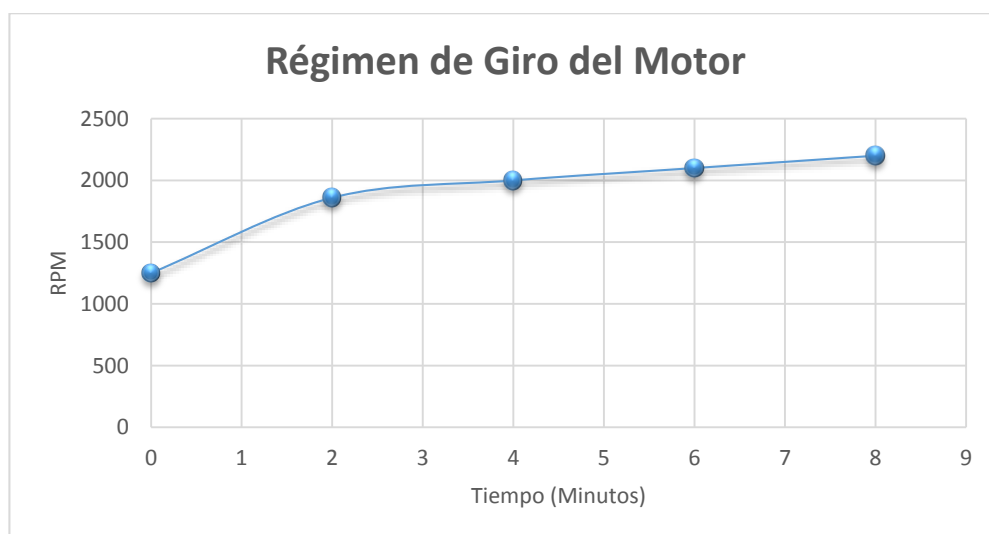


Figura 4.51 Gráfica de rpm - Prueba 3 (Programación 1)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.52, recordar que esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura.

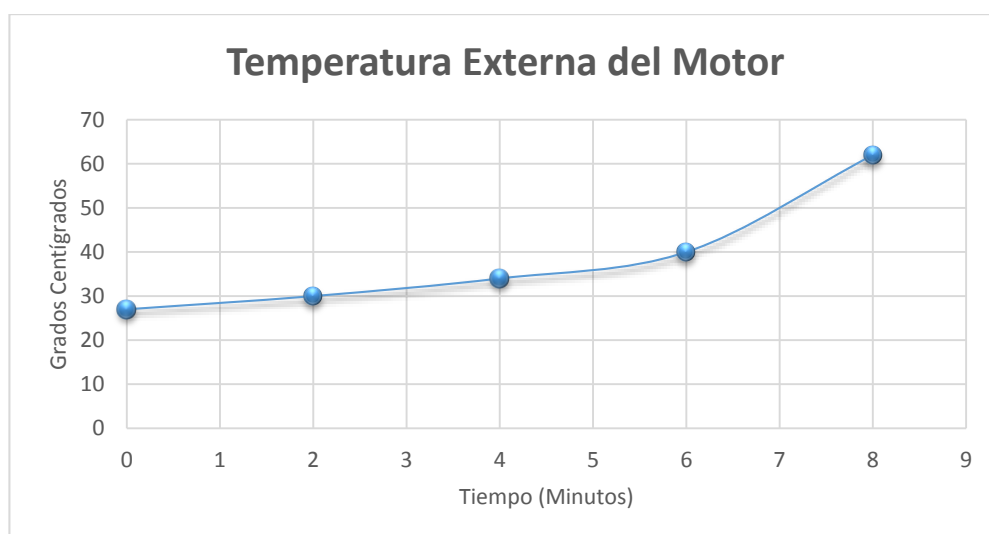


Figura 4.52 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 3 (Programación 1)
Fuente: Autores.

En este tercer muestreo podemos observar que los valores del CO oscilan entre 0,5 y 4%, están por debajo del límite que estipula la norma de 4,5%. Los HC pasan de los 750 ppm, oscilando entre 500 y 900 ppm aproximadamente. Las revoluciones se mantienen entre 1300 y 2200 rpm. La temperatura incrementa gradualmente en un promedio de 6 minutos.

Si bien el tiempo de calentamiento se redujo en un promedio de 6 minutos y la lectura de CO baja considerablemente, el problema con esta primera programación es que el vehículo termina con 2000 rpm o más, esto ocasiona un desgaste interno más agresivo

de lo normal en los elementos del motor, motivo por el cuál esta programación no resulta favorable.

Lo que se busca es mantener al vehículo en un rango de 1000 a 1200 rpm ya que la norma estipula 1100 rpm como ralentí. De esta manera el vehículo tampoco se revoluciona en exceso, por este motivo se realizan ensayos con la nueva programación que como se explicó anteriormente podrá hacer girar la mariposa de aceleración gradualmente para poder mantener el vehículo en las rpm deseadas. Utilizaremos el analizador de gases que se ocupó en las pruebas anteriores.

La primera medición se realizó el día 9 de diciembre del 2014 a las 10:30 a.m. y con una temperatura ambiente de 17 °C, el motor se calentó en 8 minutos y 12 segundos, el muestreo se realiza cada dos minutos, además se toma una muestra en el instante que arranca el vehículo (Minuto 0) y otra muestra al finalizar la prueba.

Tabla 4.17 Primera medición de gases (Programación 2)

Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)				
5,45	8,97	0,86	980	0,758	1120	37	0
2,30	8,97	1,19	680	0,764	1160	39	2
2,70	9,04	0,46	598	0,756	1200	46	4
3,23	9,23	0,49	526	0,760	1250	50	6
2,74	9,18	0,58	560	0,762	1300	62	8

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.53.

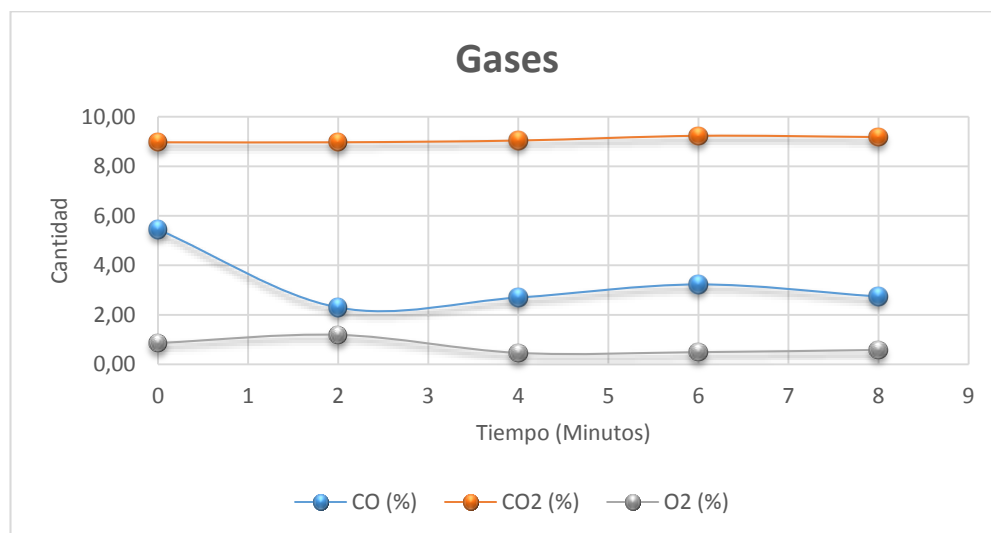


Figura 4.53 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 1 (Programación 2)

Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.54.

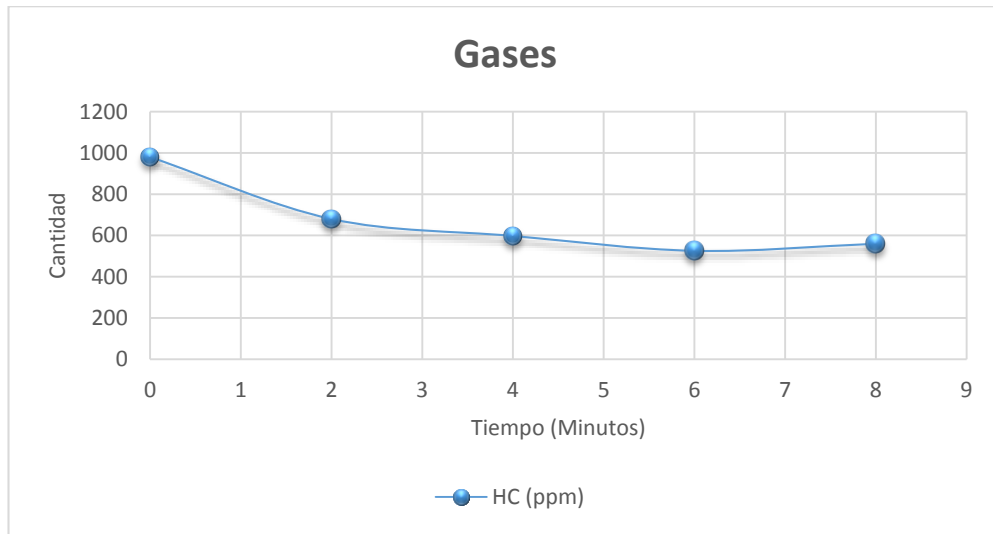


Figura 4.54 Gráfica de HC - Prueba 1 (Programación 2)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.55.

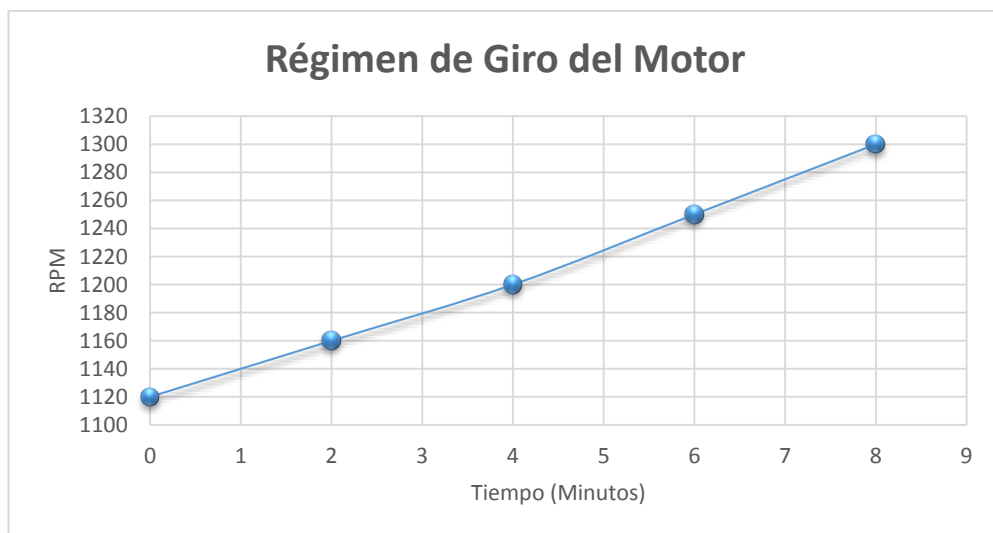


Figura 4.55 Gráfica de rpm - Prueba 1 (Programación 2)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.56. Esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura, no se la debe confundir con la temperatura de funcionamiento interna del motor ya que ésta es mucho mayor.

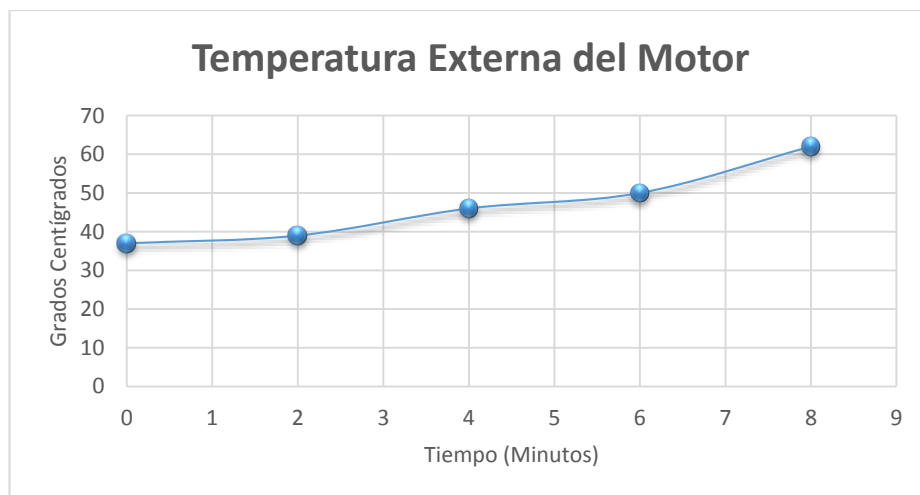


Figura 4.56 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 1 (Programación 2)
Fuente: Autores.

La segunda medición se realizó el día 9 de diciembre del 2014 a la 1:30 p.m. y con una temperatura ambiente de 21 °C, el motor se calentó en 9 minutos y 44 segundos, todas las muestras son tomadas de acuerdo a como se explicó en la primera prueba.

Tabla 4.18 Segunda medición de gases (Programación 2)
Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)				
5,02	8,97	1,06	957	0,758	1000	40	0
3,95	8,77	0,95	776	0,764	1130	47	2
2,96	8,04	0,60	598	0,756	1180	52	4
3,13	8,23	0,49	652	0,760	1200	54	6
2,54	8,88	0,56	480	0,758	1300	63	8

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.57.

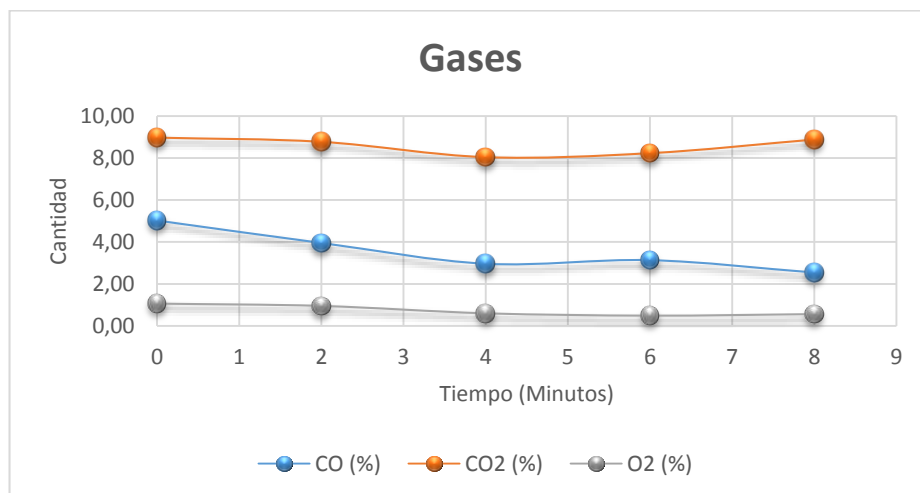


Figura 4.57 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 2 (Programación 2)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.58.

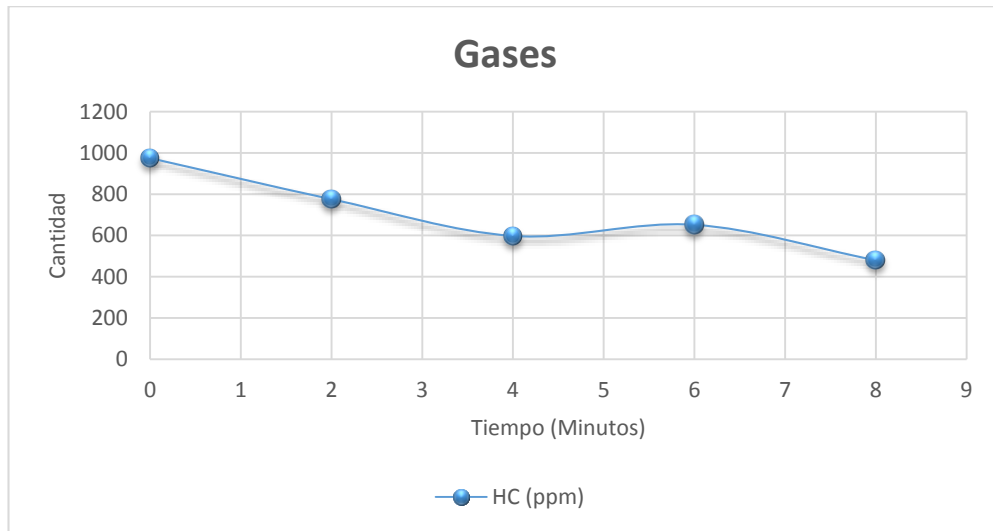


Figura 4.58 Gráfica de HC - Prueba 2 (Programación 2)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.59.

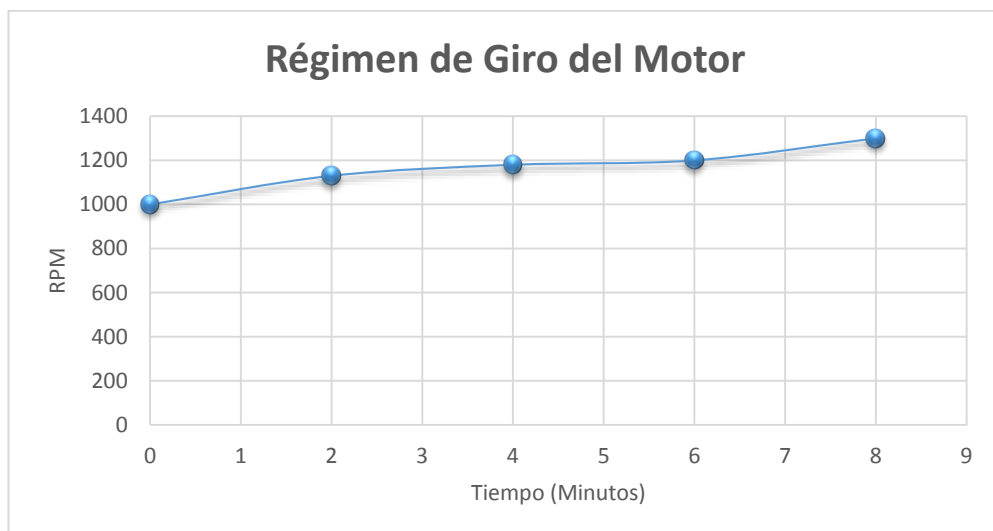


Figura 4.59 Gráfica de rpm - Prueba 2 (Programación 2)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.60, recordar que esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura.

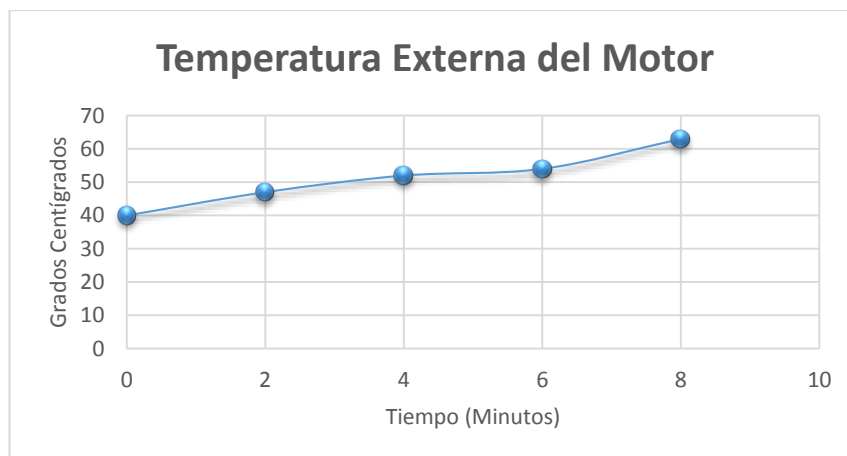


Figura 4.60 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 2 (Programación 2)
Fuente: Autores.

La tercera medición se realizó el día 9 de diciembre del 2014 a las 5:00 p.m. y con una temperatura ambiente de 15 °C, el motor se calentó en 10 minutos y 51 segundos, todas las muestras son tomadas de acuerdo a como se explicó en la primera prueba.

Tabla 4.19 Tercera medición de gases (Programación 2)
Fuente: Autores.

Gases				Lambda	RPM	Temperatura externa del motor (°C)	Tiempo (Minutos)
CO (%)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	HC (ppm)				
3,60	12,12	1,73	786	0,935	1010	35	0
3,12	11,21	0,97	655	0,873	1090	37	2
2,54	10,71	0,57	605	0,828	1100	42	4
2,50	10,32	0,63	593	0,815	1110	43	6
3,30	9,32	0,74	732	0,794	1120	53	8
2,45	8,49	0,88	816	0,749	1150	56	10

La gráfica correspondiente al CO, CO₂ y O₂ se puede observar en la figura 4.61.

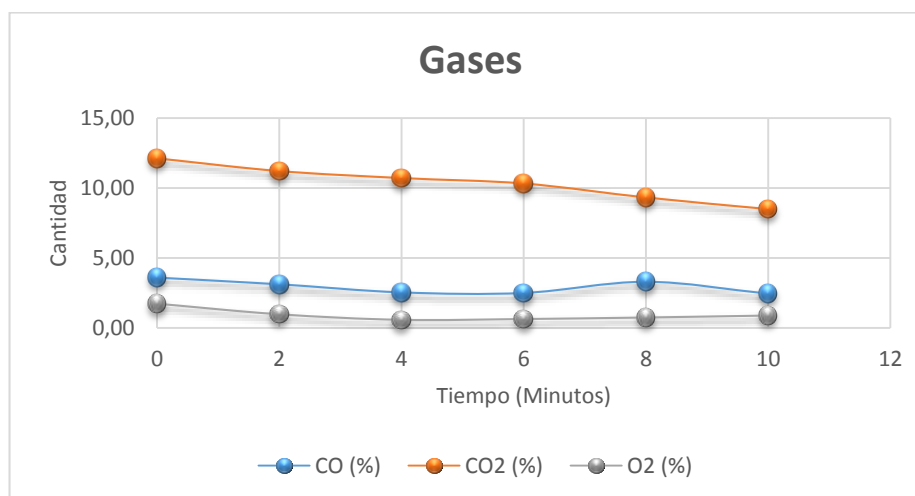


Figura 4.61 Gráfica de CO, CO₂ y O₂ - Prueba 3 (Programación 2)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente al HC se puede observar en la figura 4.62.

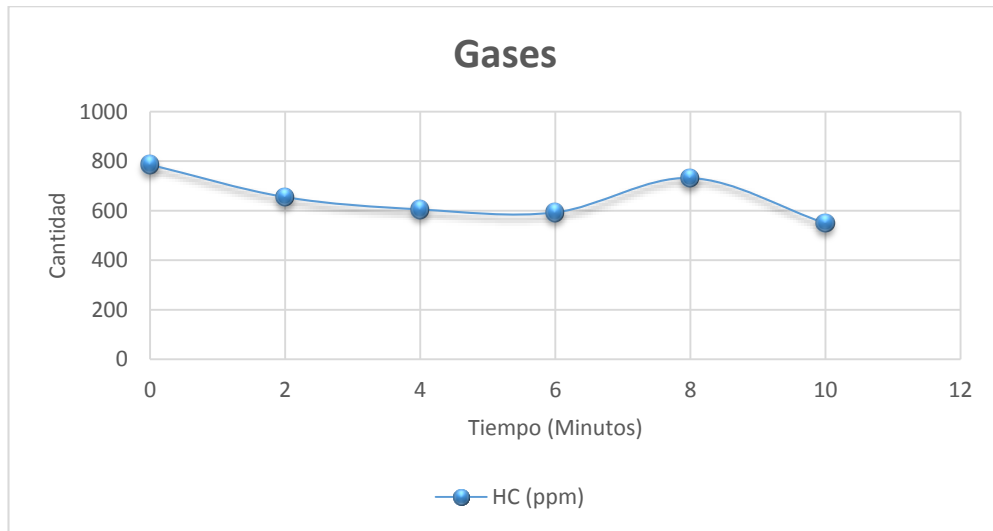


Figura 4.62 Gráfica de HC - Prueba 3 (Programación 2)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a las rpm se puede observar en la figura 4.63.

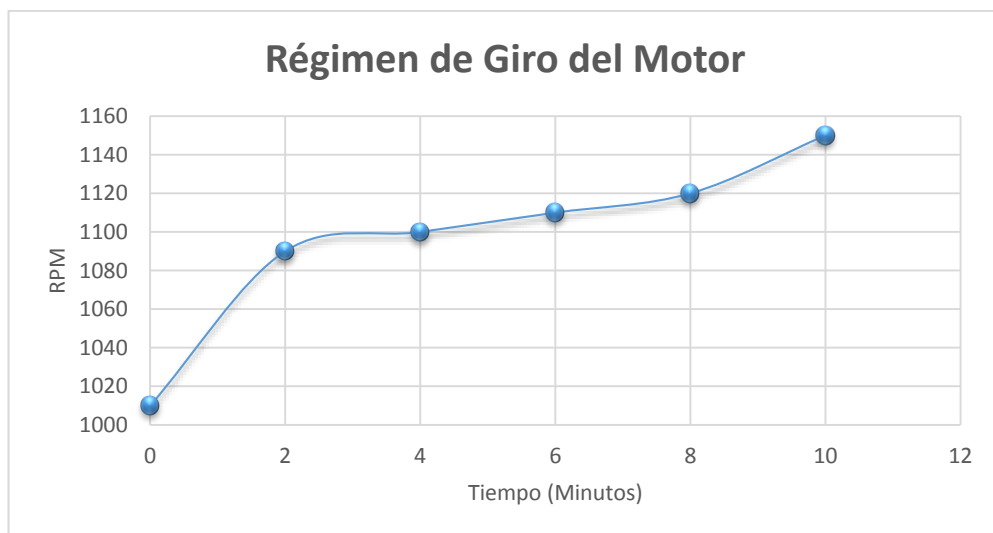


Figura 4.63 Gráfica de rpm - Prueba 3 (Programación 2)
Fuente: Autores.

La gráfica correspondiente a la temperatura externa del motor se puede observar en la figura 4.64, recordar que esta temperatura es medida en el múltiple de admisión lo más cerca posible al sensor de temperatura.

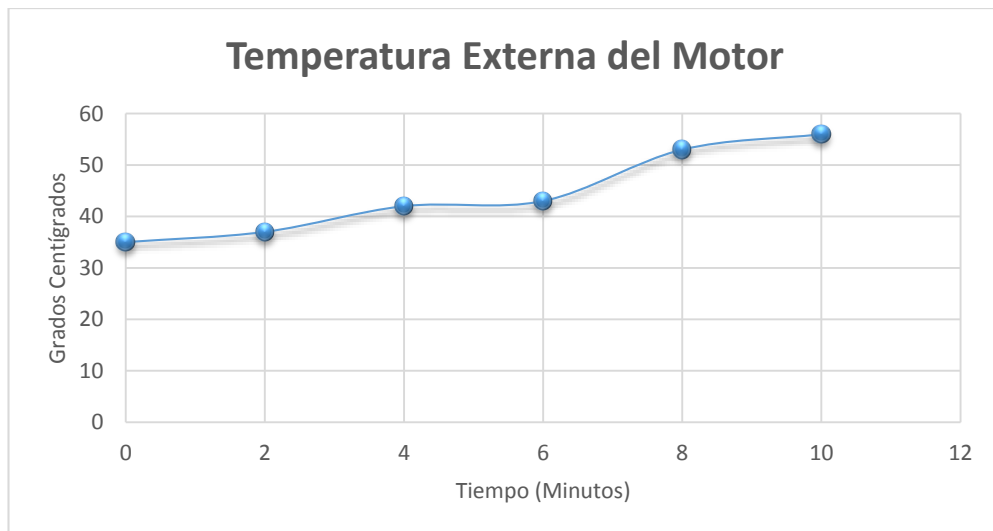


Figura 4.64 Gráfica de temperatura externa del motor - Prueba 3 (Programación 2)
Fuente: Autores.

En este cuarto muestreo podemos observar que los valores del CO oscilan entre 2,45 y 3,95%, valores por debajo del límite de 4,5% que estipula la norma. Los HC pasan de los 750 ppm sólo en las muestras iniciales, cuando el motor funciona un determinado tiempo oscilan entre 500 y 700 ppm aproximadamente. Las revoluciones se mantienen entre 1000 y 1300 rpm. La temperatura incrementa gradualmente en un promedio de 9 minutos.

Esta programación mantiene el motor en un régimen aceptable de revoluciones y el tiempo de calentamiento es aceptable, con bajas emisiones de CO y HC, el CO₂ oscila entre 8 y 12%, en comparación con la primera programación que entregaba valores que oscilaban entre 11 y 13%.

4.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se pudo comprobar que acelerando el motor se reduce el nivel de CO que se emite, los niveles de HC incrementan pero no se salen del rango establecido por la norma.

El CO₂ tiende a elevarse cuando el motor está muy acelerado, sin embargo se reduce si mantenemos una aceleración gradual, el oxígeno en todas las pruebas fue bajo lo que ocasionaba mezclas ricas por ese motivo el lambda siempre se encontró por debajo de 1.

Tomando como referencia el primer análisis del automotor sin el dispositivo, tenemos que el valor del CO se establece casi en el 1% en la mayoría del tiempo, a diferencia del valor del HC que siempre comienza con un valor considerablemente elevado y que con el transcurrir del tiempo va disminuyendo su concentración hasta que se establece dentro del rango de la normativa, a partir de ese punto su variación es mínima considerando la unidad de medición que es en partes por millón.

Mientras menor sea la temperatura externa del motor el valor del HC va a ser más elevado ya que durante los arranques en frío se utilizan mezclas ricas para que el vehículo no se apague; al incrementar la temperatura del motor se reducen las

emisiones de HC hasta aproximadamente la mitad de su valor inicial en el mejor de los casos.

En el motor térmico a mayor número de revoluciones por minuto menor es el tiempo de la fase de calentamiento; además este tiempo también está en relación con la temperatura del medio externo.

Cuando se emplea el estrangulador del carburador, el CO siempre presenta un valor más bajo que el que se obtiene sin emplearlo, pero con el paso del tiempo éste se eleva nuevamente hasta un valor de 7% saliéndose de los límites establecidos por la normativa a la cual nos regimos.

La ventaja de tener un estrangulador se limita simplemente a reducir el tiempo de llegar a la temperatura óptima de funcionamiento y una pequeña reducción de los HC; pero el CO se eleva conforme el ensayo va avanzando.

La primera programación del dispositivo que controla la mariposa de aceleración reduce la cantidad de CO que se emite, pero los HC permanecen inestables con respecto al límite establecido por la normativa. En los primeros segundos de funcionamiento del motor térmico, las rpm ascienden a 1500 lo que a su vez influye directamente sobre el tiempo de calentamiento, sin embargo, esfuerza mecánicamente al motor ya que las revoluciones continúan incrementando y al llevarlo sobre las 2000 rpm vamos a acortar la vida del mismo, por lo que no es consecuente utilizar este método.

La segunda programación del dispositivo reduce de igual manera el CO, en esta ocasión los HC se estabilizan por debajo del rango establecido por la normativa, esto debido a que el dispositivo está sensando la temperatura para determinar el giro gradual del servomotor lo que evita que las rpm sean demasiado elevadas y se generen mezclas muy ricas, a diferencia del caso anterior la temperatura aumenta progresivamente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

Como conclusiones podemos identificar las siguientes:

El dispositivo diseñado y construido en esta tesis en comparación con los dispositivos convencionales (Carburador con estrangulador automático), es más eficiente, puesto que reduce la cantidad de CO, CO₂ y HC en comparación con la norma NTE INEN 2 204:2002.

De los sistemas que se han empleado con anterioridad podemos decir que el más eficaz es el último porque el giro del servomotor es controlado en función de la temperatura, lo que ayuda a que el sistema siempre se mantenga estable sin sobre revoluciones y con una temperatura que aumenta gradualmente, lo que evita un desgaste prematuro del motor.

El dispositivo redujo en un 25% el tiempo de espera para que el vehículo llegue a su temperatura óptima de funcionamiento, esto a su vez permite que la contaminación por gases se vea reducida.

El tiempo que necesita el motor para llegar a la temperatura de funcionamiento también va a ser afectado por la temperatura ambiente, ya que no es lo mismo un arranque en frío en un día gélido que en un día muy caluroso, la temperatura del ambiente es transferida al motor lo que varía los tiempos de calentamiento.

El dispositivo con la segunda programación presentó los resultados que nos planteamos como hipótesis, reducimos el CO en un 28,4% y el HC en un 10,5% en cuanto a los valores límites que establece la norma, el CO₂ se reduce en un 0,1% si lo comparamos con los valores que arrojó el vehículo en la primera medición que se hizo, por lo tanto se asume que el dispositivo funciona correctamente.

La implementación en otros vehículos es viable debido a que este tipo de automóviles aun circulan en la ciudad y seguirán vigentes por algunos años más, si logramos reducir un porcentaje de gases contaminantes similar a los que obtuvimos con el motor G10 la polución en la ciudad será menor lo que mejorará la calidad de vida de los habitantes.

En caso de realizar una adaptación de este dispositivo en otro vehículo se debe determinar la temperatura óptima de funcionamiento, parámetro que servirá para reprogramar el sistema a la cual iniciará la activación de la mariposa en cuanto a la desaceleración del motor, de igual manera se debe calcular nuevamente el torque que se requiere para girarla y el ángulo que va rotar el servomotor. También va a cambiar el diseño de la base que va a sujetar el servomotor ya que éste está en función del torque que se va a generar, de ser necesario también se cambiaría el cable de acero inoxidable y se optaría por otra forma de conectar al servomotor con la mariposa de aceleración.

El coste del dispositivo asciende a 257 dólares, valor que antepuesto a las siguientes ventajas, tales como:

- a. Reducción de la contaminación del medio,

- b. Reducción de los agentes degradantes del lubricante,
- c. Mayor kilometraje de funcionamiento del motor, y
- d. Reducción del consumo de combustible.

Justifican el mismo.

Recomendaciones:

Como recomendaciones podemos identificar las siguientes:

Si se desea tener una lectura más exacta de la temperatura a la cual está el LM35 se podría implementar un display que muestre esta información, para que de esta manera, aparte de tener una ayuda visual con el led indicador, podamos tener una idea de la temperatura que va adquiriendo el motor.

Se recomienda colocar un aislante en los terminales del LM35 que soporte la temperatura a la que va a estar sometido en su posición de trabajo, se debe recordar que ésta temperatura se disipa lentamente por lo que el silicón casero no va a funcionar para esta aplicación debido a que va a derretirse después de unos minutos dejando totalmente expuestos los terminales del sensor de temperatura.

Se recomienda instalar un tacómetro en el vehículo para que el conductor pueda saber si el dispositivo está funcionando, le bastará con fijarse en el tablero y ver si el motor por si sólo se mantiene acelerado.

Para que la comunicación serial funcione correctamente es necesario considerar un aislante de ruido debido a que el LM35 al estar colocado sobre el múltiple de admisión, se ve sometido a vibraciones las cuáles interfieren en la comunicación serial más no en el funcionamiento normal del dispositivo.

El dispositivo construido debería ser implementado a los automotores que aún poseen carburadores en nuestro país; especialmente en las ciudades donde aún no entra en vigencia la RTV (Revisión Técnica Vehicular) como requisito para la matriculación. Los ecuatorianos nos caracterizamos por ser “unos conservadores” y al no tener el poder adquisitivo para cambiar a vehículos equipados con gestión electrónica, la calidad del aire de los mismos no se verán afectados notablemente, y esto debido a que el carburador nos acompañará algunos años más.

La investigación y desarrollo de este dispositivo debe continuar, no solamente puede ser aplicable a los MEP (Motor de encendido provocado) sino también a los MEC (Motor de encendido por compresión), dejamos esto como un punto de partida para un tema futuro que puede ser abordado por los nuevos alumnos de la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S/A, «AISAN Industry Co., Ltd.,» [En línea]. Available: <http://www.aisan-ind.co.jp/english.htm>. [Último acceso: 8 de Septiembre del 2014].
- [2] S/A, «Combustión en los motores de gasolina,» [En línea]. Available: http://www.iessierradeguara.com/documentos/departamentos/automocion/circuitos_auxiliares/Mezclas%20y%20gases%20de%20escape/combustion_mezcla.pdf. [Último acceso: 9 de Septiembre del 2014].
- [3] J. M. Alonso Pérez, «Técnicas del automóvil: Motores,» España, Editorial Paraninfo S.A, 1998, pp. 283-399.
- [4] S/A, «Real Academia Española,» [En línea]. Available: <http://lema.rae.es/drae/?val=>. [Último acceso: 8 de Septiembre del 2014].
- [5] R. Guevara Chinchayan, «El carburador,» [En línea]. Available: <http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/carburadores.pdf>. [Último acceso: 8 de Septiembre del 2014].
- [6] S/A, «Comprobación y reglajes del carburador,» [En línea]. Available: <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/16575736/Comprobacion-y-reglajes-del-carburador.html>. [Último acceso: 9 de Septiembre del 2014].
- [7] J. M. Alonso Pérez, «Sistemas auxiliares del motor,» España, Editorial Paraninfo S.A, 2014, pp. 132-136.
- [8] S/A, «TowerPro MG995 - Standard Servo Data Base,» [En línea]. Available: <http://www.servodatabase.com/servo/towerpro/mg995>. [Último acceso: 15 de Septiembre del 2014].
- [9] S/A, «Aceros Otero - Catálogo 2014,» [En línea]. [Último acceso: 16 de Septiembre del 2014].
- [10] J. L. Telenchana Yanqui, «Acero ASTM 36,» [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/301/6/T-ESPE-024825-2.pdf>. [Último acceso: 16 de Septiembre del 2014].
- [11] S/A, «Descripción de barras adhesivas de silicona,» [En línea]. Available: <http://www.todoconectores.com.ar/detalle/barras-adhesivas-de-silicona-hot-melt-para-pistola-x-kg-473>. [Último acceso: 18 de Septiembre del 2014].
- [12] S/A, «LM35 precision centigrade temperature sensors,» [En línea]. Available: <http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/lm35.pdf>. [Último acceso: 19 de Septiembre del 2014].

- [13] S/A, «Metales según su punto de fusión y otros fundamentos,» [En línea]. Available: <http://materialesdos.blogspot.com/2010/08/metales-segun-su-punto-de-fusion-y.html>. [Último acceso: 19 de Septiembre del 2014].
- [14] S/A, «The definitive Arduino UNO pinout diagram,» [En línea]. Available: http://www.mfhkconsulting.com/wp-content/uploads/2013/07/ARDUINO_V2.pdf. [Último acceso: 19 de Septiembre del 2014].
- [15] S/A, «Suzuki Swift 1.0 (993ccm) 1989-2004,» [En línea]. [Último acceso: 20 de Septiembre del 2014].
- [16] Suzuki, «Suzuki Swift SF310 and SF413,» Japón: Suzuki Motor Corporation, 2000.
- [17] N. INEN, «Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.,» Quito, 2002.

ANEXO 1

NTE INEN 2 204:2002 - Límites de emisiones permitidos

NTE INEN 2 204

2002-09

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Los importadores y ensambladores de vehículos deben obtener la certificación de emisiones expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del vehículo y avalada por la autoridad competente del país de origen, o de un laboratorio autorizado por ella. Los procedimientos de evaluación base para las certificaciones serán los establecidos para los ciclos FTP 75, ciclo transiente pesado ECE 15 + EUDC, SHED (EEC 91/441 y 93/59 EEC); según las características del vehículo.

5.2 Los importadores y ensambladores están obligados a suministrar copia de la certificación de emisiones a quienes adquieran los vehículos.

5.3 La autoridad competente podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y ensambladores sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para la medición de las emisiones de escape, en condición de marcha mínima o ralentí.

6. REQUISITOS

6.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

6.1.1 Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la tabla 1.

TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200

* Volumen
**Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

6.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 y ciclo transiente pesado (prueba dinámica).

6.2.1 Toda fuente móvil de gasolina que se importe o se ensamble en el país no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la tabla 2.

ANEXO 2

Manual Suzuki G10 - Inspección de juego valvular

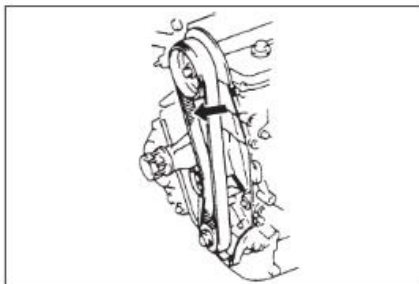
0B-6 MAINTENANCE AND LUBRICATION

Water Pump Belt Replacement

Replace belt with a new one. Refer to SECTION 6B for replacement procedure of pump belt.

NOTE:

When replacing belt with a new one, adjust belt tension to 5 – 7 mm (0.20 – 0.27 in.).



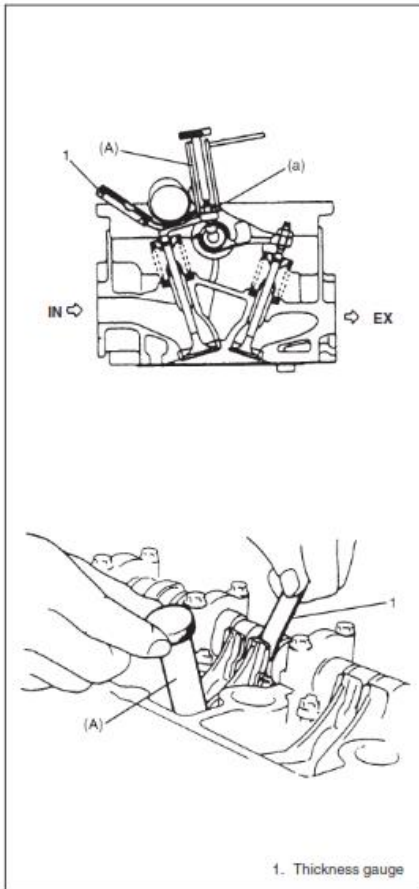
ITEM 1-2

Camshaft Timing Belt Replacement

Replace belt with new one. Refer to SECTION 6A or 6A1 for replacement procedure.

CAUTION:

- Do not bend or twist timing belt.
- Do not allow timing belt to come into contact with oil, water, etc.



ITEM 1-3

Valve Lash Inspection (1.3 liter engine only)

- 1) Remove cylinder head cover.
- 2) Inspect intake and exhaust valve lash and adjust as necessary. Refer to SECTION 6A1 for valve lash inspection and adjustment procedure.

Valve lash (gap) specification		When cold (Coolant temperature is 15 – 25°C or 59 – 77°F)	When hot (Coolant temperature is 60 – 68°C or 140 – 154°F)
	Intake	0.13 – 0.17 mm (0.005 – 0.007 in.)	0.17 – 0.21 mm (0.007 – 0.008 in.)
	Exhaust	0.23 – 0.27 mm (0.009 – 0.011 in.)	0.28 – 0.32 mm (0.011 – 0.013 in.)

Special Tool

(A): 09917-18211

Tightening Torque

(a): 12 N·m (1.2 kg·m, 8.5 lb·ft)

- 3) Install cylinder head cover and tighten bolts to specification.

ANEXO 3

Manual Suzuki G10 - Inspección de vacío del motor

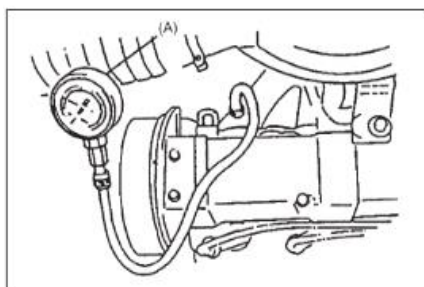
6A-2 ENGINE MECHANICAL (G10, 1-CAM 6-VALVES ENGINE)

ON-VEHICLE SERVICE

ENGINE VACUUM CHECK

The engine vacuum that develops in the intake line is a good indicator of the condition of the engine. The vacuum checking procedure is as follows:

1) Warm up engine to normal operating temperature.



2) With engine stopped, remove blind plug hose from intake manifold and connect special tool (vacuum gauge and joint) to vacated threaded hole.

Special Tool

(A): 09915-67311

3) Run engine at specified idle speed (see Section 6E), and read vacuum gauge. Vacuum should be within the following specification.

**Vacuum specification: 52.6 – 65.8 kPa (40 – 50 cm-Hg,
15.7 – 19.7 in-Hg) at specified
idling speed**

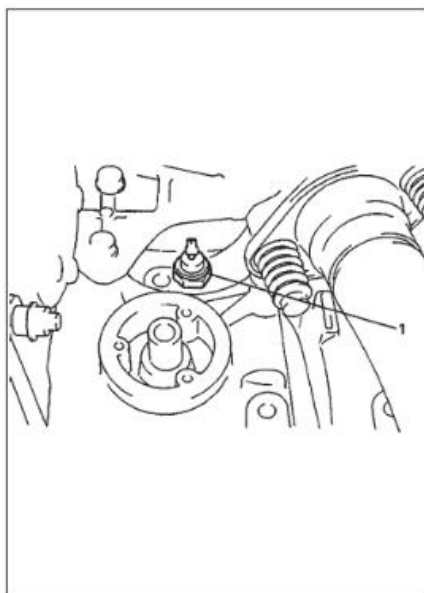
4) After checking, apply sealant to thread of blind plug and install it to intake manifold.

OIL PRESSURE CHECK

NOTE:

Prior to checking oil pressure, check the followings.

- Oil level in oil pan.
If oil level is low, add oil up to Full level hole on oil level gauge.
- Oil quality.
If oil is discolored, or deteriorated, change it.
For particular oil to be used, refer to the table in Section 0B.
- Oil leaks.
If leak is found, repair it.



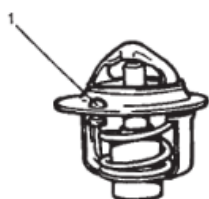
1) Using special tool (Oil filter wrench), remove oil filter.

2) After removing oil filter, remove oil pressure switch (1) from cylinder block.

ANEXO 4

Manual Suzuki G10 - Termostato

ENGINE COOLING 6B-3



THERMOSTAT

A wax pellet type thermostat is used in the coolant outlet passage to control the flow of engine coolant, to provide fast engine warm up and to regulate coolant temperatures.

A wax pellet element is hermetically contained in a metal case, and expands when heated and contracts when cooled.

When the pellet is heated and expands, the metal case pushes down the valve to open it.

As the pellet is cooled, the contraction allows the spring to close the valve.

Thus, the valve remains closed while the coolant is cold, preventing circulation of coolant through the radiator.

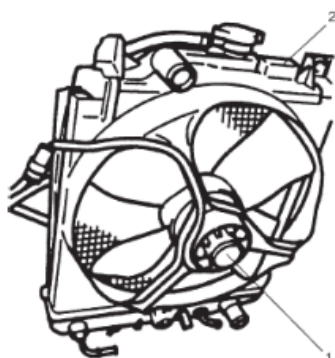
At this point, coolant is allowed to circulate only throughout the engine to warm it quickly and evenly.

As the engine warms, the pellet expands and the thermostat valve opens, permitting coolant to flow through the radiator.

In the top portion of the thermostat, an air bleed valve (1) is provided; this valve is for venting out the gas or air, if any, that is accumulated in the circuit.

Thermostat functional spec. $\pm 2.8^{\circ}\text{C}$ (5.0°F)

Temp. at which valve begins to open	88°C (190°F)
Temp. at which valve become fully open	100°C (212°F)



- 1. Cooling fan motor
- 2. Radiator

COOLING FAN

The cooling fan is driven by electric motor, and the motor is activated by ECM/PCM (engine coolant temp.). For its details, refer to Section 6E.

WARNING:

Keep hands, tools, and clothing away from engine cooling fan to help prevent personal injury. This fan is electric and can come on whether or not the engine is running. The fan can start automatically in response to the ECM/PCM (engine coolant temp.) with the ignition switch in the "ON" position.

ANEXO 5

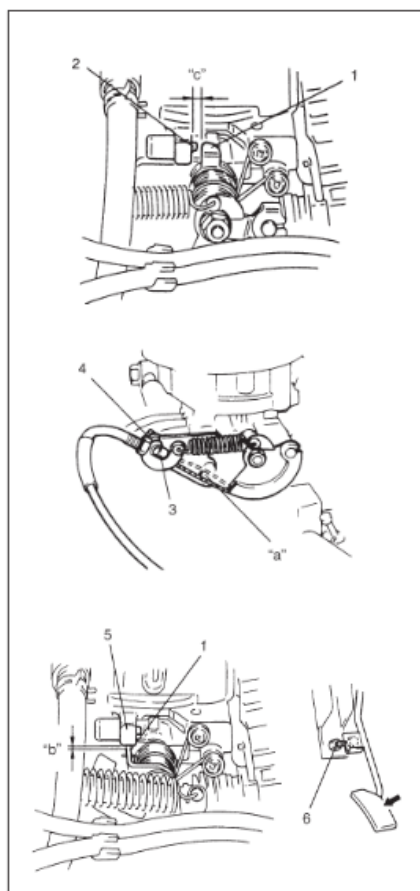
Manual Suzuki G10 - Inspección de ralentí

6E1-8 ENGINE AND EMISSION CONTROL SYSTEM (TBI FOR G10)

ON-VEHICLE SERVICE

GENERAL

When the hoses have been disconnected and system's component removed for service, be sure to reinstall component properly, and route and connect hoses correctly after service. Refer to Emission Control Information Label for proper connection of hoses (if equipped).



ACCELERATOR CABLE ADJUSTMENT

- 1) Confirm that ambient temperature is higher than 0°C, 32°F.
- 2) Warm up engine to normal operating temperature with all electric loads OFF and stop engine.
- 3) Confirm that clearance "c" between throttle lever (1) and stop screw (2) is less than about 1 mm (0.04 in.).
- 4) Check accelerator cable for play.

Accelerator cable play "a": 10 – 15 mm (0.4 – 0.6 in.)

Cable play should be within specification. If out of specification, loosen accelerator cable lock nut and adjust by turning adjusting nut (3). Be sure to tighten lock nut (4) securely after adjustment.

- 5) With accelerator pedal depressed fully, check clearance between throttle lever and lever stopper (5) (throttle body) which should be within following specification.

Clearance "b": 0.5 – 2.0 mm (0.02 – 0.07 in.) (With pedal depressed fully)

If measured value is out of specification, adjust it to specification by changing height of pedal stopper bolt (6).

IDLE SPEED INSPECTION

Before inspecting idle speed, make sure to the following.

- Lead wires and hoses of Electronic Fuel Injection and engine emission control systems are connected securely.
 - After warming up engine, accelerator cable has some play, that is, it is not tight.
 - Ignition timing is within specification.
 - All of electrical loads except ignition are switched off.
 - Air cleaner has been properly installed and is in good condition.
 - Malfunction indicator lamp does not light when engine running.
- After above items are all confirmed, check idle speed as follows.

NOTE:

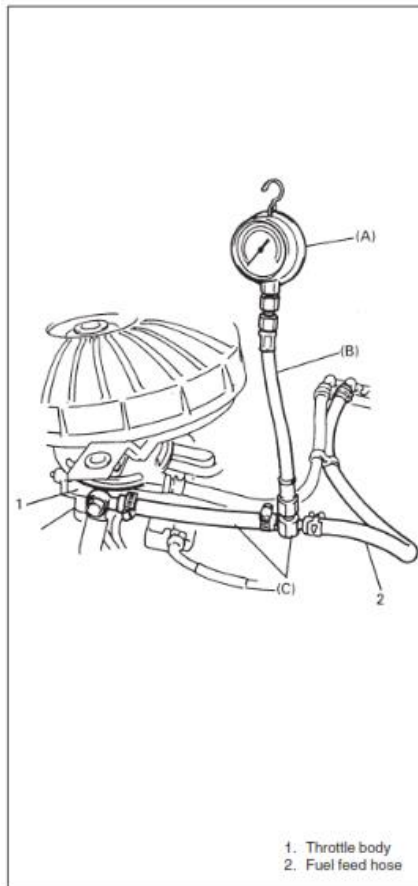
Before starting engine, place transmission gear shift lever in "Neutral" (shift selector lever to "P" range for A/T model), and set parking brake and block drive wheels.

- 1) Warm up engine to normal operating temperature.
- 2) Set tachometer.
- 3) Check idle speed with A/C OFF.
If idle speed is not within specified range, check idle speed control system and any other system and parts which might affect idle speed. Refer to "Engine Diagnosis of Section 6" for inspection.

Engine idle speed: 850 ± 50 r/min

NOTE:

Idle speed is not adjustable manually. If it is out of its specified range, there is a faulty condition somewhere. Check each of related systems and parts.



AIR AND FUEL DELIVERY SYSTEM

FUEL PRESSURE

INSPECTION

- 1) Relieve fuel pressure, referring to Section 6.
- 2) Separate air cleaner assembly from throttle body and shift its position.
- 3) Disconnect fuel feed hose from throttle body.

CAUTION:

A small amount of fuel may be released after fuel line is disconnected.

In order to reduce chance of personal injury, cover fitting to be disconnected with a shop cloth. Place that cloth in an approved container when disconnection is completed.

- 4) Connect special tools and hose between throttle body and fuel feed pipe as shown in figure, and clamp hoses securely to ensure no leaks occur during checking.

Special Tool

(A): 09912-58441

(B): 09912-58431

(C): 09912-58490

- 5) Install air cleaner assembly to throttle body and cylinder head cover.

ANEXO 6

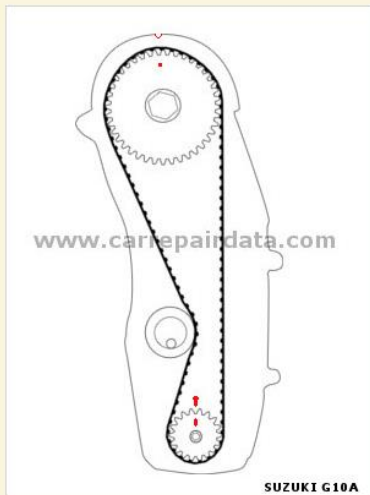
Suzuki G10 - Otras inspecciones

Suzuki Swift 1.0 (993ccm) 1989-2004

[f Recommend](#) [Share](#) [g+ Share](#) [Tweet](#)

Service Repair Manual

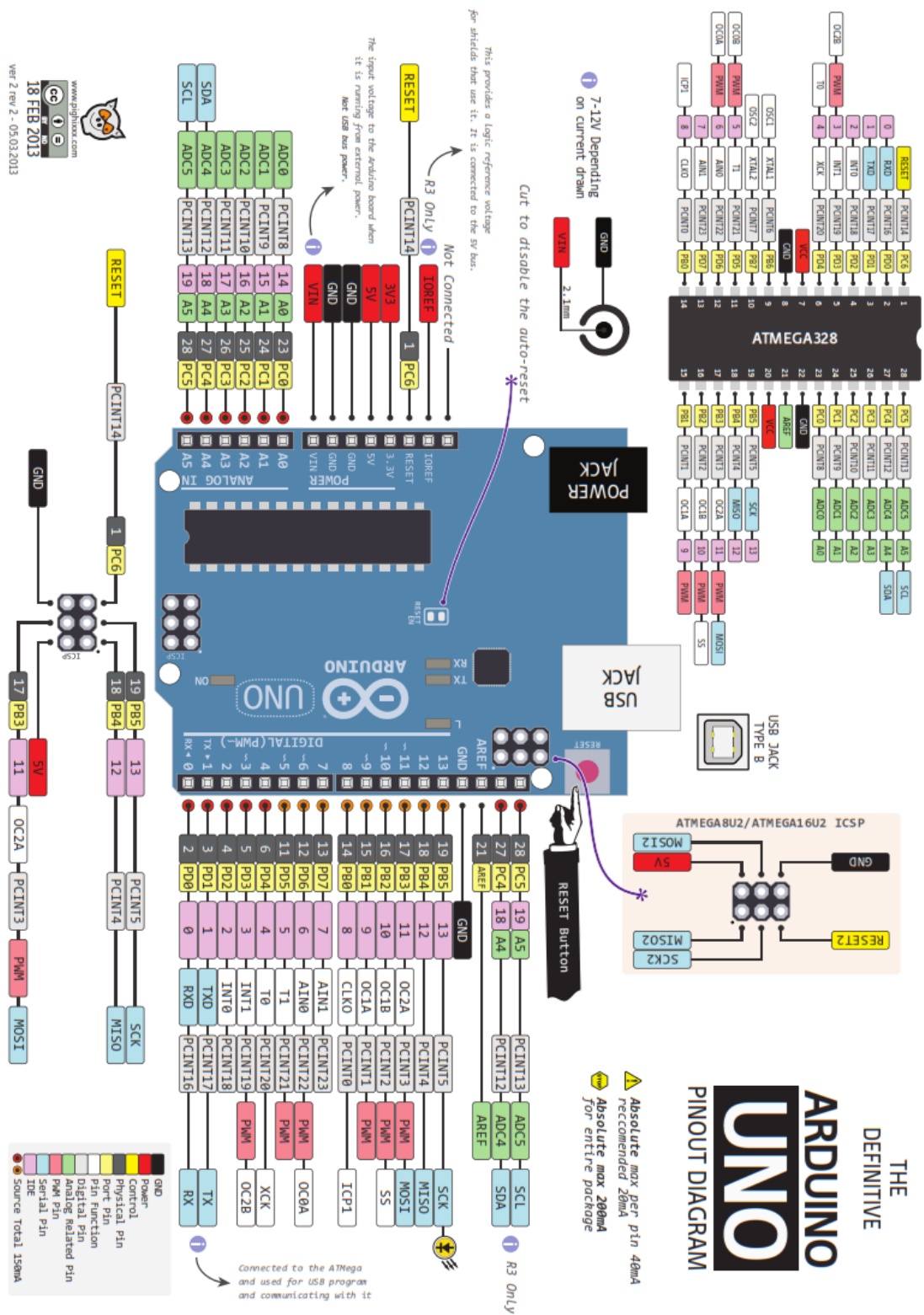
Year	1989-2004
Engine code	G10A
Engine size	993ccm
Power	39kw
Idle speed	750-850/800-900rpm
Compression	14.0bar
Minimum compression	11.0bar
Fuel system	Suzuki SPI
Firing order	1-3-2
Spark plug	NGK BPR6ES
Electrode gap	0.7-0.8mm
Lambda	0.97-1.03
Radiator cap	0.9bar
Thermostat opens	82°C
Battery	38Ah
Alternator	50A
Cylinder head tightening torque 1	70Nm
Camshaft drive	



Manufacturer	Suzuki
Model	Swift
Type	1.0
Year	1989-2004
Engine code	G10A
Engine size	993ccm
Power	39kw

ANEXO 7

Diagrama de pines de Atmega328p



ANEXO 8

Especificaciones del servomotor Tower Pro MG995

TowerPro MG995 - Standard Servo

Basic Information

Modulation:	Analog
Torque:	4.8V: 138.9 oz-in (10.00 kg-cm)
Speed:	4.8V: 0.20 sec/60°
Weight:	1.94 oz (55.0 g)
Dimensions:	Length: 1.60 in (40.6 mm) Width: 0.78 in (19.8 mm) Height: 1.69 in (42.9 mm)
Motor Type:	Coreless
Gear Type:	Metal
Rotation/Support:	Dual Bearings

Additional Specifications

Rotational Range:	180°
Pulse Cycle:	20 ms
Pulse Width:	1000-2000 µs
Connector Type:	JR



Brand:	Tower pro
Product Number:	? (add)
Suggested Retail:	? (add)
Street Price:	11.95 USD
Compare:	add

User Reviews

Number of Reviews:	11
Average Rating:	3.2 / 5.0

ANEXO 9

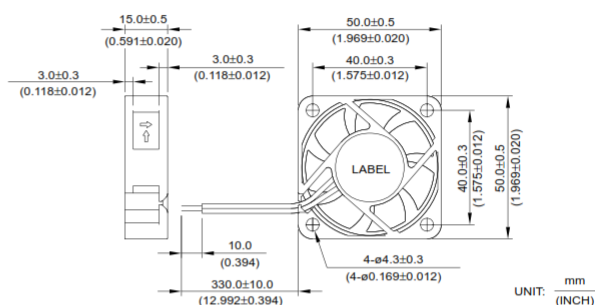
Especificaciones del ventilador AFB0505HB



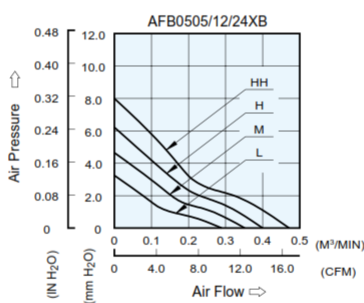
- Bearing Type
Ball Bearings
- Material
Impeller & Frame : Plastic (UL 94V-0)
- Lead Wires :
UL 1007 AWG #24 OR Equivalent
Red Wire Positive (+)
Black Wire Negative (-)
- Weight : 32g (1.13 oz)
- Rib Type Only

AFB 50 x 50 x 15 MM SERIES

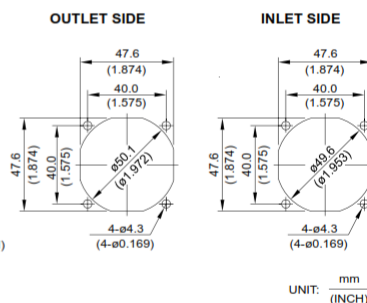
■ DIMENSIONS DRAWING



■ P & Q CURVE (AT RATED VOLTAGE)



■ MOUNTING PANEL CUTOUT



MODEL		Rated Voltage	Operating Voltage Range	Rated Current	Rated Input Power	Speed	Maximum Air Flow		Maximum Air Pressure		Noise
PART NO.	FUNCTION	VDC	VDC	Amp	Watt	R.P.M.	m ³ /min	CFM	mmH ₂ O	IN H ₂ O	dB-A
AFB0505LB	-R00 / -F00	5	4.5 to 5.5	0.15	0.75	4000	0.280	9.89	3.20	0.126	24.0
AFB0512LB	-R00 / -F00	12	7.0 to 13.8	0.06	0.72						
AFB0524LB	-R00 / -F00	24	14.0 to 27.6	0.05	1.20						
AFB0505MB	-R00 / -F00	5	4.5 to 5.5	0.22	1.10						
AFB0512MB	-R00 / -F00	12	7.0 to 13.8	0.08	0.96	4800	0.350	12.36	4.60	0.181	28.0
AFB0524MB	-R00 / -F00	24	14.0 to 27.6	0.06	1.44						
AFB0505HB	-R00 / -F00	5	4.5 to 5.5	0.32	1.60						
AFB0512HB	-R00 / -F00	12	7.0 to 13.8	0.10	1.20						
AFB0524HB	-R00 / -F00	24	14.0 to 27.6	0.07	1.68	5600	0.400	14.13	6.10	0.240	32.0
AFB0512HHB	-R00 / -F00	12	7.0 to 13.8	0.13	1.56						
AFB0524HHB	-R00 / -F00	24	14.0 to 27.6	0.08	1.92						
AFB0512HHB	-R00 / -F00	12	7.0 to 13.8	0.13	1.56	6400	0.460	16.24	8.00	0.315	36.0
AFB0524HHB	-R00 / -F00	24	14.0 to 27.6	0.08	1.92						

- * Function type is optional.
- * The max. air flow and the speed are measured in free air ; max. air pressure is measured at zero air flow.
- * Noise is measured in anechoic chamber in free air, one meter from intake side.
- * All readings are typical values at rated voltage.
- * Both of the ball bearing and the 1 ball + 1 sleeve type are available.

ANEXO 10

Dibujo de la base en formato A3 (Siguiete hoja)