



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
ACELERADOR ELECTRÓNICO CONTROLABLE EN
UN VEHÍCULO A CARBURADOR”**

**COLCHA MALDONADO JORGE PATRCIO
MIRANDA REYES ORLANDO VLADIMIR**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2011

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO**Enero, 31 de 2011**

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JORGE PATRICIO COLCHA MALDONADO

Titulada:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ACELERADOR ELECTRÓNICO
CONTROLABLE EN UN VEHÍCULO A CARBURADOR”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Carlos Cabezas
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Celin Padilla
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JORGE PATRICIO COLCHA MALDONADO

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ACELERADOR ELECTRÓNICO CONTROLABLE EN UN VEHÍCULO A CARBURADOR”

Fecha de Examinación: Enero, 31 de 2011

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. Carlos Cabezas (Presidente Trib. Defensa)			
ING. Carlos Cabezas (Director de Tesis)			
ING. Celin Padilla (Asesor)			

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

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO**Enero, 31 de 2011**

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ORLANDO VLADIMIR MIRANDA REYES

Titulada:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ACELERADOR ELECTRÓNICO
CONTROLABLE EN UN VEHÍCULO A CARBURADOR”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Carlos Cabezas
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Celin Padilla
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ORLANDO VLADIMIR MIRANDA REYES

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ACELERADOR ELECTRÓNICO CONTROLABLE EN UN VEHÍCULO A CARBURADOR”

Fecha de Examinación: Enero, 31 de 2011

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. Carlos Cabezas (Presidente Trib. Defensa)			
ING. Carlos Cabezas (Director de Tesis)			
ING. Celin Padilla (Asesor)			

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

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

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

f) Jorge Patricio Colcha Maldonado

f) Orlando Vladimir Miranda Reyes

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

Al Director de la tesis Ing. Roberto Cabezas por su gran ayuda científica y emocional para el desarrollo de este proyecto, al Ing. Celin Padilla por su aporte en la asesoría en temas importantes y necesarios.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

Jorge Patricio Colcha Maldonado

AGRADECIMIENTO

Quiero dar mi más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz que me brindo la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útiles a la sociedad y a mi país y en especial quiero agradecer a mi director de tesis Ing. Roberto Cabezas ya que sin su apoyo y su guía no habría podido dar por terminado es presente proyecto además para todos mis amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de más de mi vida.

Orlando Vladimir Miranda Reyes

DEDICATORIA

“Dios guía mis pasos, me da fortaleza y me ayuda crecer”. Gracias a mi padre Jorge Colcha, ya que sin su apoyo y sus sabios consejos no hubiera conseguido este logro en mi vida *“Siempre vivirás en mi corazón”*. A mi madre Ruth Maldonado y mis hermanos que día a día me brindaron el apoyo emocional y económico para estudiar *“Madre luz de mi vida”*.

A mi esposa Gabriela y en especial a mi hija Karen Alexandra que con su amor y comprensión me dieron las fuerzas para seguir adelante y nunca darme por vencido *“Hija mía, luz de mis ojos”*.

Amigos y compañeros gracias por esos consejos de superación y demás personas que con una palabra de aliento me dieron fuerza para este logro en mi vida *“Gracias”*.

Jorge Patricio Colcha Maldonado

DEDICATORIA

“Las cosas más bellas y mejores en el mundo, no pueden verse ni tocarse pero se sienten en el corazón”, es por eso que quiero dedicar este proyecto a mis padres Martha y Orlando ya que sin su apoyo moral, físico y económico no habría podido dar por finalizada esta etapa difícil de mi vida, a mis hermanos Tannia y Juan Carlos que han sido un constante apoyo durante toda mi carrera, y por último a todos mis amigos y compañeros que me han acompañado en mi vida politécnica, gracias de todo corazón.

Orlando Vladimir Miranda Reyes

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. GENERALIDADES	
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
2. FUNDAMENTO TEORICO	
2.1 Introducción y Fundamentos generales.....	4
2.1.1 Funcionamiento.....	5
2.2 Detalle de los elementos principales del proyecto.....	6
2.2.1 Pedal del acelerador.....	7
2.2.2 Modulo Electronico Central.....	7
2.2.3 Control de aceleracion.....	7
2.2.3.1 Carburador.....	8
2.3 Potenciometro.....	10
2.3.1 Introduccion, principio de funcionamiento.....	10
2.3.2 Aplicaciones.....	13
2.3.3 Tipos de potenciometros.....	14
2.3.3.1 En funcion del modo de regulacion.....	14
2.3.3.1.1 Potenciometro de desplazamiento lineal.....	14
2.3.3.1.2 Potenciometro de desplazamiento angular.....	14
2.3.3.1.3 Potenciometros Logaritmicos.....	15
2.3.3.2 En funcion del modo de fabricacion.....	16
2.3.3.3 Ventajas y Desventajas.....	16
2.4 Medicion del angulo de giro del pedal del acelerador.....	17
2.5 El sensor de posicion.....	18
2.5.1 Ultrasonico.....	18
2.5.2 Encoders.....	18

2.5.3	Laser.....	19
2.5.4	Inductivos.....	19
2.5.5	Resistivos.....	20
2.7	Conexión de un potenciómetro.....	20
2.7.1	Conexión en serie (reostática).....	20
2.7.2	Conexión en paralelo (potenciométrica).....	21
2.8	Angulo de giro del acelerador.....	21

3. DISEÑO Y SELECCION

3.1	Actuador.....	23
3.1.1	Introducción.....	23
3.2	Motores seleccionados.....	24
3.2.1	Motores de Corriente Continua.....	24
3.2.1.1	Introducción.....	24
3.2.1.2	Principio de funcionamiento.....	25
3.2.1.3	Fuerza Contraelectromotriz Inducida en un Motor.....	26
3.2.1.4	Numero de escobillas.....	27
3.2.1.5	Sentido de giro.....	27
3.2.1.6	Reversibilidad.....	27
3.2.2	Servomotor.....	28
3.2.2.1	Introducción.....	28
3.2.2.2	Tipos de servomotores.....	29
3.2.2.3	Partes de un servomotor.....	29
3.2.2.4	Conexión de un servomotor.....	30
3.2.2.5	Cálculos.....	31
3.2.2.6	Funcionamiento del servo.....	32
3.2.2.7	Prueba del servomotor.....	35
3.2.2.8	Modificación de los servos.....	35
3.2.2.9	Aplicaciones.....	35
3.2.2.10	Ventajas.....	36
3.2.4	Motores paso a paso.....	37
3.2.4.1	Introducción.....	37
3.2.4.2	Principio de funcionamiento.....	38

3.2.4.3	Parámetros de los motores paso a paso.....	41
3.2.4.4	Control de los motores paso a paso.....	43
3.2.4.5	Características.....	43
3.2.5	Motores sin escobillas (Brushless).....	44
3.2.5.1	Funcionamiento.....	44
3.2.5.2	Ventajas e inconvenientes.....	44
3.2.6	Comparación entre los diferentes tipos de motores.....	45
3.3	Mediciones.....	46
3.3.1	Angulo de giro de la mariposa.....	46
3.3.2	Par necesario para el giro de la mariposa.....	47
3.3.2.1	Dinamómetro.....	47
3.4	Diseño del mecanismo y el soporte.....	51
3.4.1	Diseño de las poleas.....	52
3.4.2	Medición de temperaturas.....	56
3.4.3	Diseño del soporte del mecanismo del potenciómetro del acelerador.....	57
3.4.4	Diseño del soporte del mecanismo del servomotor.....	60
3.4.5	Resumen.....	62

4 CONTROL Y PROGRAMACION

4.1	La unidad de control electrónico.....	63
4.2	Toma de mediciones.....	64
4.3	Parámetros importantes para la programación.....	64
4.4	Seguridad.....	65
4.5	Simulación y diseño del modulo	66
4.5.1	Diagrama de flujo.....	69
4.5.2	Construcción de la placa.....	70
4.6	Inconvenientes y soluciones.....	73

5 SISTEMA INTEGRADO Y MONTAJE DEL SISTEMA

5.1	Pruebas en el sistema original.....	75
5.2	Instalación del sistema en el vehículo.....	75
5.2.1	Instalación del sensor de temperatura del refrigerante.....	75

5.2.2	Toma de revoluciones del motor.....	77
5.2.3	Instalación del sensor del pedal del acelerador.....	77
5.2.4	Instalación del actuador.....	80
5.2.5	Colocación del LCD.....	81
5.2.6	Colocación del pulsador.....	81
5.2.7	Colocación de la UCE.....	82
5.3	Pruebas de funcionamiento del sistema incorporado.....	82

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1	Conclusiones.....	84
6.2	Recomendaciones.....	85

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
2.1	Ejemplos de algunos valores usados en un servomotor.....	32
2.2	Características técnicas de algunas marcas de servos.....	32
3.1	Angulo de paso.....	42
3.2	Comparación tipos de motores.....	45
3.3	Medición ángulo de giro de la mariposa.....	46
3.4	Mariposa totalmente abierta.....	47
3.5	Par necesario para mover la mariposa.....	49
3.6	Elementos del mecanismo de aceleración.....	59
4.1	Valores necesarios para la programación.....	64
4.2	Rangos de temperatura a voltaje.....	69

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>		<u>PAGINA</u>
2.1	Carburador.....	5
2.2	Diagrama funcional del proyecto.....	6
2.3	Pedal del acelerador.....	7
2.4	Eje de la mariposa de aceleración.....	8
2.5	Carburador elemental.....	8
2.6	Posición del carburador.....	9
2.7	Diagrama interno del potenciómetro.....	11
2.8	Representación de tipos de potenciómetros.....	11
2.9	Grafico de relación resistencia vs ángulo de giro.....	12
2.10	Símbolos de resistencias variables.....	13
2.11	Potenciómetros lineales.....	14
2.12	Potenciómetro angular.....	14
2.13	Diagrama interno de potenciómetro angular.....	15
2.14	Comportamiento de potenciómetros logarítmicos.....	16
2.15	Fotografía del ángulo de giro del pedal.....	17
2.16	Sensor de posición inductivo.....	19
2.17	Potenciómetro resistivo.....	20
2.18	Conexión serie de un potenciómetro.....	20
2.19	Conexión paralelo de un potenciómetro.....	21
2.20	Ilustración de montaje potenciómetro.....	21
2.21	Ilustración del ángulo de giro acelerador.....	22
3.1	Motores de corriente continua.....	24
3.2	Funcionamiento motores CC.....	25
3.3	Esquema polaridad motores CC.....	26
3.4	Servomotor.....	28
3.5	Estructura típica servomotor.....	29
3.6	Circuito típico de control servomotor.....	30
3.7	Conexión externa del servo.....	31

3.8	Ancho de pulso.....	33
3.9	Ejemplos de posicionamiento de un servo.....	33
3.10	Periodos entre pulsos.....	34
3.11	Otra posibilidad de pulsos de control.....	34
3.12	Circuito de prueba del servo.....	35
3.13	Aplicación en robótica.....	36
3.14	Motores paso a paso.....	37
3.15	Imagen de un estator de 4 bobinas.....	38
3.16	Principio de funcionamiento de un motor paso a paso...	39
3.17	Principio básico de un motor unipolar de cuatro fases...	41
3.18	Diagrama bloques de un sistema con motor paso a paso	43
3.19	Medición par necesario para mover la mariposa.....	48
3.20	Cartografía Fuerza aplicada vs ángulo girado de la mar	50
3.21	Diseño tridimensional del mecanismo propuesto.....	51
3.22	Diagrama sistemático de accionamiento del pedal.....	52
3.23	Esquema de cálculos pedal.....	53
3.24	Diseño de la polea del acelerador.....	54
3.25	Diseño de la polea del servomotor.....	55
3.26	Multímetro TRISCO DA – 830.....	56
3.27	Temperatura externa del motor.....	57
3.28	Diseño del soporte del potenciómetro.....	57
3.29	Potenciómetro instalado en el soporte.....	58
3.30	Potenciómetro y polea.....	59
3.31	Mecanismo armado.....	60
3.32	Diseño de placa soporte del servomotor.....	61
3.33	Soporte del servomotor acoplado.....	61
4.1	Modulo aplicado a protoboard.....	63
4.1	Modulo original.....	63
4.3	Circuito de seguridad.....	66
4.4	Simulación – Circuito de activación servomotor.....	67
4.5	Simulación – Circuito comparación LCD.....	68

4.6	Simulación – Circuito de amplificación de señal.....	
4.7	Diagrama de flujo programación PIC 1.....	67
4.8	Diagrama de flujo programación PIC 2.....	69
4.9	Diseño de placa en ISIS.....	70
4.10	Representación de la placa en 3-D.....	71
4.11	Modulo terminado.....	72
5.1	Ubicación del sensor en el multiple de admision.....	73
5.2	Perforacion del multiple de admision.....	75
5.3	Sensor de temperatura adaptado.....	76
5.4	Toma de datos de revoluciones.....	76
5.5	Potenciometro con polea.....	77
5.6	Caja de proteccion del potenciometro.....	77
5.7	Ubicación del mecanismo de aceleracion.....	78
5.8	Colocacion del mecanismo del potenciometro.....	78
5.9	Conexiones del mecanismo.....	79
5.10	Mecanismo instalado.....	79
5.11	Adaptacion del cable de tensión.....	79
5.12	Diseño del mecanismo del servo.....	80
5.13	Mecanismo del servomotor instalado.....	81
5.14	LCD instalado.....	81
5.15	Cruise-control.....	82

LISTA DE ECUACIONES

<u>ECUACION</u>		<u>PÁGINA</u>
(1)	Resistencia en un momento determinado	12
(2)	Ley de Lorentz	26
(3)	Angulo de posición \square	33
(4)	Numero de pasos por vuelta de motor paso a paso	45
(5)	Voltaje promedio	50
(6)	Angulo girado en función de radios	50
(7)	Perímetro	52
(8)	Par necesario	52
(9)	Ley de cosenos	57
(10)	Angulo en función del perímetro	57
(11)	Relación de diámetros	59

LISTA DE ABREVIACIONES

PWM	Modulación por ancho de pulso
NTC	Coficiente de temperatura negativo
RPM	Revoluciones por minuto
UCE	Unidad de Control Electrónico

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1:** Polea del potenciómetro
- ANEXO 2:** Polea del servomotor
- ANEXO 3:** Soporte del potenciómetro
- ANEXO 4:** Soporte del servomotor

RESUMEN

La tesis titulada “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ACELERADOR ELECTRONICO CONTROLABLE EN UN VEHÍCULO A CARBURADOR” se realizo con la finalidad de suspender el elemento de accionamiento mecánico de aceleración convencional e implantar un acelerador electrónico consiguiendo una disminución de la contaminación, consumo de gasolina, y evitando peligrosas situaciones como los derrapes en las salidas.

Para lo cual se midió el ángulo de giro del pedal, el ángulo de giro de la mariposa del carburador y el par necesario para la apertura de la mariposa. Con estos resultados, se seleccionaron los mecanismos de accionamientos para un potenciómetro que midió la proporción de aceleración, un mecanismo que acciono un servomotor en la mariposa del carburador, la selección del servomotor depende de la fuerza para mover la mariposa obtenido con la utilización de un dinamómetro de 10Kg, una unidad electrónica de control se encargo de comparar los valores generados por un sensor de temperatura del motor en rangos normales de funcionamiento y un sensor de rpm, con la proporción de aceleración dada por el potenciómetro, generando una señal de activación del servomotor para la dosificación de combustible.

Se obtuvo un mejor desarrollo de la aceleración y un menor consumo de combustible, por lo tanto con este sistema se consigue una menor contaminación y consumo de gasolina.

Posibilita la apertura de nuevas vías de trabajo, como pueden ser el control de tracción, diferentes programas de conducción en función del estilo de cada persona, etc.

SUMMARY

The thesis “DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN ELECTRONIC ACCELERATOR CONTROLLABLE IN A VEHICLE OR CARBURETOR” was carried out to suspend the mechanical element of conventional acceleration and implant an electronic accelerator attaining a decrease of contamination and gas consumption avoiding dangerous situations such as skidding at starting.

The pedal turn angle, the carburetor wing nut turn angle and the necessary pair for the wing nut opening were measured. With these results the driving devices for a potentiometer which measured the acceleration proportion and a device which drove the servomotor in the carburetor wing nut were selected; the servomotor selection depends on the force to move the wing nut obtained with the use of a dynamometer of 10 kg; a control unit was in charge of comparing values generated by the motor temperature sensor in normal functioning ranges and a rpm sensor with the acceleration rate given by the potentiometer, generating an activation signal of servomotor for the fuel dosage.

A better acceleration development and a minor fuel consumption were obtained. Therefore with this system a lower contamination and a gas consumption are attained.

It facilitates new work ways such as drive control, different driving programs in function of the style of each person, etc.

CAPITULO I

1. GENERALIDADES.

1.1 Introducción.

En la actualidad la tecnología avanza día a día y la perspectiva de los fabricantes de automóviles, difiere de épocas anteriores, en las cuales se centraban en la evolución de motores más rápidos y de mayor potencia. A diferencia de lo anteriormente mencionado, hoy prima la seguridad de los ocupantes del automotor y el control ambiental, por lo que se han implementado sistemas que se denominan de seguridad pasiva y activa, el primero basado en reducir al mínimo los daños que se pueden producir cuando un accidente es inevitable y el segundo que consta de aquellos elementos que contribuyen a proporcionar una mayor eficacia y estabilidad al vehículo en marcha, y en la medida de lo posible, evitar un accidente.

El acelerador electrónico, en inglés conocido como Drive-By-Wire, es una tecnología que está empezando a ser implantada desde no hace mucho tiempo, viene del Fly-By-Wire utilizada desde hace bastante tiempo en los aviones. La introducción del by-wire en el automóvil ha sido gracias a la Fórmula 1, desde hace unos pocos años se viene investigando la implantación en estos coches de carreras de esta tecnología, y los resultados ya se pueden ver, las fulminantes salidas de los coches Renault son gracias a un sofisticado sistema de control de tracción y al drive by wire, entre otros factores. Hoy en día cada vez más aparecen más marcas con el sistema drive by wire, seguro que alguno recordará el anuncio del nuevo Golf (2004), en el que en la última imagen aparecen las letras ETC que significan “Electronic Throttle Control” Control electrónico del acelerador. Es por ello que esta es una tecnología muy nueva hoy en día en los coches de calle. ¹

¹ Article Drive - By- Wire/<http://www.autozulia.com/nuevatecnologia.asp>

1.2 Justificación

El avance tecnológico en los automóviles en lo referente a aplicaciones eléctricas y electrónicas ha creado la necesidad de contar con ingenieros automotrices en el área de sistemas de electricidad y electrónica aplicadas a los modernos automóviles.

Las ventajas que presenta la implantación de un acelerador electrónico son las siguientes

Permite variar la relación entre la posición del acelerador y la apertura de la mariposa con multitud de posibilidades. Fácil acoplamiento del control de velocidad de cruce. Reducción de los tirones durante el funcionamiento del motor. Permite un mejor control sobre las emisiones contaminantes. Posibilita una mayor suavidad de funcionamiento a los vehículos equipados con cambio de marchas automático. Integración del control electrónico en la centralita de gestión del motor, reduciendo el coste del equipo. Es más fiable que un cable porque el sistema sólo envía una señal eléctrica a través de un potenciómetro. En un motor de gasolina, la señal eléctrica determina la apertura de la mariposa. Integra al acelerador funciones como el control de tracción o estabilidad, o coordina el cambio automático para suavizar el paso de una marcha a otra. Permite mayor control de la alimentación de aire del motor, consiguiendo mejores aceleraciones y una respuesta del motor más adecuada al tipo de conducción que se está realizando Corrige errores de accionamiento del acelerador por parte del conductor.

El resultado de este proyecto posibilitará la apertura de nuevas vías de trabajo, como pueden ser el control de tracción, diferentes programas de conducción en función del estilo de cada persona, cruise control, etc. que pueden ser muy interesantes para futuros proyectistas en el laboratorio.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

- Diseñar e implementar un acelerador electrónico controlable en un vehículo a carburador

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Medir la posición del pedal del acelerador de forma precisa, mediante sensores que ayuden a determinar y controlar el sistema.
- Programar la unidad de control electrónico para la recepción de datos de los sensores y enviar señales para la actuación del sistema.
- Actuar sobre la admisión de aire del motor con un actuador eléctrico que permitirá el control del caudal de aire para la eficiencia en la estequiometría de la mezcla.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Introducción y Fundamentos Generales

El pedal del acelerador es uno de los elementos esenciales en un coche, su función es la de transmitir al motor el deseo del conductor de alcanzar una cierta velocidad o aplicar más o menos par en las ruedas motrices.

Se ha visto que hay diferentes tipos de aceleradores así como en diferentes posiciones. El sitio normal suele ser en el habitáculo del coche donde suele colocar las piernas el conductor, esto da una gran comodidad a la hora de manejarlo. En algunos casos también nos podemos encontrar en coches especiales que el acelerador está ubicado en el volante, y es accionado mediante una palanca o un volante más pequeño que al ser presionado funciona como el pedal.

En estos casos el mecanismo siempre es el mismo; el pedal o la palanca tira de un cable que a su vez acciona la mariposa del carburador (motor de gasolina) o controla el caudal de combustible que debe entrar en los cilindros (motor diesel). Una vez que se suelta, el pedal retornará a su posición inicial gracias a la acción de unos muelles, de esta forma el motor no actuará y el vehículo ralentizará su marcha.

En cuanto a los diferentes tipos nos encontramos con los que están apoyados en el suelo y giran respecto a un eje situado por debajo del pedal apretando un muelle y están los que giran respecto a un eje situado por encima del pedal, en las siguientes figuras se comprenderá mejor la diferencia.²

² Artículo de TECNUN "Acelerador Electrónico Controlable", págs.

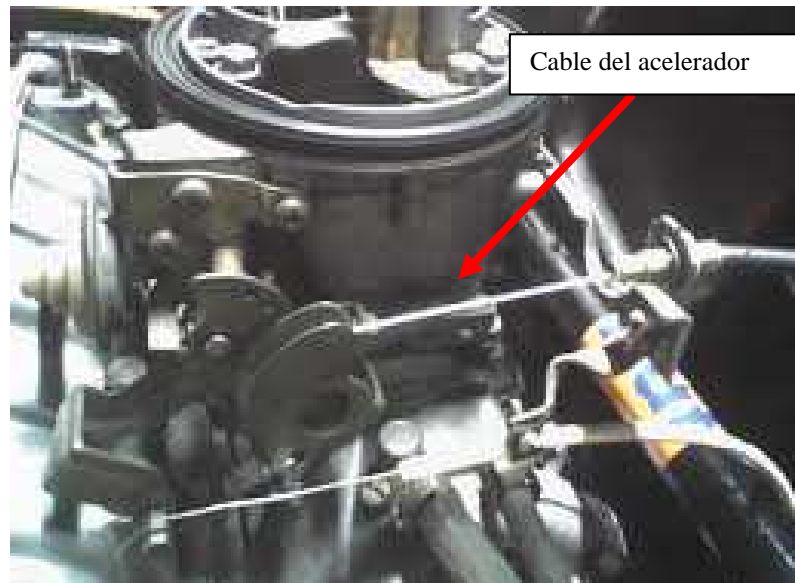


Figura 2.1: Carburador

2.1.1. Funcionamiento

En un acelerador convencional cada posición del pedal corresponde con una única posición de la mariposa. La relación entre el recorrido del pedal y el recorrido de la mariposa determinan el comportamiento del motor. Si se busca un motor que responda bien a bajas revoluciones, se debe conseguir que el recorrido del acelerador corresponda con pequeños recorridos de la mariposa, sobre todo en los primeros grados de apertura. Lo que origina una respuesta del motor pobre cuando la mariposa está muy abierta, al producirse pequeñas variaciones en caudal de aire que entra al motor.

Un motor de carácter deportivo necesita recorridos más amplios de la mariposa cuando está muy abierta, empeorando la respuesta del motor a bajas revoluciones.

En el acelerador electrónico se pueden adoptar infinidad de posiciones de la mariposa teniendo en cuenta las condiciones de funcionamiento del motor. La centralita electrónica conoce en todo momento la posición del pedal del acelerador a través de la variación de la resistencia del potenciómetro.

Con este dato y las revoluciones del motor se establece el grado óptimo de apertura de la mariposa.

A bajas revoluciones del motor, la mariposa se abrirá lentamente, mientras a altas revoluciones, la apertura se realizará más rápidamente. Se consigue una buena respuesta del

motor a cualquier régimen, impidiendo que aparezcan ahogos por un accionamiento muy rápido del acelerador.

En la fase de calentamiento del motor se produce una mayor apertura de la mariposa en función de la posición del pedal acelerador. Durante esta fase se intenta empobrecer la mezcla todo lo posible y retrasar el encendido, reduciendo el tiempo de calentamiento del motor, y por tanto, del catalizador. Para que el conductor no perciba la reducción de par que esto supone, la mariposa se abre más rápidamente mejorando la respuesta del motor. Además se consiguen reducir las emisiones contaminantes, sobre todo las de hidrocarburos.

Si se acciona rápidamente el acelerador cuando el motor está reteniendo, se producen tirones a causa de la variación tan repentina en el par suministrado y el motor rebota en sus anclajes elásticos. Esta situación tan molesta se evita retrasando la apertura del acelerador para que no se produzca de forma tan brusca. El par motor aparece más lentamente, impidiendo que el motor rebote en sus soportes.³

2.2 Detalle de los Elementos Principales del Proyecto

Se mostrara a continuación una serie elementos gráficos que muestren los elementos principales del proyecto.

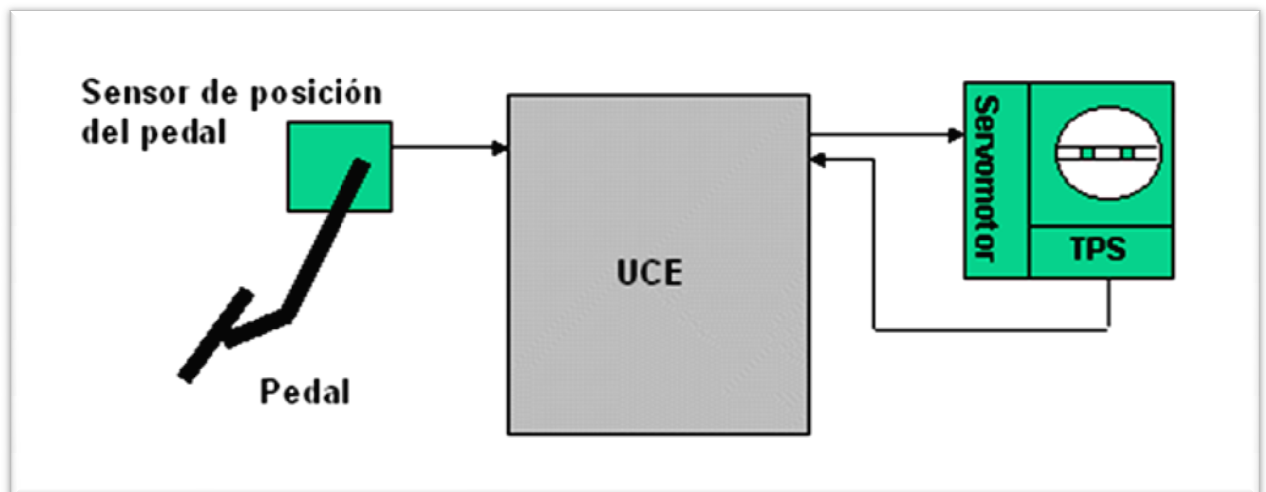


Figura 2.2: Diagrama funcional del proyecto

³ Artículo Web: Acelerador electrónico. Documentos Técnicos, manuales de reparación.htm

2.2.1 Pedal del Acelerador

El pedal del acelerador es el elemento principal del proyecto pues nos proporcionará el ángulo deseado para la aceleración del vehículo y a partir de ese dato se realizara los cálculos respectivos.

El pedal es un mecanismo de barra pivotante sobre un eje fijo



Figura 2.3: Pedal del acelerador

2.2.2 Modulo Electrónico Central

Es el elemento de control del proyecto, es el encargado de recibir la señal del pedal y compararlo con los parámetros de funcionamiento del motor. Al compararlo envía una señal para el elemento de actuación en la mariposa del carburador.

2.2.3 Control de Aceleración

Es el elemento donde se actuara y se colocara el mecanismo de actuación (servomotor) y se tendrá resultados del proyecto



Figura 2.4: Eje de la mariposa de aceleración

2.2.3.1 Carburador

El carburador posee una división donde la gasolina y el aire son mezclados y otra porción donde la gasolina es almacenada a un nivel muy preciso, por debajo del nivel del orificio de salida (cuba). Estas partes están divididas pero están conectadas por la tobera principal.

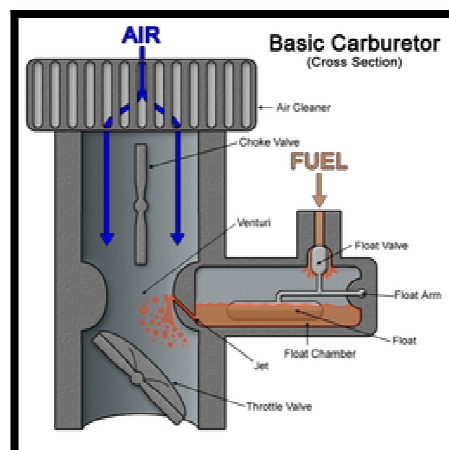


Figura 2.5: Carburador elemental

La relación de aire-combustible es determinante del funcionamiento del motor. Esta proporción indicada en el párrafo anterior no debe ser menor de unas 10 partes de aire por cada parte de gasolina, ni mayor de 17 a 1; en el primer caso hablamos de "mezcla rica" y en el segundo de "mezcla pobre". Por debajo o por encima de esos límites el motor no funciona

bien, llegando a "calarse", en un caso "ahogando" las bujías y en el otro calentándose en exceso, con fallos al acelerar y explosiones de retorno



Figura 2. 6: Posición del carburador

En la carrera de admisión del motor, el pistón baja dentro del cilindro y la presión interior del cilindro disminuye, aspirando aire desde el purificador (filtro), carburador y colector de admisión fluyendo hasta el cilindro. Cuando este aire pasa a través de la porción angosta del carburador, la velocidad se eleva, y por el efecto Venturi aspira la gasolina desde la tobera principal. Esta gasolina aspirada es soplada y esparcida por el flujo de aire y es mezclada con el aire.⁴

Esta mezcla aire-combustible es luego aspirada dentro del cilindro.

Válvula aceleradora

Para que el usuario pudiese controlar a voluntad las revoluciones a las que trabaja el motor se añadió al tubo original una válvula aceleradora que se acciona mediante un cable conectado a un mando del conductor llamado acelerador.

Esta válvula aceleradora permite incrementar el paso de aire y gasolina al motor a la vez que se mantiene la mezcla en su punto. La mezcla aire/gasolina se denomina gas, por lo tanto al hecho de incrementar el paso de la válvula se le llama coloquialmente "dar gas".

Guillotina

Para controlar el gas en los motores de dos tiempos se usa un tipo de válvula llamada guillotina que consiste en un disco que atraviesa el tubo perpendicularmente. Cuando se

⁴ Manual de la técnica del automóvil - Bosch ,Págs. 607-608 -4ª edición [ISBN 3-934584-82-9](https://www.bosch.com/press/medien/produkte/934584-82-9)

incrementa el paso, la guillotina se va deslizando hacia arriba como un telón dejando una abertura cada vez más grande.

Mariposa

Por contra en los motores de cuatro tiempos se usa como válvula la mariposa, que es un disco de metal cruzado diametralmente por un eje que le permite girar. En posición de reposo se encuentra completamente perpendicular al tubo y al acelerar se va incrementando su inclinación hasta que queda completamente paralela al tubo.

El eje de la mariposa sobresale por un lado, donde toma forma de palanca para ser accionada mediante cable.

Principio de operación del carburador

El carburador opera básicamente con el mismo principio de un pulverizador de pintura. Cuando el aire es soplado, cruzando el eje de la tubería pulverizadora, la presión interior de la tubería cae. El líquido en el pulverizador es por consiguiente aspirado dentro de la tubería y atomizado cuando es rozado por el aire. Mientras mayor sea la rapidez del flujo de aire que atraviesa la parte superior de la tubería de aspiración, mayor es la depresión en esta tubería y una mayor cantidad de líquido es aspirada dentro de la tubería.

2.3 Potenciómetro

2.3.1 Introducción, Principio de funcionamiento

Los potenciómetros son unas resistencias especiales que están formadas por una parte fija con la resistencia y una móvil en contacto con la misma que, al desplazarse, hace variar la resistencia entre las tomas. Consiguen variar la resistencia que ofrecen en función de un mayor o menor giro manual de su parte móvil. Suelen disponer de unos mandos giratorios que facilitan la operación, o bien unas muescas para introducir un destornillador adecuado.

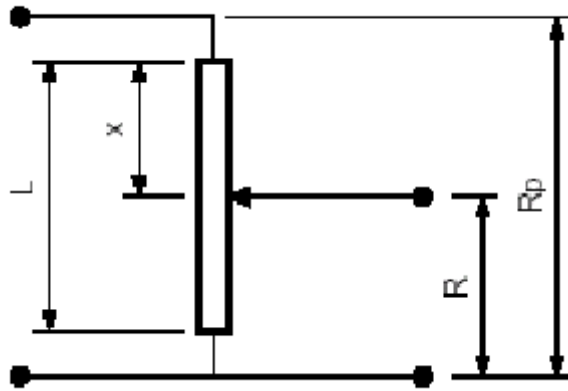


Figura 2.7: Diagrama interno del potenciómetro

Donde la resistencia en un momento determinado será:

$$R = \frac{\rho}{A} \cdot L \cdot (1 - \alpha) = \frac{\rho}{A} \cdot (L - x) = \frac{R_p}{L} \cdot (L - x) \quad (1)$$

Se designan por su valor máximo, y al lado de éste las siglas LIN (lineal), LOG (logarítmico), etc. Si no aparecen las siglas, se trata de un potenciómetro lineal.

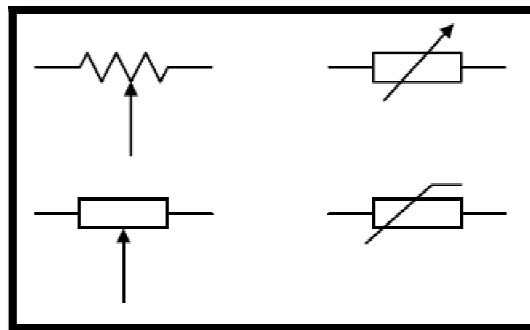


Figura 2.8: Representación de tipos de potenciómetros

Se describe en el gráfico la relación que existe entre la variación de la resistencia (ohmios) en función de la variación del ángulo de giro.

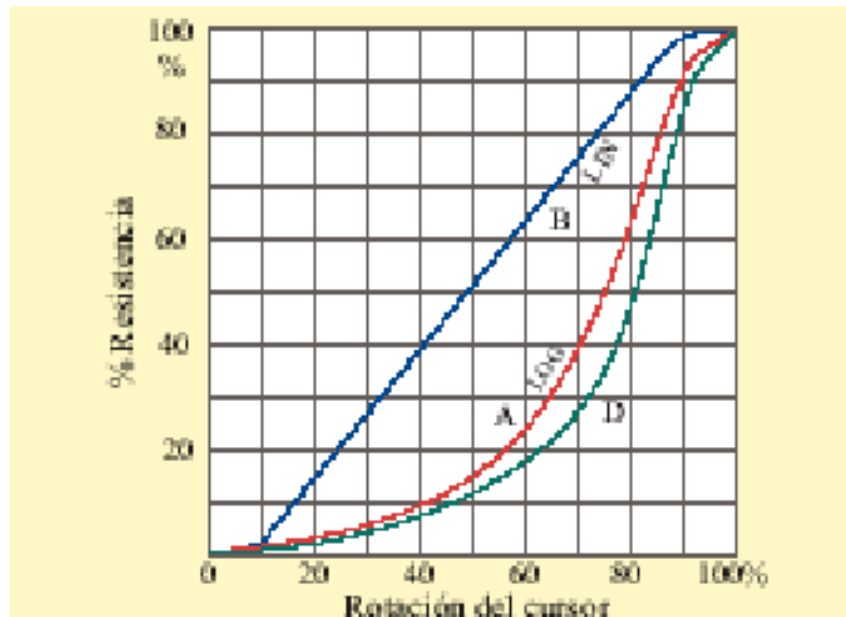


Figura 2.9: Grafico de relación resistencia vs. Angulo de giro

El comportamiento descrito es ideal e implica aceptar algunas simplificaciones cuya validez no se puede garantizar en todos los casos. Se asume que para ello:

- La resistencia es uniforme a lo largo de todo el recorrido o bien sigue una ley determinada.
- El contacto del cursor proporciona una variación de resistencia continua (no a saltos) por tanto, la resolución es infinita.
- Si se alimenta el potenciómetro con una tensión alterna, su inductancia y capacidad deben ser despreciables.
 - Para valores de R_p bajos, la inductancia no siempre es despreciable, sobre todo para potenciómetros bobinados.
 - Para valores de R_p altos, la capacidad parásita puede tener importancia.
- La temperatura del potenciómetro es uniforme. Esta se debe tanto al medio que lo rodea como al propio auto calentamiento.
- El rozamiento del cursor y su inercia son despreciables.

Estas características ideales, obviamente, no se consiguen plenamente en los potenciómetros comerciales. No obstante, estas limitaciones son compensadas sobradamente por las ventajas de este dispositivo que, siendo simple y robusto, permite obtener buena exactitud en relación con su precio.

Las características reales son las siguientes:

- Resistencia no uniforme en toda la excursión del cursor.
- Resolución no infinita si son bobinados, saltos de hilo.
- Inductancias y capacidades no despreciables.
- Derivas con la temperatura y auto calentamiento
- Falta de linealidad debido a la carga.
- Inercias, rozamientos y velocidad máxima
- Reducción de resolución debido a la resistencia de contacto.

2.3.2 Aplicaciones

Las resistencias variables, llamadas potenciómetros, son usadas frecuentemente en circuitos electrónicos dado su pequeño tamaño. Los símbolos que se usan para representar una resistencia variable son los siguientes:

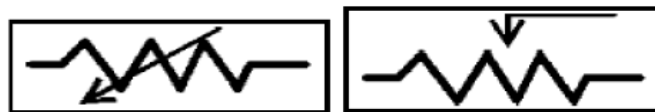


Figura 2.10: Símbolos de resistencias variables

Los potenciómetros poseen un mando giratorio o deslizante para graduarlos desde el exterior. Ejemplos de potenciómetros son los mandos de volumen de radios y televisores y también los controles de brillo y color de los televisores. Al variar la posición del eje del potenciómetro, varía la resistencia.⁵

2.3.3 Tipos de Potenciómetro

2.3.3.1. En función del modo de regulación:

2.3.3.1.1. Potenciómetros de desplazamiento lineal

También llamados reglas potenciométricas, consisten en una pista recta y entera de resistencia constante, formada por pistas de polímeros conductores. Por encima de ellas, se mueve un cursor que da la medida en voltaje respecto a la tierra.

⁵ Artículo "Tecnun": Potenciómetros , págs. 13-16



Figura 2.11: Potenciómetros lineales

2.3.3.1.2. Potenciómetros de desplazamiento angular

Trabajan de la misma manera que los de desplazamiento rectilíneo, pero en este caso la pista es de forma circular permitiendo así la medición de variación de ángulos. Nos podemos encontrar con potenciómetros de dos tipos, los de una vuelta, en los que la pista es un círculo en el mismo plano, y los de más de una vuelta, donde el círculo se convierte en una espiral que crece según el eje perpendicular de este círculo. En ambos casos, el cursor se desplaza por encima de la pista creando una relación de linealidad entre la resistencia total y la parte desplazada del cursor.

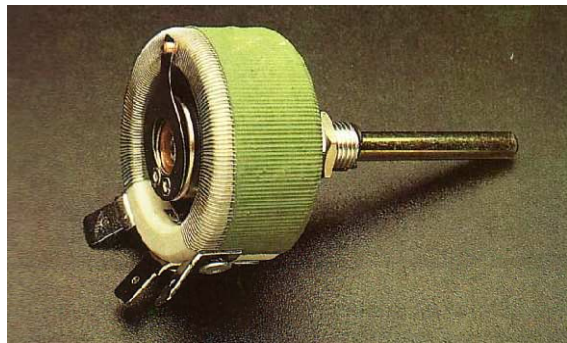


Figura 2.12: Potenciómetro angular

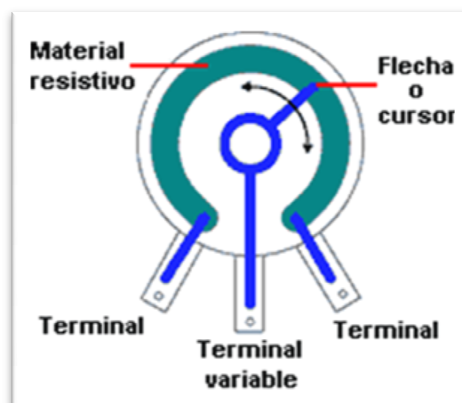


Figura 2.13: Diagrama interno de potenciómetro angular

La resistencia nominal R_n suele variar entre 1k. y 100k. Sus tolerancias de fabricación están entre el 5% y el 20%. Su variación con la temperatura es mayor en pistas conductoras.

El error de linealidad está comprendido entre 0,01% y 1% de R_n , medido como la máxima desviación de la resistencia $R(l)$, respecto de su valor lineal.

El cursor debe asegurar un buen contacto eléctrico lo que implica: ausencia de f.e.m. de contacto (chispas), resistencia de contacto débil y estable en el tiempo (desgaste) y en presencia de vibraciones o de velocidades elevadas del cursor.

2.3.3.1.3. Potenciómetros Logarítmicos

Al principio responden con una progresión muy pequeña, y después, con unos pocos grados de giro, sus valores crecen rápidamente.

Otras formas de variación menos empleadas son las **anti logarítmicas** y las de **seno-coseno**.

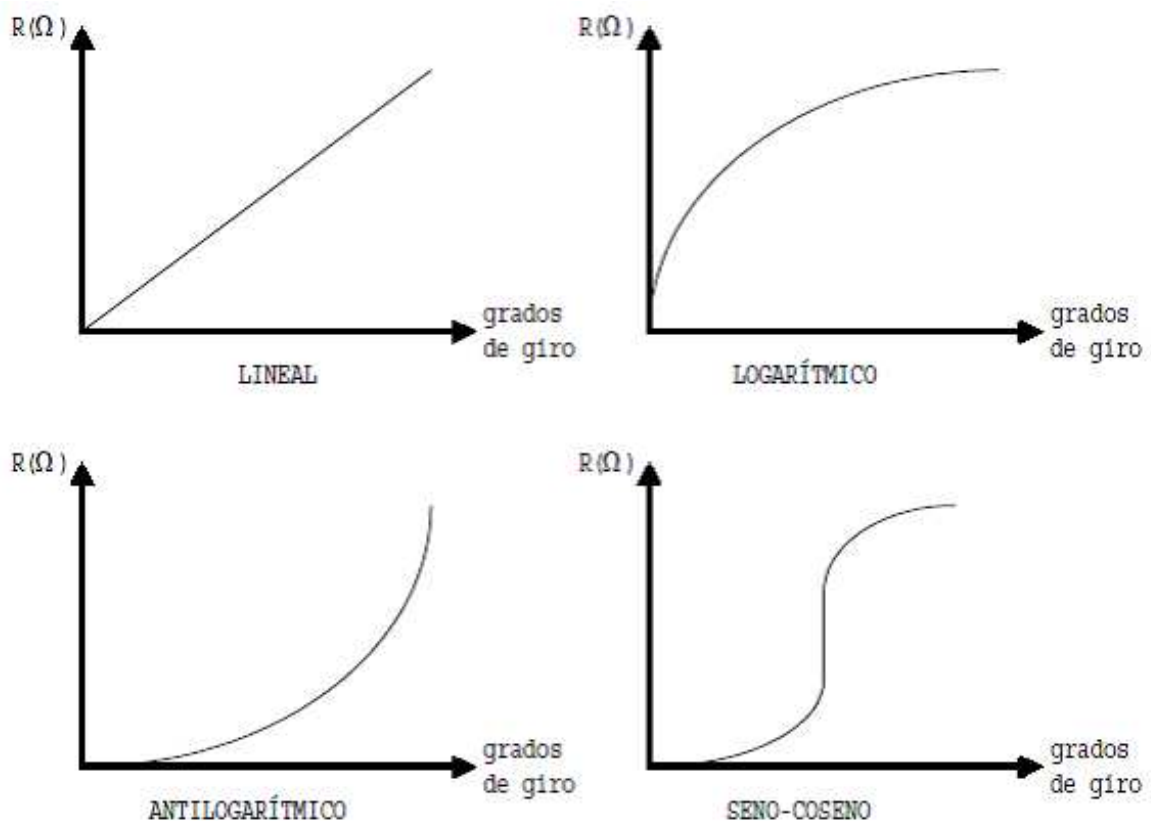


Figura 2.14: Comportamiento de potenciómetros logarítmicos

2.3.3.2. En función del modo de fabricación

Existe en el mercado una variedad de elementos resistivos que se utilizan en los potenciómetros, el elemento más popular es el carbón, su mejor característica es el precio, pero como inconvenientes tiene las variaciones de temperatura y su vida; el cermet es una combinación de un material Cerámico y Metal que mejora muchísimo las características del carbón. Después se encuentra el bobinado, que sus principales ventajas son el bajo coeficiente de temperatura, su vida mecánica, bajo ruido, alta disipación, y estabilidad con el tiempo. Otro elemento utilizado es el plástico conductor que mejora en todas las características respecto a los demás elementos, pero tiene un precio superior.

2.3.3.3. Ventajas y desventajas.

Los potenciómetros no suelen necesitar amplificador puesto que son capaces de manejar tensiones relativamente grandes. Además, se pueden operar con tensiones de alterna o continua ampliando así sus aplicaciones. Sin embargo, el continuo roce produce desgastes, lo que puede hacer disminuir su vida útil y presentar ruido al estar desgastados. Esto provocaría un mal funcionamiento del acelerador electrónico.⁶

2.4 Medición del Ángulo de Giro del Pedal del Acelerador

La correcta medición de la posición del pedal del acelerador es de vital importancia para la consecución de este proyecto, puesto que los datos que se reciban en la unidad de control electrónico provenientes del pedal serán procesados para enviar una señal al actuador. Y esta tiene que ser lo más precisa posible para evitar problemas o mal funcionamiento.

Debido a esto se manejarán diversas posibilidades para la medición de la posición del pedal, utilizando como sensor casi con total probabilidad un potenciómetro. Pero se estudiarán mecanismos diferentes que serán los encargados de hacer girar al potenciómetro.

⁶ <http://search.conduit.com/ResultsExt.aspx?ctid=CT2431232&q=search.conduit.com>



Figura 2.15: Fotografía del ángulo de giro del pedal

Debemos conocer en todo momento y lo más exacto posible cuál es la posición del acelerador.

Para esto se deberá realizar una serie de pruebas y procedimientos como los detallaremos y realizaremos en su debido momento del proyecto:

- Medición del ángulo que gira el pedal del acelerador.
- Mecanismo que se mueva eficientemente con el pedal y el potenciómetro.
- Pruebas con diferentes potenciómetros de 1, 3 y 10 vueltas a fin de conocer cuales tienen mejor resolución para ser utilizados
- Desarrollo de un sistema de sujeción del potenciómetro.
- Alimentación del potenciómetro elegido (5V ó 12V). Así como calcular el número de grados que deberá girar.

Una vez definido todo esto, se procederá a dibujar los planos para la construcción.

2.5 El Sensor de Posición

Es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

2.5.1. Ultrasónico

Su principio de operación es básicamente la transmisión de una señal piloto ultrasónica y la recepción de una señal reflejada, para determinar si existe un objeto en el área de detección. La transmisión y recepción de energía ultrasónica es la base para muchos medidores ultrasónicos y de velocidad. Las ondas ultrasónicas son ondas acústicas de una frecuencia que no es audible por el ser humano; es decir, mayores a 20 kHz.

2.5.2. Encoders

Encoders incrementales

Se utilizan fundamentalmente para el cálculo de la posición angular. Básicamente constan de un disco transparente, el cual tiene una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí; de un elemento emisor de luz (como un diodo LED); y de un elemento fotosensible que actúa como receptor. El eje cuya posición angular se va a medir va acoplado al disco.

2.5.3. Láser

El principio de funcionamiento es igual al del ultrasónico pero la onda que se utiliza es un haz láser.

2.5.4. Inductivos

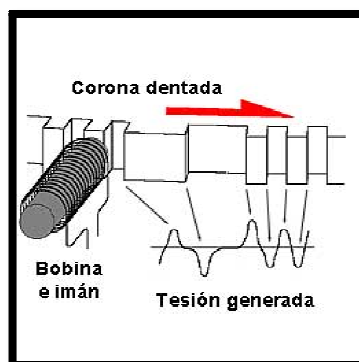


Figura 2. 16: Sensor de posición inductivo

Los sensores inductivos se utilizan en los automóviles para medir velocidades de rotación o detectar la posición angular de un determinado elemento. Su principal ventaja es su reducido coste y simplicidad, mientras que su mayor inconveniente es la falta de precisión cuando las velocidades de giro son bajas.

Componentes

El sensor inductivo empleado en automoción está formado por:

- Un imán permanente.
- Una bobina envolviendo el imán permanente, y de cuyos extremos se obtiene la tensión.
- Una pieza de material ferromagnético que se coloca en el elemento en movimiento y sirve para detectar su paso cerca del sensor. Esta pieza puede tener varios dientes formando una corona.

2.5.5. Resistivos

Como es el caso de los potenciómetros. Se trata de una resistencia y un cursor que se desplaza sobre ella. Se alimenta la resistencia con un voltaje regulado y del cursor a tierra obtenemos un voltaje proporcional al desplazamiento producido. Hay de diferentes formas; lineales, circulares, logarítmicos, etc. material; película de carbón, bobinados sobre cerámica, etc.

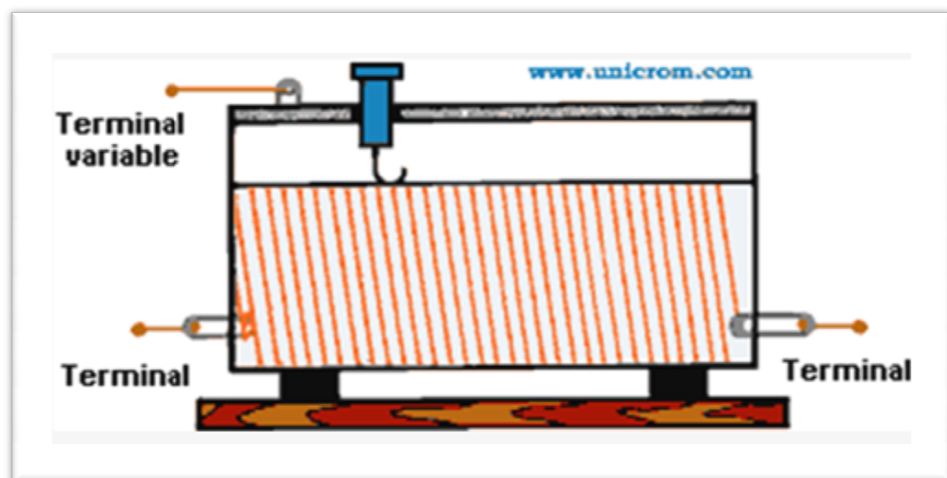


Figura 2.17: Potenciómetro resistivo

2.7 Conexión de un Potenciómetro

2.7.1. Conexión en serie (reostática)

Se conecta el cursor y un extremo al circuito, mientras que el otro queda libre o puenteado con el cursor, de este modo la resistencia queda en serie con el circuito.

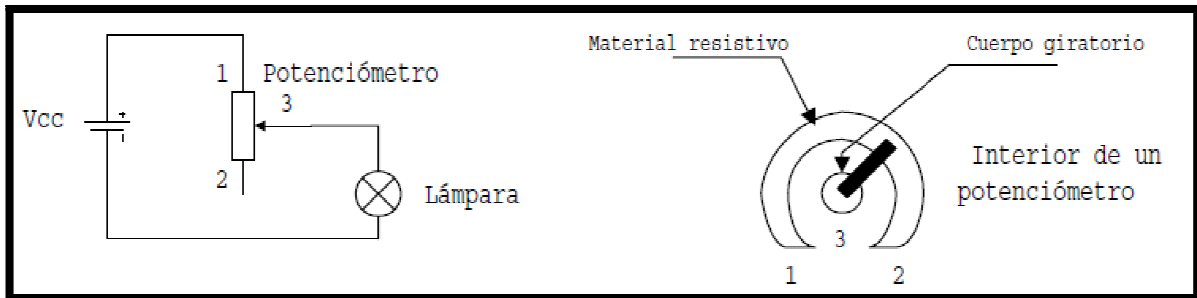


Figura 2.18: Conexión serie de un potenciómetro

2.7.2. Conexión en paralelo (potenciométrica)

Los dos extremos del generador se unen a los dos del potenciómetro. La intensidad que recorre el circuito no es la misma que la que recorre el potenciómetro. Este montaje se le llama divisor de tensión.

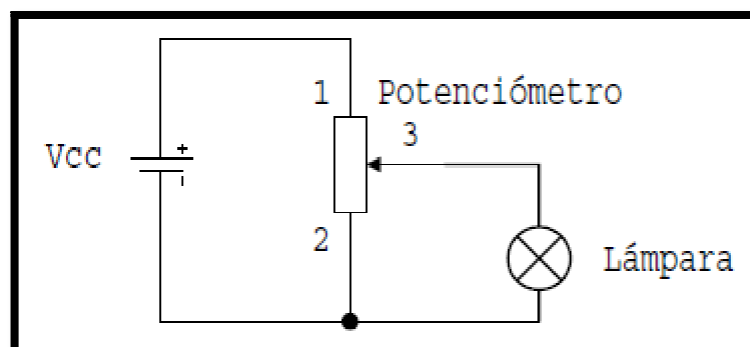


Figura 2.19: Conexión paralelo potenciómetro

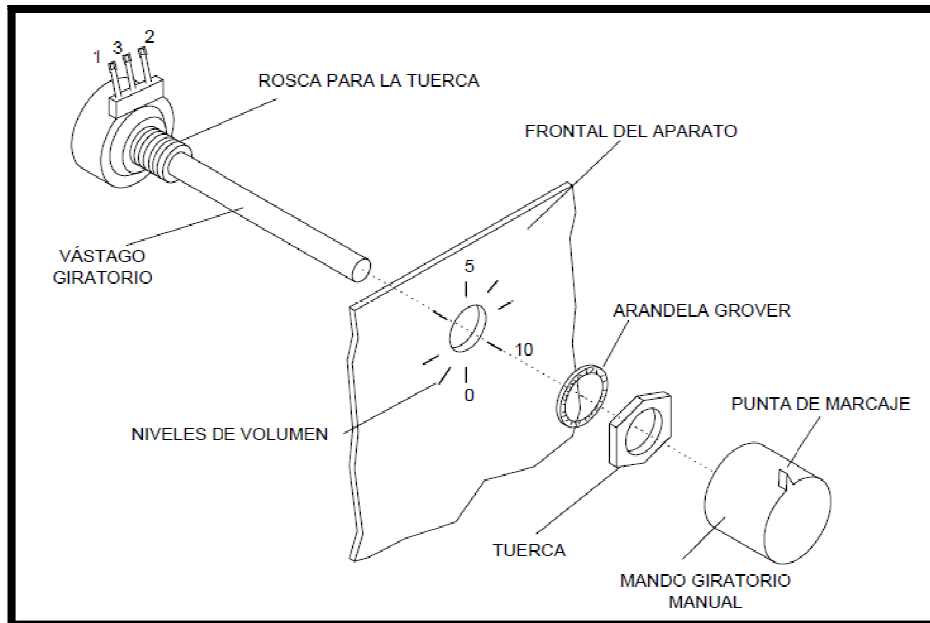


Figura 2.20: Ilustración de montaje potenciómetro

2.8 Ángulo de Giro del Acelerador

Debemos empezar calculando el ángulo de giro del pedal del acelerador para poder diseñar el mecanismo para accionamiento del potenciómetro.

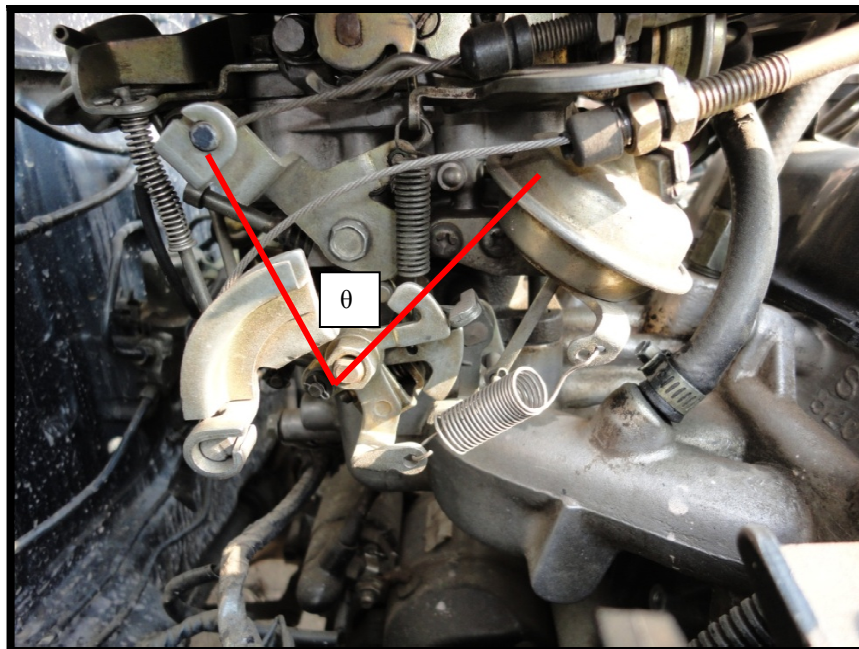


Figura 2.21: Ilustración del ángulo de giro acelerador

Este ángulo se determinará experimentalmente en capítulos posteriores para encontrar el ángulo exacto que nos permitirá diseñar mecanismos de activación de la mariposa.

CAPITULO III

3. ACTUADOR

3.1 Introducción

Se denominan actuadores a aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado.

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen varios tipos de actuadores como son:

- Electrónicos
- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

3.2 Motores Seleccionados

3.2.1 Motores de Corriente Continua

3.2.1.1 Introducción

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición, par y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Pero con la llegada de la electrónica su uso ha disminuido en gran medida, pues los motores de corriente alterna, del tipo asíncrono, pueden ser controlados de igual forma a precios más accesibles para el consumidor medio de la industria. A pesar de esto los motores de corriente continua se siguen utilizando en muchas aplicaciones de potencia (trenes y tranvías) o de precisión (máquinas, micro motores, etc.)

La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.



Figura 3.1: Motores de corriente continúa

3.2.1.2 Principio de Funcionamiento

Según la Ley de Lorentz, cuando un conductor por el que pasa una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, el conductor sufre una fuerza perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente, siguiendo la regla de la mano derecha, con módulo

(2)

$$F = B \cdot l \cdot I$$

- F: Fuerza en Newton
- I: Intensidad que recorre el conductor en amperios
- l: Longitud del conductor en metros lineales

- B: Inducción en teslas

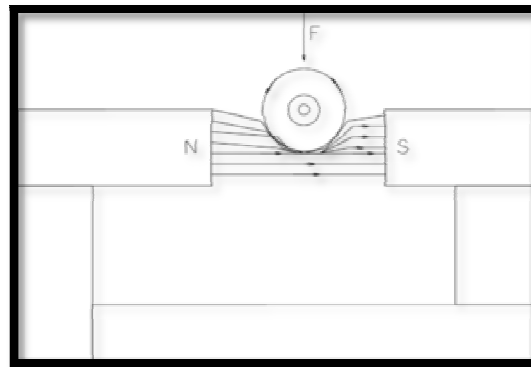


Figura 3.2: Funcionamiento motores CC

Si el conductor está colocado fuera del eje de giro del rotor, la fuerza producirá un momento que hará que el rotor gire.

El rotor no solo tiene un conductor, sino varios repartidos por la periferia. A medida que gira, la corriente se activa en el conductor apropiado.

Normalmente se aplica una corriente con sentido contrario en el extremo opuesto del rotor, para compensar la fuerza neta y aumentar el momento.

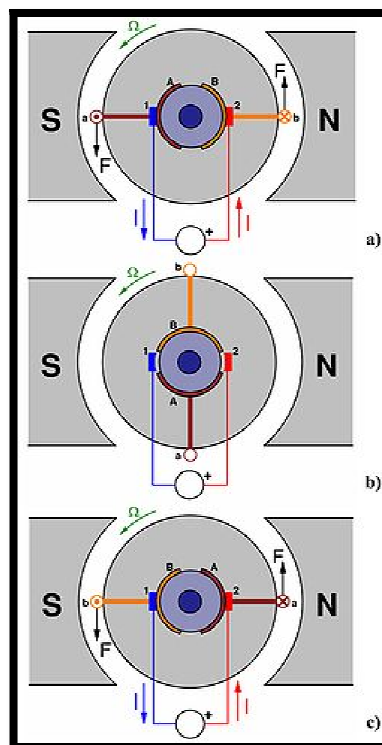


Figura 3.3: Esquema polaridad motores CC

Esquema del funcionamiento de un motor de c.c. elemental de dos polos con una sola bobina y dos delgas en el rotor. Se muestra el motor en tres posiciones del rotor desfasadas 90° entre sí. 1, 2: Escobillas; A, B: Delgas; a, b: Lados de la bobina conectados respectivamente a las delgas A y B.

3.2.1.3 Fuerza Contraelectromotriz Inducida en un Motor

Es la tensión que se crea en los conductores de un motor como consecuencia del corte de las líneas de fuerza, es el efecto generador de pines.

La polaridad de la tensión en los generadores es inversa a la aplicada en bornes del motor.

Las fuertes puntas de corriente de un motor en el arranque son debidas a que con la máquina parada no hay fuerza contraelectromotriz y el bobinado se comporta como una resistencia pura del circuito.

3.2.1.4 Número de Escobillas

Las escobillas deben poner en cortocircuito todas las bobinas situadas en la zona neutra. Si la máquina tiene dos polos, tenemos también dos zonas neutras. En consecuencia, el número total de escobillas ha de ser igual al número de polos de la máquina.

En cuanto a su posición, será coincidente con las líneas neutras de los polos

3.2.1.5 Sentido de Giro

El sentido de giro de un motor de corriente continua depende del sentido relativo de las corrientes circulantes por los devanados inductor e inducido.

La inversión del sentido de giro del motor de corriente continua se consigue invirtiendo el sentido del campo magnético o de la corriente del inducido.

Si se permuta la polaridad en ambos bobinados, el eje del motor gira en el mismo sentido.

Los cambios de polaridad de los bobinados, tanto en el inductor como en el inducido se realizarán en la caja de bornes de la máquina, y además el ciclo combinado producido por el rotor produce la fmm (fuerza magneto motriz).

3.2.1.6 Reversibilidad

Los motores y los generadores de corriente continua están constituidos esencialmente por los mismos elementos, diferenciándose únicamente en la forma de utilización.

Por reversibilidad entre el motor y el generador se entiende que si se hace girar al rotor, se produce en el devanado inducido una fuerza electromotriz capaz de transformarse en energía en el circuito de carga.

En cambio, si se aplica una tensión continua al devanado inducido del generador a través del colector de delgas, el comportamiento de la máquina ahora es de motor, capaz de transformar la fuerza contraelectromotriz en energía mecánica.

En ambos casos el inducido está sometido a la acción del campo inductor principal.

3.2.2 Servomotor

3.2.2.1 Introducción

Un servomotor (también llamado Servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radio control y en robótica, pero su uso no está limitado a estos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.

Un servo normal o Standard tiene 3kg por cm. de torque que es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, no consume mucha energía.

La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cual es la corriente que consume. Eso no significa mucho si todos los servos van a estar moviéndose todo el tiempo. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado.

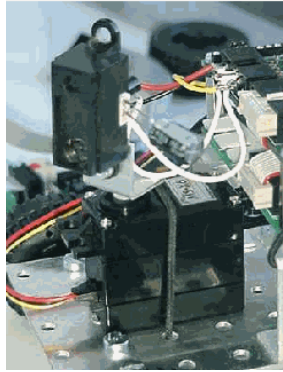


Figura 3.4: Servomotor

3.2.2.2 Tipos de Servomotores

Hay tres tipos de servomotores:

- -Servomotores de CC
- -Servomotores de AC
- -Servomotores de imanes permanentes o Brushless.

3.2.2.3 Partes de un Servomotor

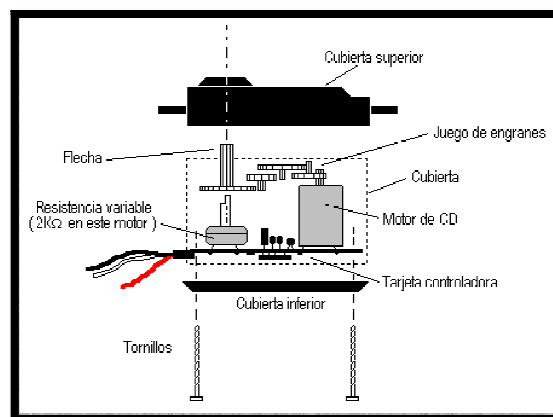


Figura 3.5: Estructura típica servomotor

- **Motor de corriente continúa**

Es el elemento que le brinda movilidad al servo. Cuando se aplica un potencial a sus dos terminales, este motor gira en un sentido a su velocidad máxima. Si el voltaje aplicado sus dos terminales es inverso, el sentido de giro también se invierte.

- **Engranajes reductores**

Se encargan de convertir gran parte de la velocidad de giro del motor de corriente continua en torque.

- **Circuito de control**

Este circuito es el encargado del control de la posición del motor. Recibe los pulsos de entrada y ubica al motor en su nueva posición dependiendo de los pulsos recibidos.



Figura 3.6: Circuito típico de control servomotor

Tiene además de los circuitos de control un potenciómetro conectado al eje central del motor. Este potenciómetro permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servo motor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito chequea que el ángulo no es correcto, el motor volverá a la dirección correcta, hasta llegar al ángulo que es correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante.

Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180 grados. Un servo normal no es mecánicamente capaz de retornar a su lugar, si hay un mayor peso que el sugerido por las especificaciones del fabricante.

3.2.2.4 Conexión de un Servomotor

Los servomotores tienen 3 terminales:

- Terminal positivo: Recibe la alimentación del motor (4 a 8 voltios)
- Terminal negativo: Referencia tierra del motor (0 voltios)

- Entrada de señal: Recibe la señal de control del motor

Los colores del cable de cada terminal varían con cada fabricante: el cable del terminal positivo siempre es rojo; el del terminal negativo puede ser marrón o negro; y el del terminal de entrada de señal suele ser de color blanco, naranja o amarillo.

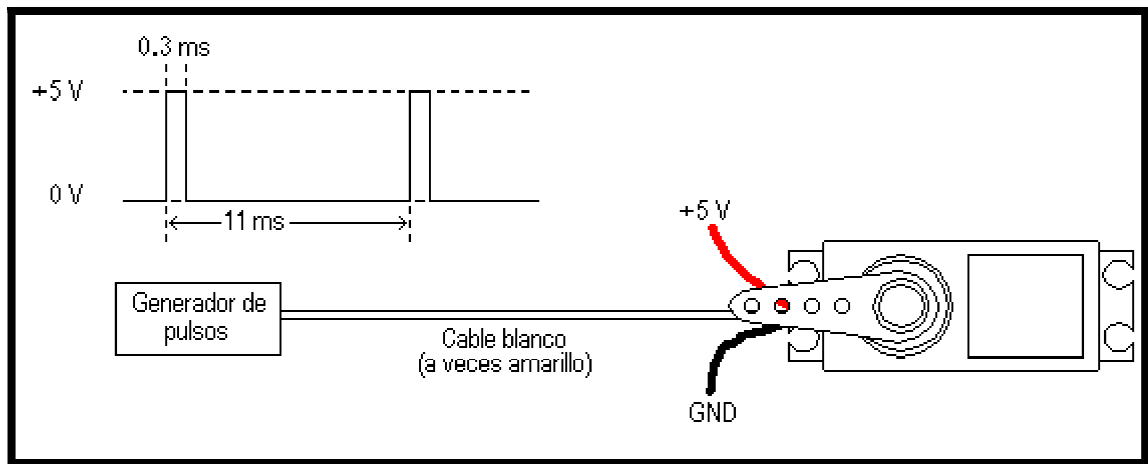


Figura 3.7: Conexión externa del servo

3.2.2.5 Cálculos

Dependiendo del modelo del servo, la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios. El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje. El ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal. Cada servo motor, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación. Para el servomotor Futaba S3003, los valores posibles de la señal en alto están entre 0,3 y 2,1 ms, que posicionan al motor en ambos extremos de giro (0° y 180°, respectivamente). El valor 1,2 ms indica la posición central, y otros valores de duración del pulso dejarían al motor en la posición proporcional a dicha duración.

Es sencillo notar que, para el caso del motor anteriormente mencionado, la duración del pulso alto para conseguir un ángulo de posición θ estará dada por la fórmula

$$t = 0,3 + \theta/100 \quad (3)$$

Donde t está dada en milisegundos y θ en grados.

Tabla 2.1: EJEMPLOS DE ALGUNOS VALORES USADOS EN UN SERVOMOTOR

Duración del nivel alto [ms]	Ángulo [grados]
0,3	0
1,2	90
2,1	180
0,75	45

Para bloquear el servomotor en una posición, es necesario enviarle continuamente una señal con la posición deseada. De esta forma el servo conservará su posición y se resistirá a fuerzas externas que intenten cambiarlo de posición. Si los pulsos no se envían, el servomotor queda liberado, y cualquier fuerza externa puede cambiarlo de posición fácilmente.

Tabla 2.2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ALGUNAS MARCAS DE SERVO

Fabricante	Duración del pulso [ms]			Frec. [Hz]	Color de los cables		
	Mínima (0°)	Neutral (90°)	Máxima (180°)		Positivo	Negativo	Control
Futaba	0.9	1.5	2.1	50	Rojo	Negro	Blanco
Hitech	0.9	1.5	2.1	50	Rojo	Negro	Amarillo
Graupner/Jr	0.8	1.5	2.2	50	Rojo	Marrón	Naranja
Multiplex	1.05	1.6	2.15	40	Rojo	Negro	Amarillo
Robbe	0.65	1.3	1.95	50	Rojo	Negro	Blanco
Simprop	1.2	1.7	2.2	50	Rojo	Azul	Negro

3.2.2.6 Funcionamiento del Servo

La modulación por anchura de pulso, PWM (*Pulse Width Modulation*), es una de los sistemas más empleados para el control de servos. Este sistema consiste en generar una onda cuadrada en la que se varía el tiempo que el pulso está a nivel alto, manteniendo el mismo período (normalmente), con el objetivo de modificar la posición del servo según se desee.

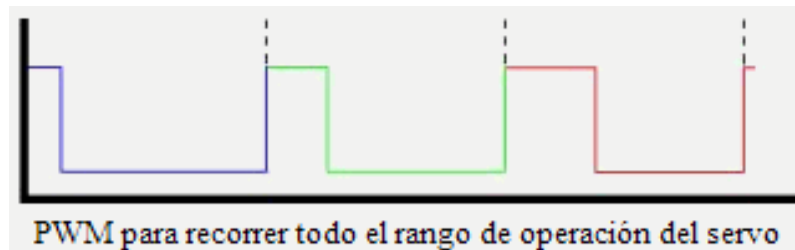


Figura 3.8: Ancho de pulso

El sistema de control de un servo se limita a indicar en qué posición se debe situar. Esto se lleva a cabo mediante una serie de pulsos tal que la duración del pulso indica el ángulo de giro del motor. Cada servo tiene sus márgenes de operación, que se corresponden con el ancho del pulso máximo y mínimo que el servo entiende. Los valores más generales se corresponden con pulsos de entre 1 ms y 2 ms de anchura, que dejarían al motor en ambos extremos (0° y 180°). El valor 1.5 ms indicaría la posición central o neutra (90°), mientras que otros valores del pulso lo dejan en posiciones intermedias. Estos valores suelen ser los recomendados, sin embargo, es posible emplear pulsos menores de 1 ms o mayores de 2 ms, pudiéndose conseguir ángulos mayores de 180° . Si se sobrepasan los límites de movimiento del servo, éste comenzará a emitir un zumbido, indicando que se debe cambiar la longitud del pulso. El factor limitante es el tope del potenciómetro y los límites mecánicos constructivos.

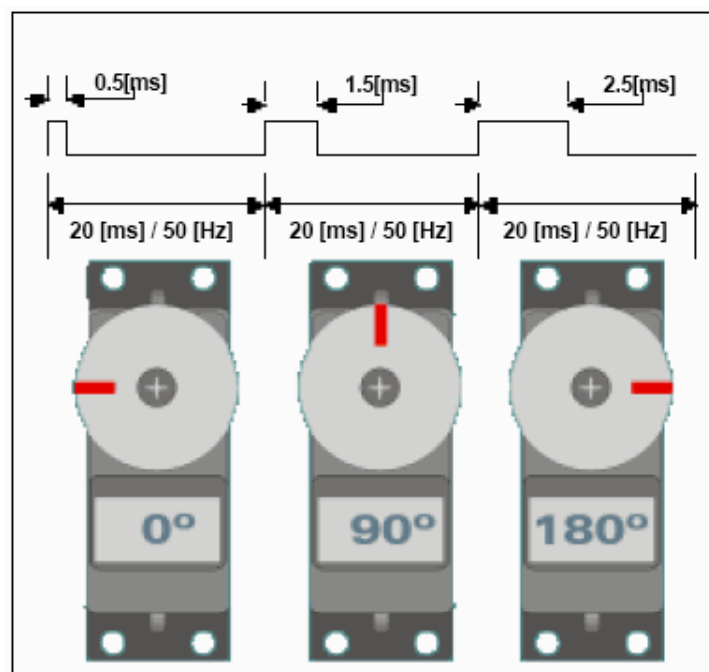


Figura 3.9: Ejemplos de posicionamiento de un servo

El período entre pulso y pulso (tiempo de OFF) no es crítico, e incluso puede ser distinto entre uno y otro pulso. Se suelen emplear valores ~ 20 ms (entre 10 ms y 30 ms). Si el intervalo

entre pulso y pulso es inferior al mínimo, puede interferir con la temporización interna del servo, causando un zumbido, y la vibración del eje de salida. Si es mayor que el máximo, entonces el servo pasará a estado dormido entre pulsos. Esto provoca que se mueva con intervalos pequeños.

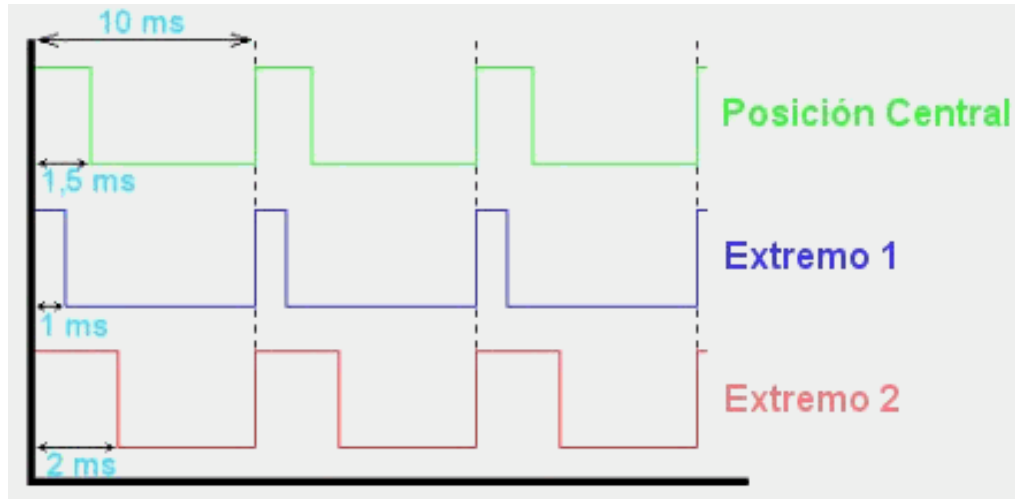


Figura 3.10: Periodos entre pulsos

A continuación se puede observar la posición del eje de un servomotor según la anchura del pulso aplicada:

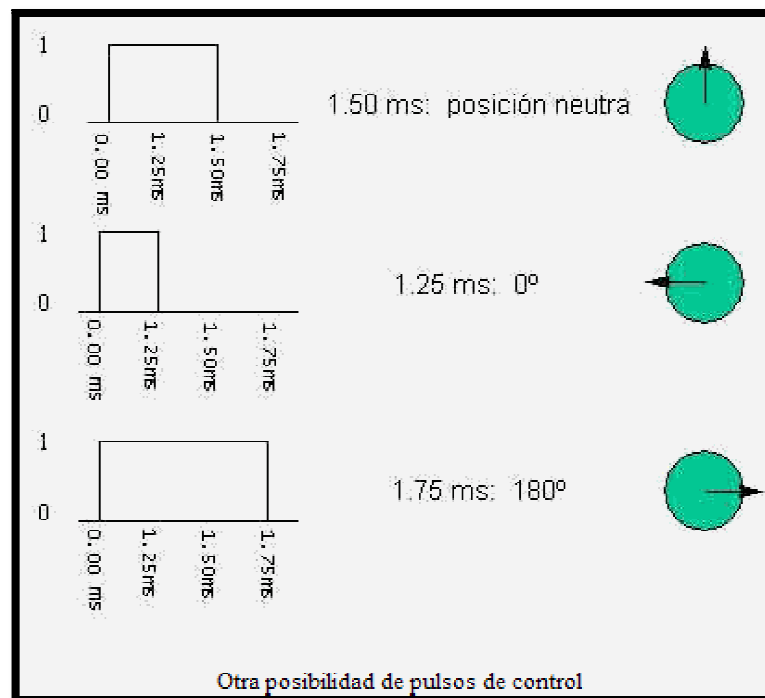


Figura 3.11: Otra posibilidad de pulsos de control

3.2.2.7 Prueba del Servomotor

Para comprobar el funcionamiento de un servomotor se lo puede hacer mediante un circuito oscilador en este caso un 555, logrando así determinar los tiempos necesarios para el funcionamiento de este para que luego pueda ser programado en un microcontrolador.

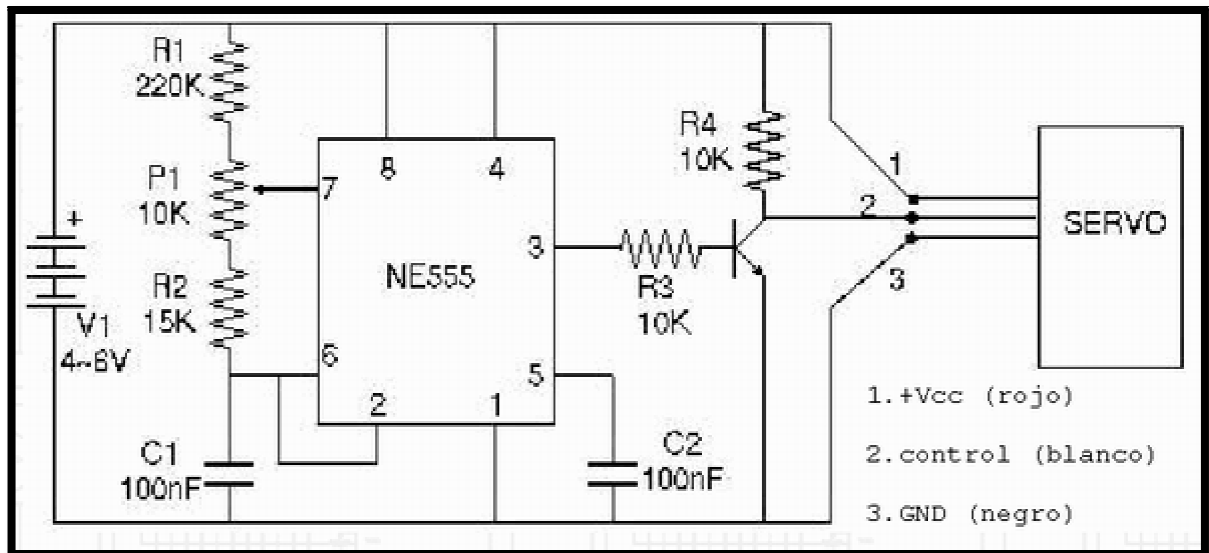


Figura 3.12: Circuito de prueba del servo

3.2.2.8 Modificación de los Servos

Es posible modificar un servo motor para eliminar su restricción de giro y permitirle dar giros completos. Esto, sin embargo, convierte al servo motor en un motor de corriente continua normal, pues es necesario eliminar el circuito de control. Debido que los engranajes reductores se conservan luego de la modificación, el motor obtenido mantiene la fuerza y velocidad que tenían servo inicial. Además, poseen la ventaja de que tienen menos inercia que los motores de corriente continua comerciales, lo que los hace útiles para ciertas aplicaciones.

3.2.2.9 Aplicaciones

En la práctica, se usan servos para posicionar superficies de control como el movimiento de palancas, pequeños ascensores y timones. Ellos también se usan en radio control, títeres, y por supuesto, en robots.

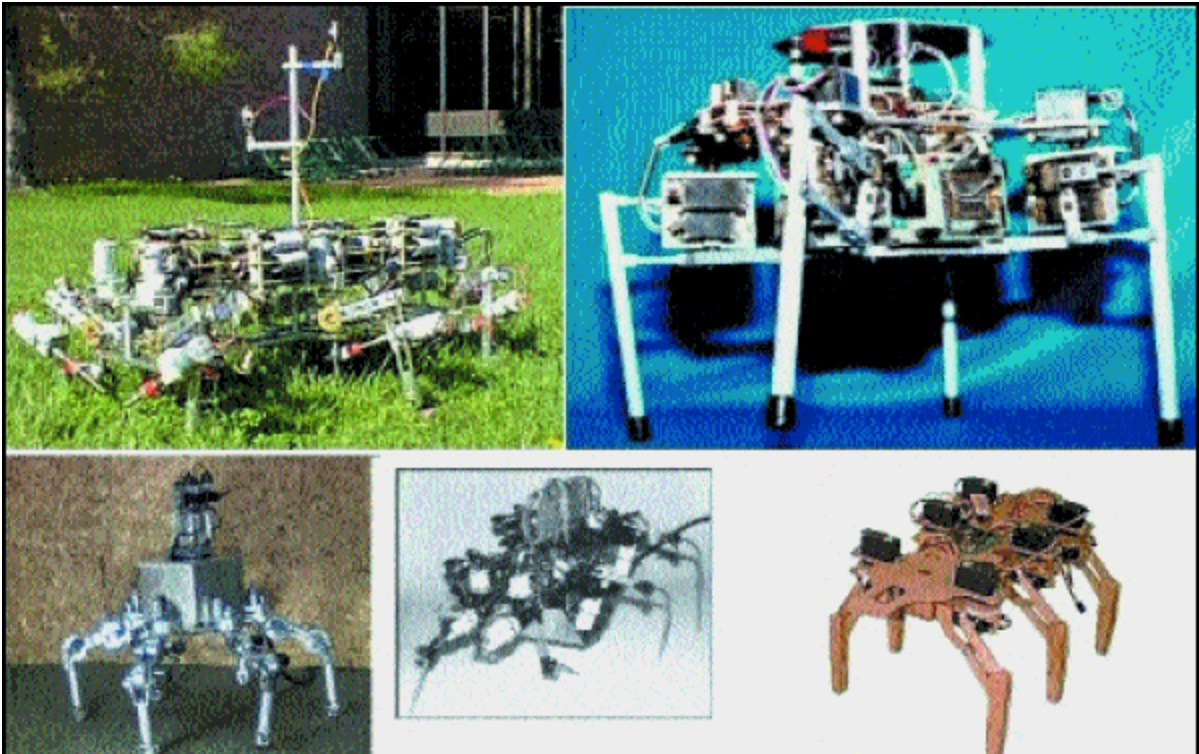


Figura 3.13: Aplicaciones en robótica

3.2.2.10 Ventajas

- Entre las ventajas que aporta el empleo de un «servo» están las siguientes: poco peso, alta potencia (par de fuerza), fiabilidad, fortaleza (los «servos» y su electrónica normalmente sobreviven a choques y funcionan en ambientes de alta temperatura, suciedad, humedad y vibraciones), simplicidad, versatilidad y bajo coste.
- En las tiendas de modelismo pueden encontrarse muchos tipos de servomotores de las casas Futaba, FMA, Multiplex, Sanwa, etc.
- Mucha atención en las tierras. La tierra del servo debe concordar con la tierra de la fuetes y del sistema que envía las ordenes al servo
- Si usas cables demasiado largos para controlar tus servos, es probable que tengas ruido en los servos, esto ocurre porque mientras más largo es el cable resulta más vulnerable a ruido electromagnético e incluso es perturbado por señales de otros servos. Esto se soluciona utilizando cable blindado, solo recuerda aterrizar el blindaje.
- Un servo en operación normal no se debe de calentar.

Siempre que sea posible utiliza fuentes de voltaje separadas para tus servomotores y para tu electrónica digital. Los servomotores generan bastante ruido hacia su línea de alimentación. Los servos también envejecen con el uso.

3.2.4 Motores Paso a Paso

3.2.4.1 Introducción

En numerosas ocasiones es necesario convertir la energía eléctrica en energía mecánica, esto se puede lograr, por ejemplo, usando los motores de corriente continua. Pero cuando lo deseado es posicionamiento con un elevado grado de exactitud y/o una muy buena regulación de la velocidad, se puede contar con una gran solución: utilizar un motor paso a paso.



Figura 3.14: Motores paso a paso

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360° .

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

El motor paso a paso está constituido esencialmente por dos partes: a) Una fija llamada "estator", construida a base de cavidades en las que van depositadas las bobinas que excitadas

convenientemente formarán los polos norte-sur de forma que se cree un campo magnético giratorio. b) Una móvil, llamada "rotor" construida mediante un imán permanente, con el mismo número de pares de polos, que el contenido en una sección de la bobina del estator; este conjunto va montado sobre un eje soportado por dos cojinetes que le permiten girar libremente.

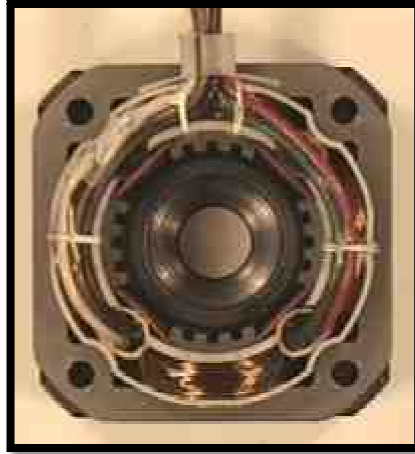


Figura 3.15: Imagen de un estator de 4 bobinas

3.2.4.2 Principio de Funcionamiento

Los motores eléctricos, en general, basan su funcionamiento en las fuerzas ejercidas por un campo electromagnético y creadas al hacer circular una corriente eléctrica a través de una o varias bobinas. Si dicha bobina, generalmente circular y denominada estator, se mantiene en una posición mecánica fija y en su interior, bajo la influencia del campo electromagnético, se coloca otra bobina, llamada rotor, recorrida por una corriente y capaz de girar sobre su eje, esta última tenderá a buscar la posición de equilibrio magnético, es decir, orientará sus polos NORTE-SUR hacia los polos SUR-NORTE del estator, respectivamente. Cuando el rotor alcanza esta posición de equilibrio, el estator cambia la orientación de sus polos, aquel tratará de buscar la nueva posición de equilibrio; manteniendo dicha situación de manera continuada, se conseguirá un movimiento giratorio y continuo del rotor y a la vez la transformación de una energía eléctrica en otra mecánica en forma de movimiento circular.

Aún basado en el mismo fenómeno, el principio de funcionamiento de los motores de corriente continua, los motores paso a paso son más sencillos si cabe, que cualquier otro tipo de motor eléctrico.

La figura 1 intenta ilustrar el modo de funcionamiento de un motor paso a paso, suponemos que las bobinas L1 como L2 poseen un núcleo de hierro dulce capaz de imantarse cuando dichas bobinas sean recorridas por una corriente eléctrica. Por otra parte el imán M puede girar libremente sobre el eje de sujeción central.

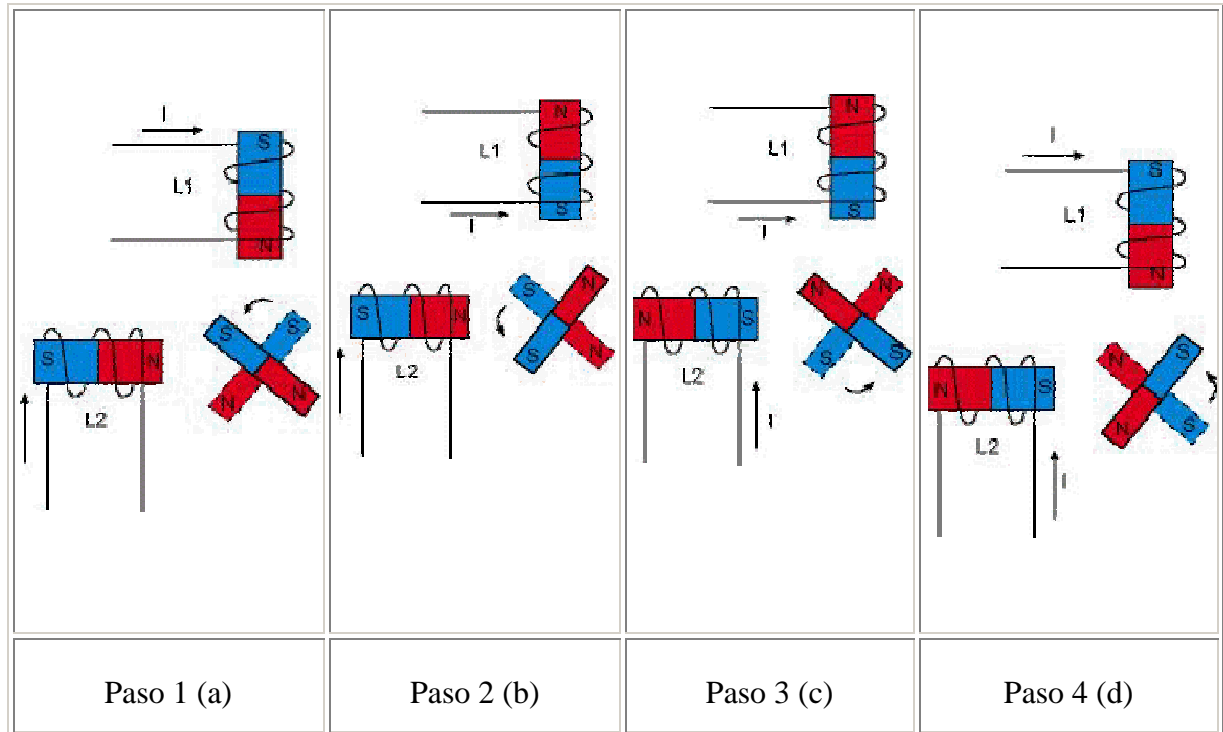


Figura 3.16: Principio de funcionamiento de un motor paso a paso

Inicialmente, sin aplicar ninguna corriente a las bobinas (que también reciben el nombre de fases) y con M en una posición cualquiera, el imán permanecerá en reposo si no se somete a una fuerza externa.

Si se hace circular corriente por ambas fases como se muestra en la Figura 1(a), se crearán dos polos magnéticos NORTE en la parte interna, bajo cuya influencia M se desplazará hasta la posición indicada en dicha figura.

Si invertimos la polaridad de la corriente que circula por L1 se obtendrá la situación magnética indicada en la Figura 1(b) y M se verá desplazado hasta la nueva posición de equilibrio, es decir, ha girado 90 grados en sentido contrario a las agujas del reloj.

Invirtiendo ahora la polaridad de la corriente en L2, se llega a la situación de la Figura 1 (c) habiendo girado M otros 90 grados. Si, por fin, invertimos de nuevo el sentido de la corriente en L1, M girará otros 90 grados y se habrá obtenido una revolución completa de dicho imán en cuatro pasos de 90 grados.

Por tanto, si se mantiene la secuencia de excitación expuesta para L1 y L2 y dichas corrientes son aplicadas en forma de pulsos, el rotor avanzará pasos de 90 grados por cada pulso aplicado.

Por lo tanto se puede decir que un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte impulsos eléctricos en un movimiento rotacional constante y finito dependiendo de las características propias del motor.

El modelo de motor paso a paso que hemos analizado, recibe el nombre de bipolar ya que, para obtener la secuencia completa, se requiere disponer de corrientes de dos polaridades, presentando tal circunstancia un inconveniente importante a la hora de diseñar el circuito que controle el motor. Una forma de paliar este inconveniente es la representada en la Figura 2, obteniéndose un motor unipolar de cuatro fases, puesto que la corriente circula por las bobinas en un único sentido.

Si inicialmente se aplica la corriente a L1 y L2 cerrando los interruptores S1 y S2, se generarán dos polos NORTE que atraerán al polo SUR de M hasta encontrar la posición de equilibrio entre ambos como puede verse en la Figura 2(a). Si se abre posteriormente S1 y se cierra S3, por la nueva distribución de polos magnéticos, M evoluciona hasta la situación representada en la Figura 2(b).

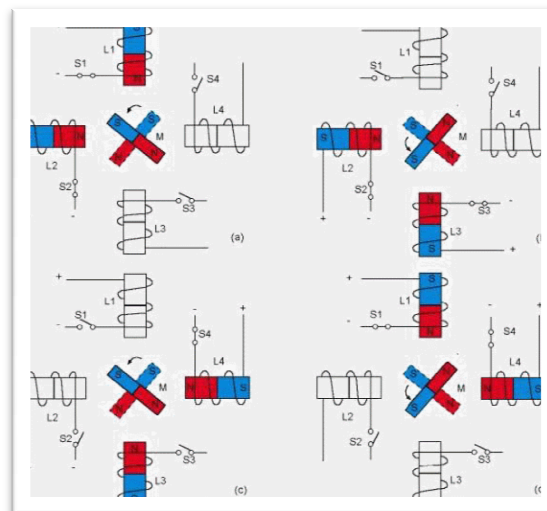


Figura 3.17: Principio básico de un motor unipolar de cuatro fases

Siguiendo la secuencia representada en la Figuras 2 (c) y (d), de la misma forma se obtienen avances del rotor de 90 grados habiendo conseguido, como en el motor bipolar de dos fases, hacer que el rotor avance pasos de 90 grados por la acción de impulsos eléctricos de excitación de cada una de las bobinas. En uno y otro caso, el movimiento obtenido ha sido en

sentido contrario al de las agujas del reloj; ahora bien, si las secuencias de excitación se generan en orden inverso, el rotor girará en sentido contrario, por lo que fácilmente podemos deducir que el sentido de giro en los motores paso a paso es reversible en función de la secuencia de excitación y, por tanto, se puede hacer avanzar o retroceder al motor un número determinado de pasos según las necesidades.

3.2.4.3 Parámetros de los Motores Paso a Paso

Desde el punto de vista mecánico y eléctrico, es conveniente conocer el significado de algunas de las principales características y parámetros que se definen sobre un motor paso a paso:

- **Par dinámico de trabajo (*Working Torque*):** Depende de sus características dinámicas y es el momento máximo que el motor es capaz de desarrollar sin perder paso, es decir, sin dejar de responder a algún impulso de excitación del estator y dependiendo, evidentemente, de la carga.

Generalmente se ofrecen, por parte del fabricante, curvas denominadas de arranque sin error (pull-in) y que relaciona el par en función el número de pasos.

Hay que tener en cuenta que, cuando la velocidad de giro del motor aumenta, se produce un aumento de la f.c.e.m. en él generada y, por tanto, una disminución de la corriente absorbida por los bobinados del estator, como consecuencia de todo ello, disminuye el par motor.

- **Par de mantenimiento (*Holding Torque*):** Es el par requerido para desviar, en régimen de excitación, un paso el rotor cuando la posición anterior es estable ; es mayor que el par dinámico y actúa como freno para mantener el rotor en una posición estable dada
- **Para de detención (*Detention Torque*):** Es una par de freno que siendo propio de los motores de imán permanente, es debida a la acción del rotor cuando los devanados del estator están desactivados.
- **Angulo de paso (*Step angle*):** Se define como el avance angular que se produce en el motor por cada impulso de excitación. Se mide en grados, siendo los pasos estándar más importantes los siguientes:

Tabla 3.1: ÁNGULO DE PASO

Grados por impulso de excitación	Nº de pasos por vuelta
0,72°	500
1,8°	200
3,75°	96
7,5°	48
15°	24

- **Número de pasos por vuelta:** Es la cantidad de pasos que ha de efectuar el rotor para realizar una revolución completa; evidentemente es

$$NP = \frac{360}{\alpha} \quad (4)$$

Donde NP es el número de pasos y α el ángulo de paso.

- **Frecuencia de paso máximo (*Maximum pull-in/out*):** Se define como el máximo número de pasos por segundo que puede recibir el motor funcionando adecuadamente.
- **Momento de inercia del rotor:** Es su momento de inercia asociado que se expresa en gramos por centímetro cuadrado.
- **Par de mantenimiento, de detención y dinámico:** Definidos anteriormente y expresados en miliNewton por metro.

3.2.4.4 Control de los Motores Paso a Paso

Para realizar el control de los motores paso a paso, es necesario generar una secuencia determinada de impulsos. Además es necesario que estos impulsos sean capaces de entregar la corriente necesaria para que las bobinas del motor se exciten, por lo general, el diagrama de bloques de un sistema con motores paso a paso es el que se muestra en la Figura 10.

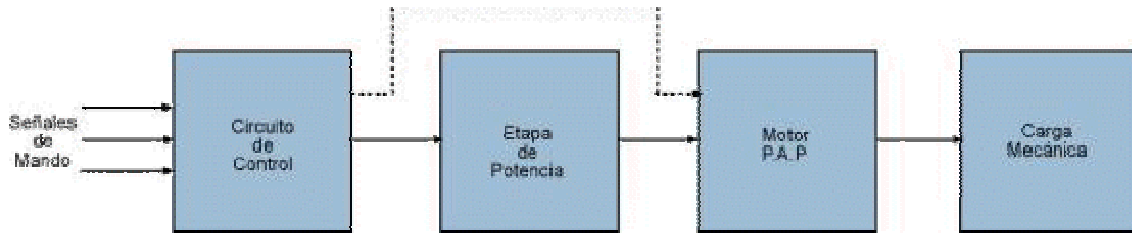


Figura 3.18: Diagrama de bloques de un sistema con motor paso a paso

3.2.4.5 Características

- Larga vida.
- Velocidad de respuesta elevada (<1ms).
- Posicionamiento dinámico preciso.
- Re inicialización a una posición preestablecida.
- Frecuencia de trabajo variable.
- Funcionamiento sincrónico bidireccional.
- Sincronismo unidireccional en régimen de sobre velocidad.
- Carencia de escobillas.
- Insensibilidad al choque en régimen dinámico, a la regulación de la fuente de alimentación.

3.2.5 Motores sin Escobillas (Brushless)

3.2.5.1 Funcionamiento

A modo de resumen, se puede decir que los motores “sin escobillas” son como los motores “con escobillas” pero del revés. Es decir el rotor, la parte móvil, está compuesto por el eje y los imanes permanentes. En la carcasa o estator es donde se encuentra el bobinado del hilo conductor, que no se mueve.

En los motores sin escobillas, la corriente eléctrica pasa por el hilo conductor que está bobinado en la carcasa y produce el campo electromagnético que hace girar a los imanes permanentes y por tanto al eje al que están unidos. Por ello ni las escobillas ni el conmutador son necesarios, ya que la corriente va al estator. Además, en los motores sin escobillas no existen las tres delgas que eran las que obligaban al rotor a moverse cualquiera que fuera su posición. Por ello en los motores sin escobillas es el variador electrónico el que controla en qué posición se encuentra el rotor para darle la corriente temporizada adecuada. Esto se

realiza o bien mediante sensores instalados en el motor o a través de la respuesta que obtiene cuando envía una corriente lineal al motor.

Debido a esto los variadores electrónicos de los motores sin escobillas han de ser mucho más complejos que los usados en motores con escobillas, ya que han de procesar la información del funcionamiento del motor a tiempo real.

3.2.5.2 Ventajas e Inconvenientes

- En los motores con escobillas la conmutación se hace mecánicamente a través del contacto entre el inducido y las escobillas.
- Este sistema es muy poco eficiente y el rozamiento y la resistencia eléctrica provocan que haya una gran pérdida de energía que se transforma en calor. Además esto supone una limitación al número máximo de r.p.m. de los motores, ya que a elevadas r.p.m. las escobillas rebotarían. Para evitarlo serían necesarios muelles más rígidos y esto crearía a su vez más fricción y frenaría el giro.

3.2.6 Comparación entre los Diferentes Tipos de Motores

A continuación realizaremos una tabla comparativa de las condiciones y propiedades a favor de nuestro proyecto:

Tabla 3.2: COMPARACIÓN TIPOS DE MOTORES

	A favor	En contra
Corriente continua	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de manejar. • Controlable con PWM. • Cualquier valor de par y velocidad con alta tensión. • Reversible mediante los muelles del carburador en caso de que algo se estropee. • Resolución alta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de una etapa reductora. Pero que no lo haga reversible. • Máximo par encontrado a 12V es de 0.5Nm pero consume mucha intensidad. Uno que consuma poca y alto par sería de 10W y 0.03Nm.
Servos	<ul style="list-style-type: none"> • Es un motor de corriente continua con etapa reductora y sensor de posicionamiento. • Controlable con PWM. • Necesidad de un circuito driver. • Altos valores de par con baja tensión. • Incluyen un sensor de posición. • Son precisos. • Resolución alta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Irreversible debido a la etapa reductora. • Necesidad de un circuito alternativo de seguridad para que funcione en caso de fallo.

Paso a Paso	<ul style="list-style-type: none"> • Fáciles de manejar debido a que tienen una electrónica asociada muy comercial. • Alto par con 12V de alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tienen como resolución, máxima 1,8°. • Necesidad de etapa reductora, para obtener mejor resolución. ¿irreversibilidad? • Se sobrecalientan funcionando de manera continua.
Brushless	<ul style="list-style-type: none"> • Alto par sin necesidad de etapa reductora con alta tensión • Alta velocidad de respuesta. • Resolución alta. • Más rapidez de disipación del calor. • Menor inercia del rotor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para encontrar motores con baja tensión y alto par. • Necesidad de una centralita electrónica que lo gobierne, que es

3.3 Mediciones

Antes de proponer cualquier diseño se debe tomar dos magnitudes esenciales del carburador:

- Angulo de giro de la mariposa
- Par necesario para el giro de la mariposa

Este último, nos será de gran utilidad a la hora de diseñar cualquier mecanismo ya que nos servirá para seleccionar el actuador que tendrá que vencer la fuerza del resorte de la mariposa.

3.3.1 Ángulo de Giro de la Mariposa

Es fundamental conocer el ángulo de giro de la mariposa para que el mecanismo con el actuador no hagan esfuerzos innecesarios y se puedan quemar. Este dato nos dará también la oportunidad de realizar la programación exacta para que gire exactamente el ángulo deseado por el actuador.

Para realizar esta medición se propuso un sistema de poleas a un potenciómetro que nos traducirá en ángulo girado por la mariposa en una variación de tensión y deduciremos en ángulo girado.

Primeramente realizamos una medición un poco técnica y precisa ya que se dibujo la graduación de giro en el eje de la mariposa que nos dio un valor aproximado de 78°

Necesitaremos tabular datos con la siguiente tabla:

Tabla 3.3: MEDICIÓN ÁNGULO DE GIRO DE LA MARIPOSA

MEDICIÓN DEL ÁNGULO DE GIRO DE LA MARIPOSA		
GRADO DE APERTURA	VOLTAJE (v)	ÁNGULO
Potenciómetro y mariposa a 0	0.01	0
Mariposa abierta totalmente	x	?
Potenciómetro abierto al máximo	5	300

Con la técnica del potenciómetro nos dio valores interesantes:

Tabla 3.4: MARIPOSA TOTALMENTE ABIERTA

MARIPOSA TOTALMENTE ABIERTA						
GRADO DE APERTURA	VOLTAJE (v)					
	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4	Valor 5	PROM. (\bar{V})
Mariposa abierta totalmente	2,48	2,11	2,17	1,97	2,25	2,196

Con el voltaje promedio (\bar{V}) se realizara una regla de tres simple:

$$\begin{aligned}
 5(\text{V}) & \dots\dots\dots 330^\circ & (5) \\
 2.196 (\text{V}) & \dots\dots\dots X \\
 X & = 144,94^\circ
 \end{aligned}$$

Pero no olvidemos que la polea que gira solidaria con el potenciómetro y la polea de la mariposa son de distinto radio. La primera es de 14.7mm de radio y la segunda de 28mm. Por tanto el ángulo será:

$$\begin{aligned}
 144,94^\circ \times 14.7 \text{ mm} & = X^\circ \times 28\text{mm} & (6) \\
 X^\circ (\text{angulo mariposa}) & = 76.09^\circ
 \end{aligned}$$

3.3.2 Par Necesario para el Giro de la Mariposa

3.3.2.1 Dinamómetro

Fue el ensayo más rudimentario, pero sirvió para tener una primera aproximación que nos daba una idea de por dónde iban a estar los valores finales. El mecanismo consiste en lo siguiente; el carburador tiene un eje de giro, y ese mismo eje tiene una polea que es donde actúa el cable del acelerador, en ensayo consistió en atar un cable a esa polea y a su vez unir éste con el dinamómetro. El dinamómetro irá enganchado a un mecanismo elevador mediante poleas. Se subía el elevador poco a poco y el dinamómetro se iba alargando hasta que la mariposa llegase al tope, en ese instante se miraba el valor del dinamómetro y se apuntaba.

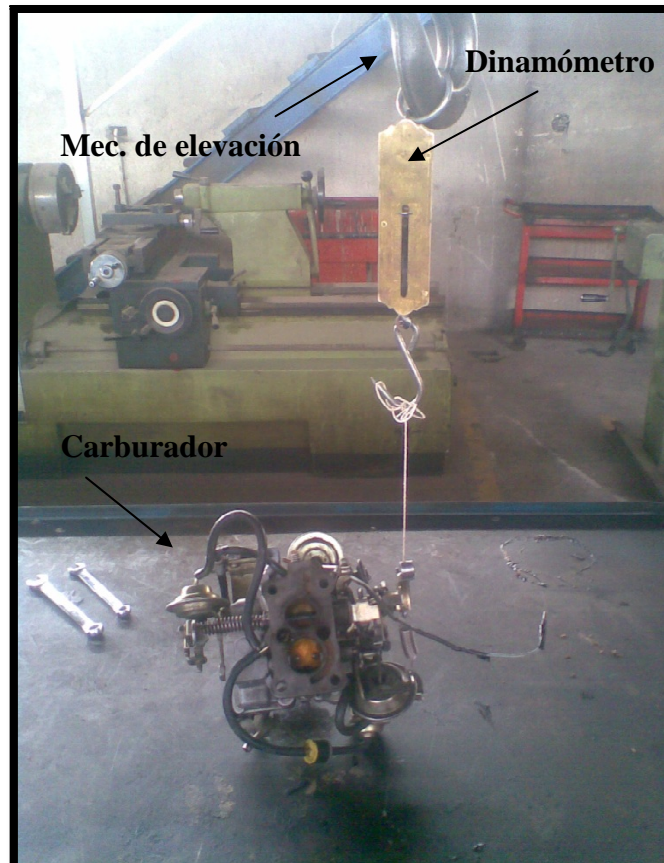


Figura 3.19: Medición par necesario para mover la mariposa

Se puede observar la disposición de los elementos para la medición de la fuerza.

Las pruebas con el dinamómetro arrojaron un valor de aproximadamente entre 3 y 4.5Kg y el perímetro de la polea sobre la que giraba era de aproximadamente **63.4mm**.

Por lo que el radio de la polea es de:

(7)

Quedando que el par necesario es:

(8)

$$T = 4.5 \text{ Kg} \times 1.009 \text{ cm}$$

$$T = 4.5406 \text{ kg cm}$$

Esto es solo una medida aproximada, porque la precisión del dinamómetro no es muy buena, ya que es de 100kg de fondo de escala. Se le aplicará un coeficiente de seguridad, y se buscarán motores que superen el par de **4.5406*N** (Siendo N el coeficiente de seguridad.)

Ensayos posteriores arrojaron un radio de la polea de **28.12 mm**.

Aún así aplicaremos un coeficiente de seguridad al par resultante para evitar problemas.

Se realizaron pruebas con un dinamómetro de 10 kg de fondo de escala y nos dio los siguientes datos:

Tabla 3.5: PAR NECESARIO PARA MOVER LA MARIPOSA

PAR NECESARIO PARA MOVER LA MARIPOSA						
	FUERZA (Kg)					Promedio
	Valor 1	Valor 2	Valor 3	Valor 4	Valor 5	
0° Ascendente	1,4	1,7	1,5	2,2	1,5	1,66
Totalmente abierta ascendente	4,5	3	3	3,25	3	3,35
Totalmente abierta descendente	1,4	1,8	1,4	1,8	1,7	1,62
0° descendente	0,5	0,45	0,55	0,5	0,5	0,5

Ascendente significa que la fuerza que se ha realizado es para que la mariposa llegue a ese punto. A sí mismo descendente significa la fuerza a la cual la mariposa empieza a bajar de ese punto.

En la grafica se observa mejor las pérdidas por rozamiento y la precarga en los muelles.

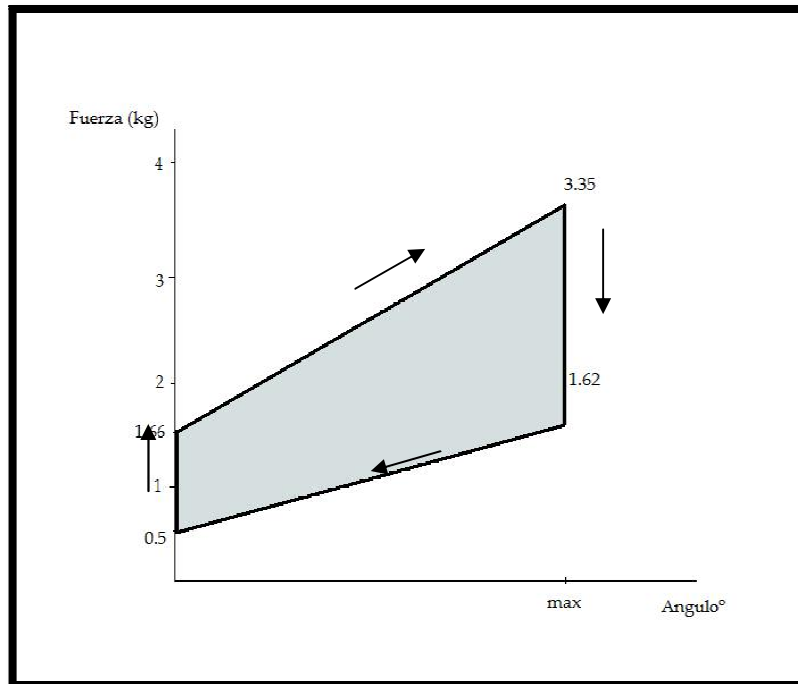


Figura 3.20: Cartografía Fuerza aplicada vs ángulo girado de la mariposa

La explicación de esta gráfica se debe a lo siguiente, el tramo comprendido entre **0 y 0.5 kg.** es la precarga de los muelles, entre **0.5 y 1.66 kg.** son pérdidas por rozamiento estático y entre **1.66 y 3.35 kg** es la fuerza que ejerce el muelle por compresión. Esto es en sentido ascendente, pero cuando es en sentido descendente, tenemos que bajar desde **3.5** hasta **1.62 kg.** para que la mariposa empiece a bajar, y hasta que no lleguemos hasta **0.5 kg.** no se habrá cerrado por completo. Si en ese momento en que acabamos de cerrarla, intentamos abrirla, no bastaría con hacer un poco más de **0.5 kg.** de fuerza, sino que tendríamos que llegar hasta **1.66 kg.** para que se mueva, y esto es debido como se ha dicho antes a que tiene que vencer el rozamiento existente.

Como podemos ver los valores con el dinamómetro de 10 kg son más exactos, esto se debe a que las pruebas se realizaron en tendencia descendente por lo que tomaremos el valor promedio de la fuerza aplicada al ascendente

Como propusimos un coeficiente de seguridad y como comercialmente se encuentran servomotores de **6 kg.cm** nos inclinaremos por este servo para más seguridad y para no sobrecargarle ineficientemente.

3.4 Diseño del Mecanismo y el Soporte

El nuevo mecanismo de conexión entre el servo y la polea de la mariposa constará de un servo y 1 cable que se unirá con la polea de la mariposa. Esta nueva opción de mecanismo se muestra

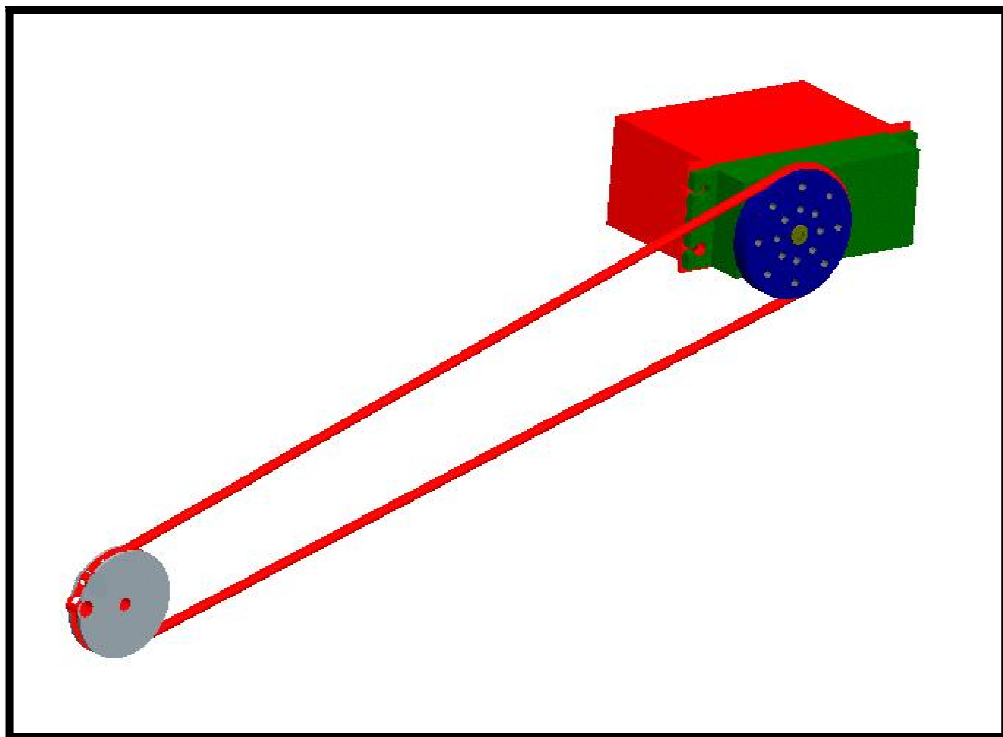


Figura 3.21: Diseño tridimensional del mecanismo propuesto

En el otro lado, el del servo, hay varias posibilidades, o utilizar una polea del mismo tamaño que la de la mariposa usando dos cables, o utilizar un polea roscada usando un solo cable y que de dos vueltas a la polea para asegurar la fricción. Esta segunda opción es más fácil de construir y es segura, por lo que será la que se utilice.

En este mecanismo los dos puntos importantes son; la elección de la forma de actuar en el servo y utilizar el servo más fiable. En este caso no hay problemas de tensión, puesto que los servos trabajan a 4.8 ó 5 voltios.

El soporte tendrá que ir sujeto al motor, de tal forma que se consigan las mismas vibraciones tanto en la mariposa como en el motor. Por un lado nos encontramos con la búsqueda de una zona donde sujetar el soporte al motor, y por otro lado hay que tener cuidado con los niveles

de temperaturas de la zona donde estará situado el nuevo soporte, ya que el servomotor se estropea con temperaturas superiores a los 60°.

3.4.1 Diseño de las Poleas

A continuación se procederá al cálculo del diámetro de las poleas que se montaran en el servomotor y en el mecanismo del pedal de aceleración.

- **Calculo de la polea del mecanismo de aceleración**

Primeramente realizamos la medición del perímetro del cable del acelerador y del ángulo de accionamiento del pedal del acelerador.

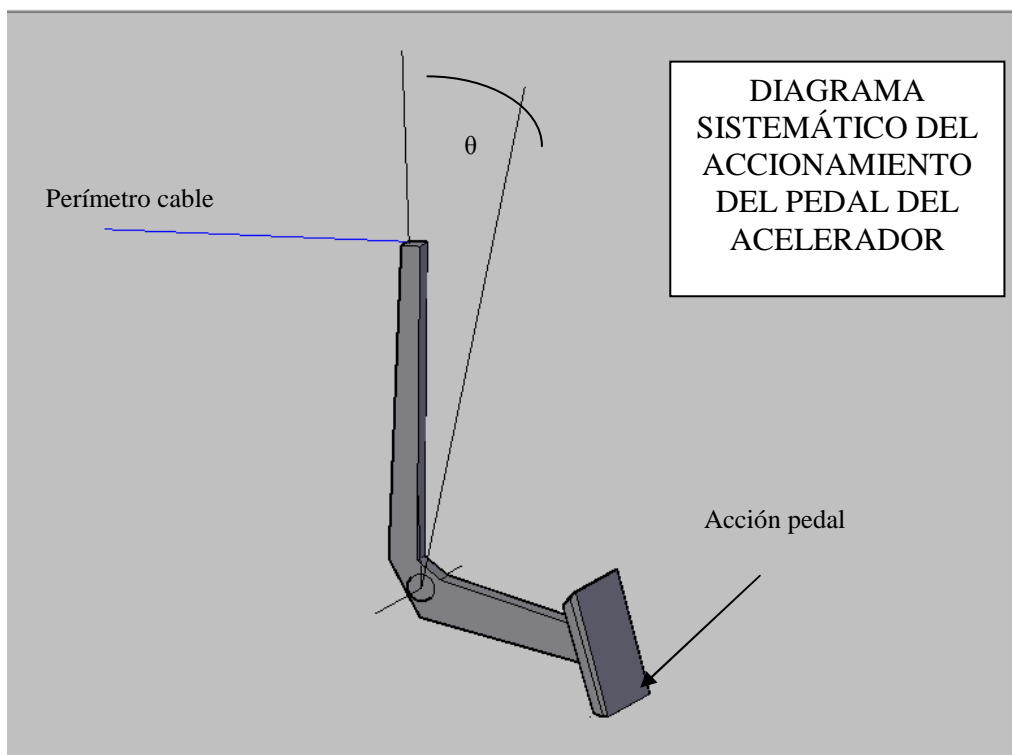


Figura 3.22: Diagrama sistemático de accionamiento del pedal

Se procedió a medir el perímetro del cable en el momento del accionamiento del pedal del acelerador y nos dio un valor de:

$$\text{Perimetro} = 49.62 \text{ mm}$$

Ahora tenemos que calcular el ángulo θ girado por el pivotaje del pedal del acelerador como está ilustrado en la figura anterior

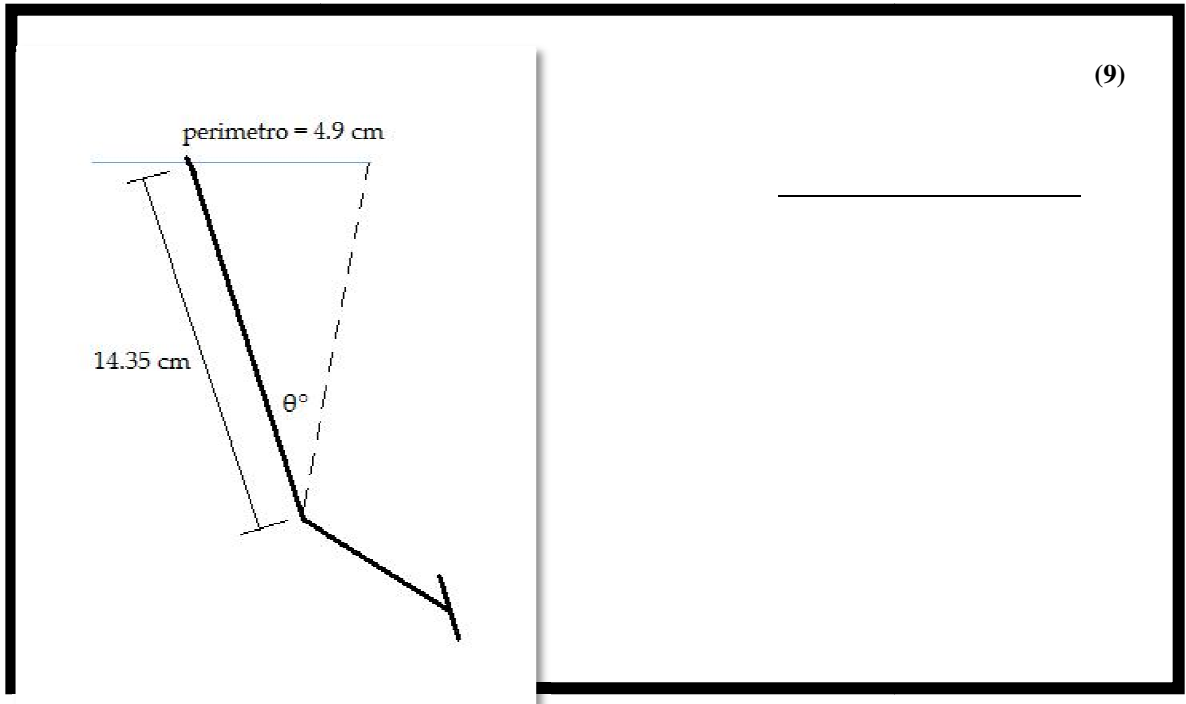


Figura 3.23: Esquema de cálculos pedal

Con este valor nos damos cuenta que el grado de pivotaje del pedal es muy pequeño y por ende el esfuerzo en el pedal va a ser pequeño.

Como el pedal tiene que girar 19.66° y recorrer 49.62 mm debemos diseñar una polea que transfiera estas medidas a 330° que gira un potenciómetro que nos dará un voltaje entre 0 y 5 voltios según el giro del pedal

(10)

Esta ecuación trabaja los ángulos en radianes así que procedemos a transformar los 330 grados requeridos a radianes

Ahora si podemos calcular el radio requerido:

$$radio = 8.6152 \text{ mm}$$

$$diametro = 17.2 \text{ mm}$$

Con este diámetro primitivo de la nueva polea proseguimos a diseñarla:

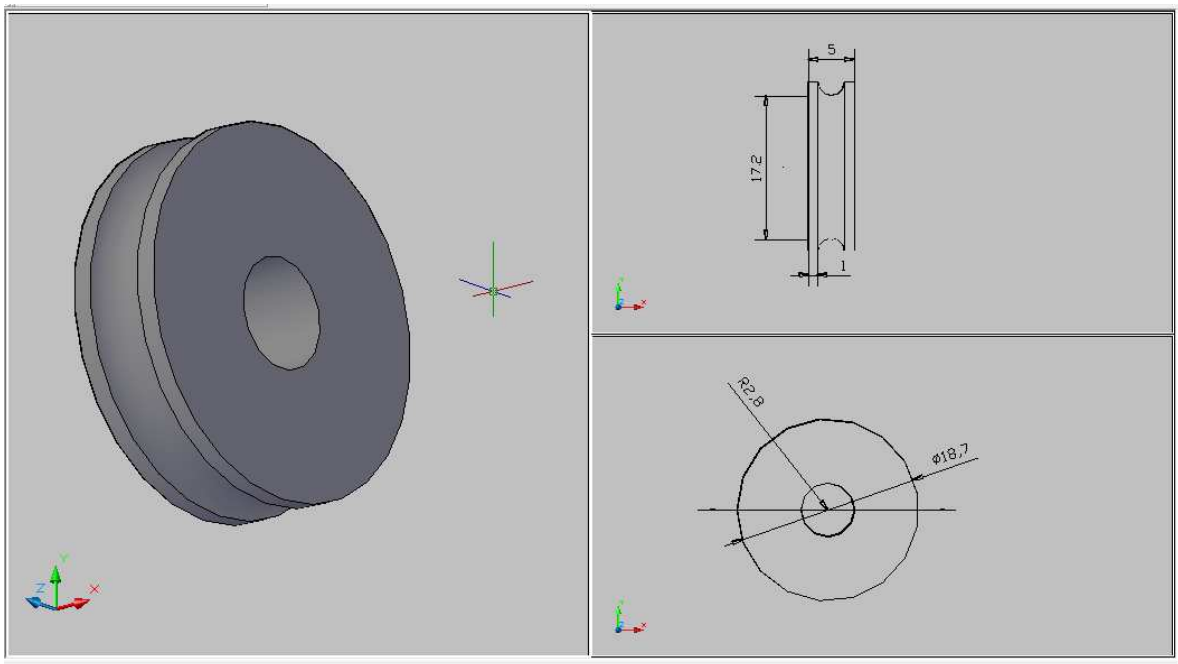


Figura 3.24: Diseño de la polea del acelerador

- **Cálculo de la polea del mecanismo del servomotor**

Este cálculo se lo realizara con el concepto del movimiento del servomotor por pulsos.

Este dato nos permite que el diámetro primitivo sea de un porcentaje tolerante a partir del diámetro de la polea de la mariposa de aceleración.

$$1. \text{ diametro mariposa} = 2. \text{ diametro servo} \quad (11)$$

$$d. \text{ servo} = 0.5 \text{ diametro mariposa}$$

$$d. \text{ servo} = 0.5 (55.25 \text{ mm})$$

$$d. \text{ servo} = 27.62 \text{ mm} \approx 27.7 \text{ mm}$$

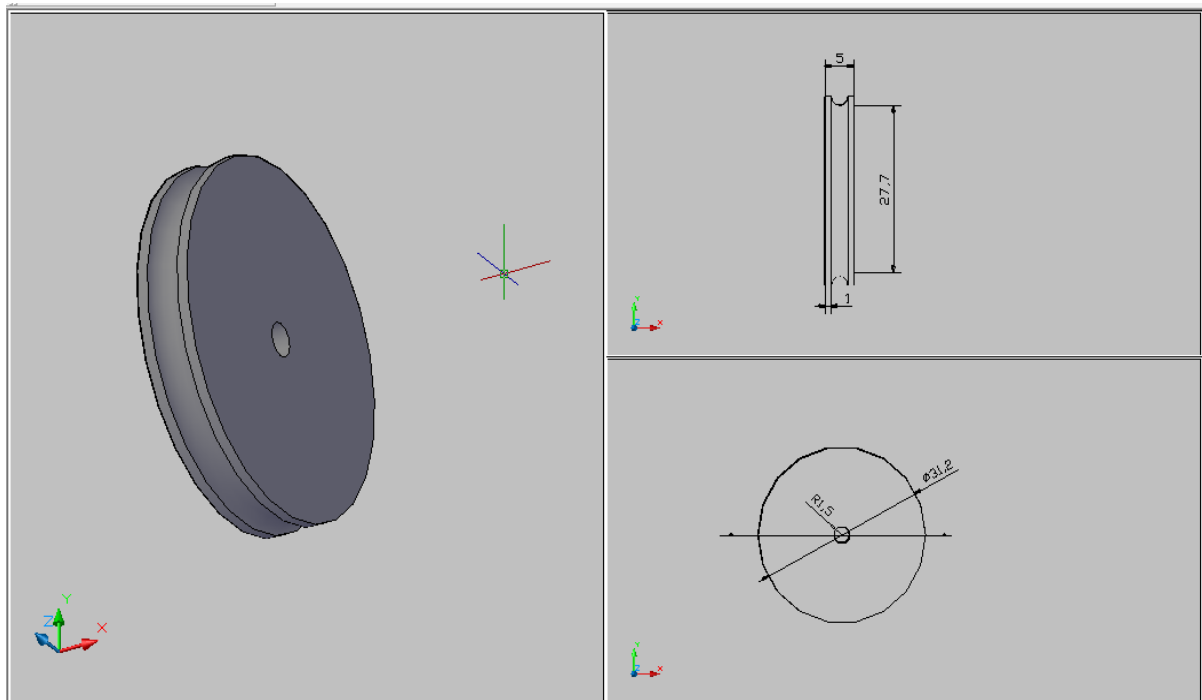


Figura 3.25: Diseño de la polea del servomotor

Dada la dificultad de realizar una rosca de dientes en la polea para que engrane con el eje del servo, se optó por elegir entre las dos siguientes posibilidades:

- Hacer una polea normal de 27.7mm de diámetro y unirla a la polea que trae el servo utilizando unos tornillos pequeños.
- Utilizar la polea roscada de aluminio e introducirla a presión en el eje del servo de manera que se deforme el agujero interior y quede fija.
- El cable que se utilizará es de 0.96mm de diámetro, el radio de la polea será de 27.7mm. y la longitud de 5mm. para evitar que el cable se salga por los laterales, los laterales de la polea tendrán un diámetro mayor, pero espesor de 1mm.

3.4.2 Medición de Temperaturas

Debido a que en la realización de otras pruebas en el vehículo se notó que las temperaturas alrededor del motor eran muy altas, se decidió por hacerse una prueba midiendo las temperaturas en las zonas donde irían los soportes, pues el rango de temperaturas de funcionamiento del servomotor está entre -20° y 60° .

Las mediciones se realizaron con un termopar conectado a un multímetro **TRISCO DA – 830** con sensibilidad de milivoltios. El termopar es un cable 1.5m de longitud, en uno de sus

extremos se encuentran las clavijas de conexión al multímetro y en el otro la punta de medición.



Figura 3.26: Multímetro TRISCO DA - 830

Este instrumento nos dio valores de temperatura externa del motor de combustión interna:



Figura 3.27: Temperatura externa del motor

Con este valor se tomó la decisión de la protección del servomotor con disipador de temperaturas

3.4.3 Diseño del Soporte del Mecanismo del Potenciómetro del Acelerador

Para este mecanismo tuvimos que adaptar una platina en forma de L que se adaptara en la cabina del motor con accesibilidad al pedal del acelerador:

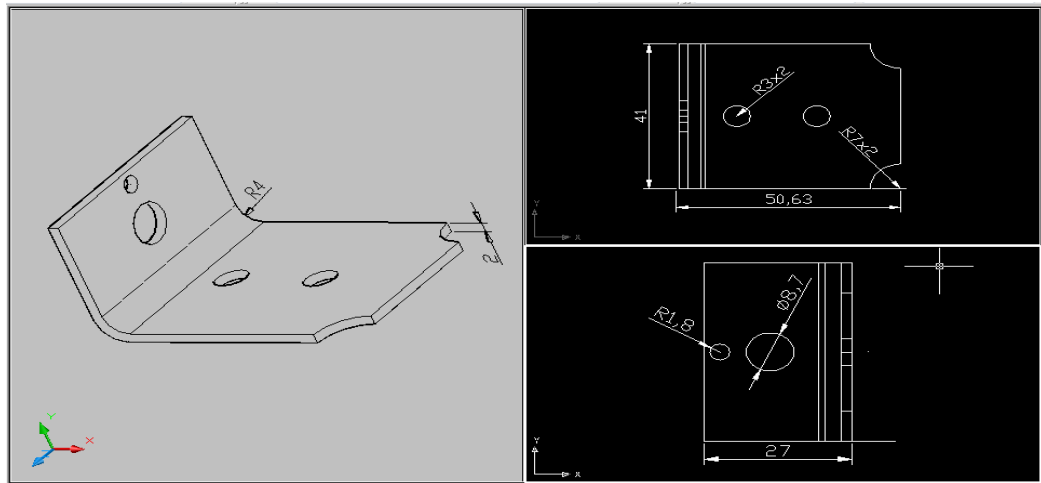


Figura 3.28: Diseño del soporte del potenciómetro

El proceso de fabricación del elemento de soporte es simple ya que la platina es comercial de Lx2mm y se realizó los agujeros con una broca a la medida señalada.

Para la protección del potenciómetro y la polea se dispuso de una caja plástica comercial a la medida de la placa, se realizó agujeros para el cable de nylon y para los cables eléctricos para el funcionamiento del potenciómetro.

El resorte utilizado es comercial de una constante de elasticidad de media que nos garantice el retorno breve de la polea para evitar un aceleramiento no deseado o valores y posiciones erróneos.

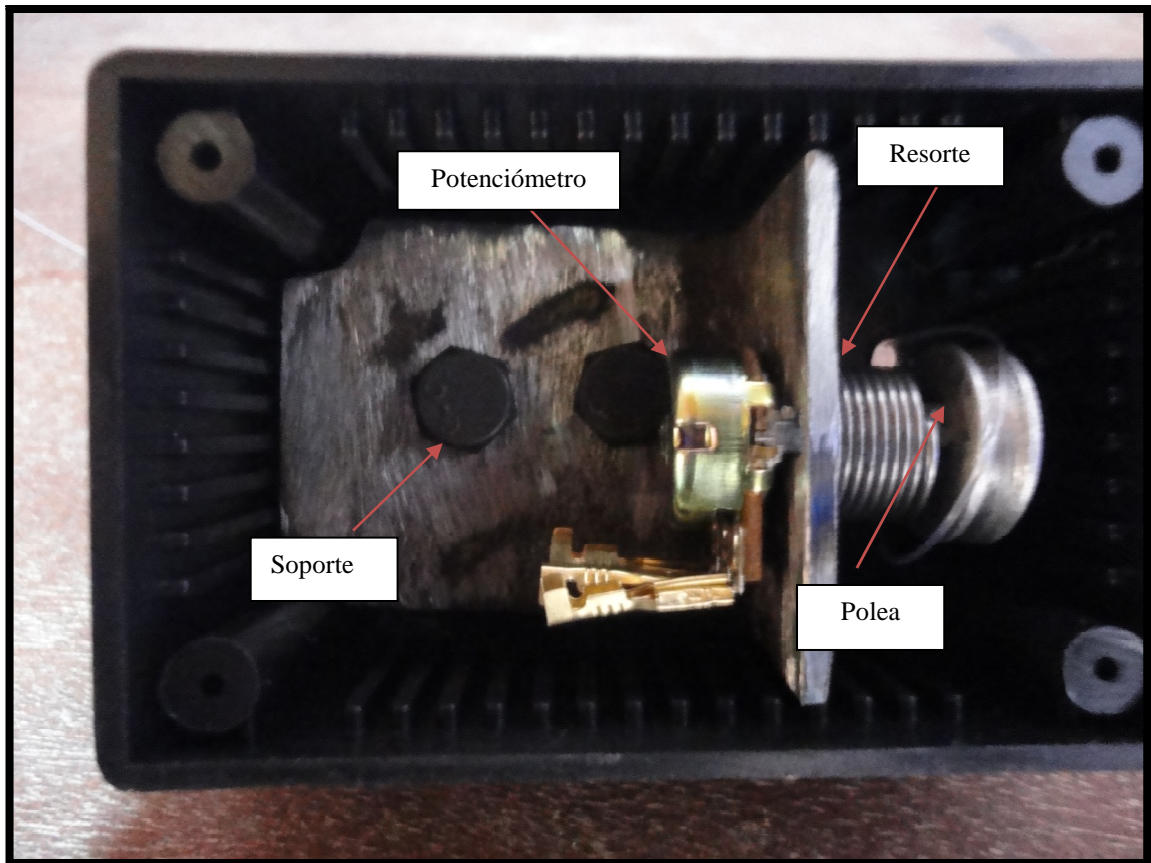


Figura 3.29: Potenciómetro instalado en el soporte

Se colocaron conectores tipo H (hembra) para los terminales del potenciómetro, así como cable de alambre trenzado tamaño 22 de colores para la fácil identificación.

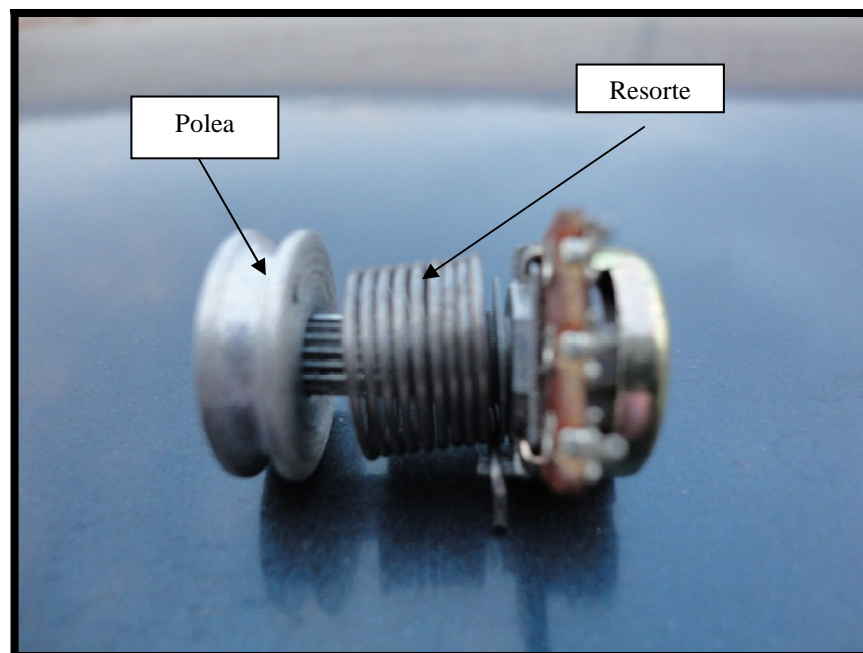
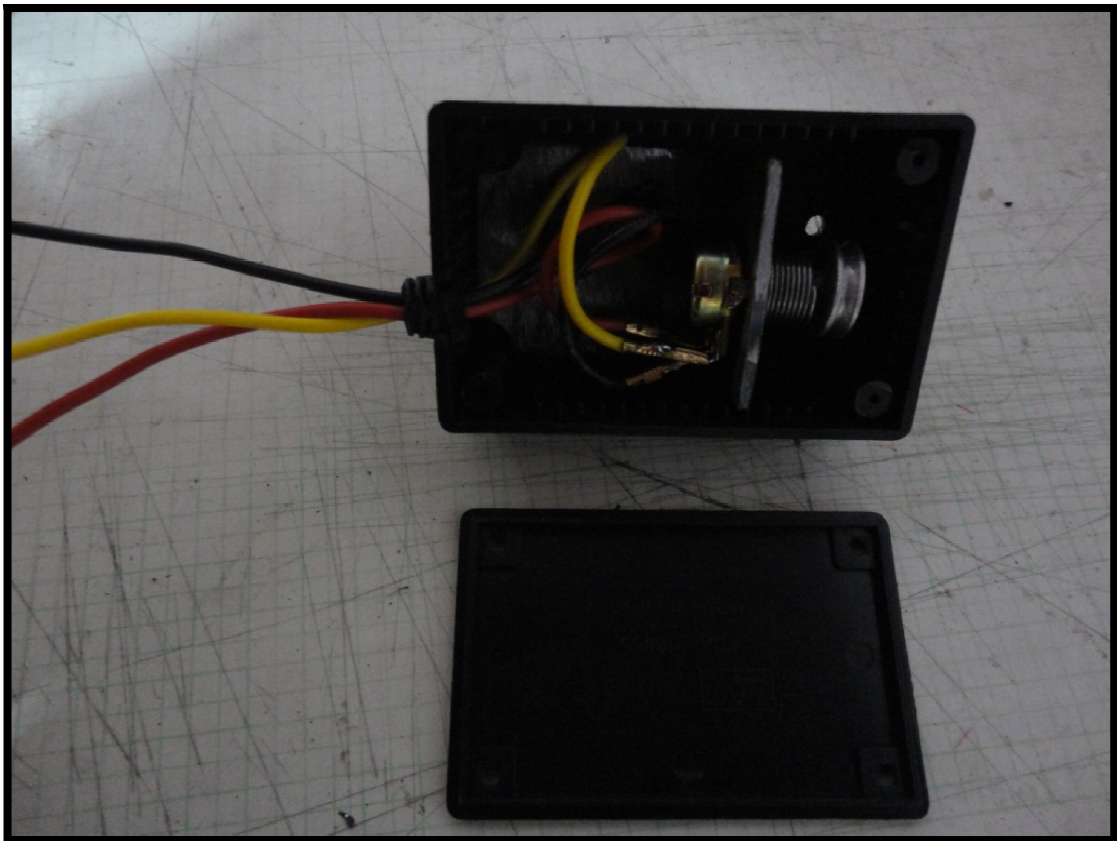


Figura 3.30: Potenciómetro y polea

Tabla 3.6: ELEMENTOS DEL MECANISMO DE ACELERACIÓN

ELEMENTOS UTILIZADOS	ESPECIFICACIONES
Caja plástica	84 x 54 x 28mm (con tapa)
Resorte metálico	12mm altura, 10 vueltas
Conectores	3 Tipo H
Cable eléctrico	Trenzado, aislado de tamaño 22
Hilo nylon	Ø 0,60 mm, 19.9 Kg
Pernos	2 (10mm x Ø 6mm x 26mm)

**Figura 3.31: Mecanismo armado**

3.4.4 Diseño del Soporte del Mecanismo del Servomotor

Primeramente, antes de proponer algún diseño debemos reconocer el lugar donde se colocara el mecanismo, puesto que se deberá evitar el momento flector de la polea por efecto de la tensión del cable con la mariposa del carburador.

Se decidió en los pernos de sujeción del múltiple de admisión de aire al motor y se colocaran deflectores de temperatura para evitar cualquier mal funcionamiento del servomotor.

El diseño propuesto se realizara en dibujo asistido AUTOCAD con las medidas originales y adaptadas a una placa original del vehículo, en este sitio anteriormente se encontraba un sensor mecánico de presión pero no se encontraba en funcionamiento.

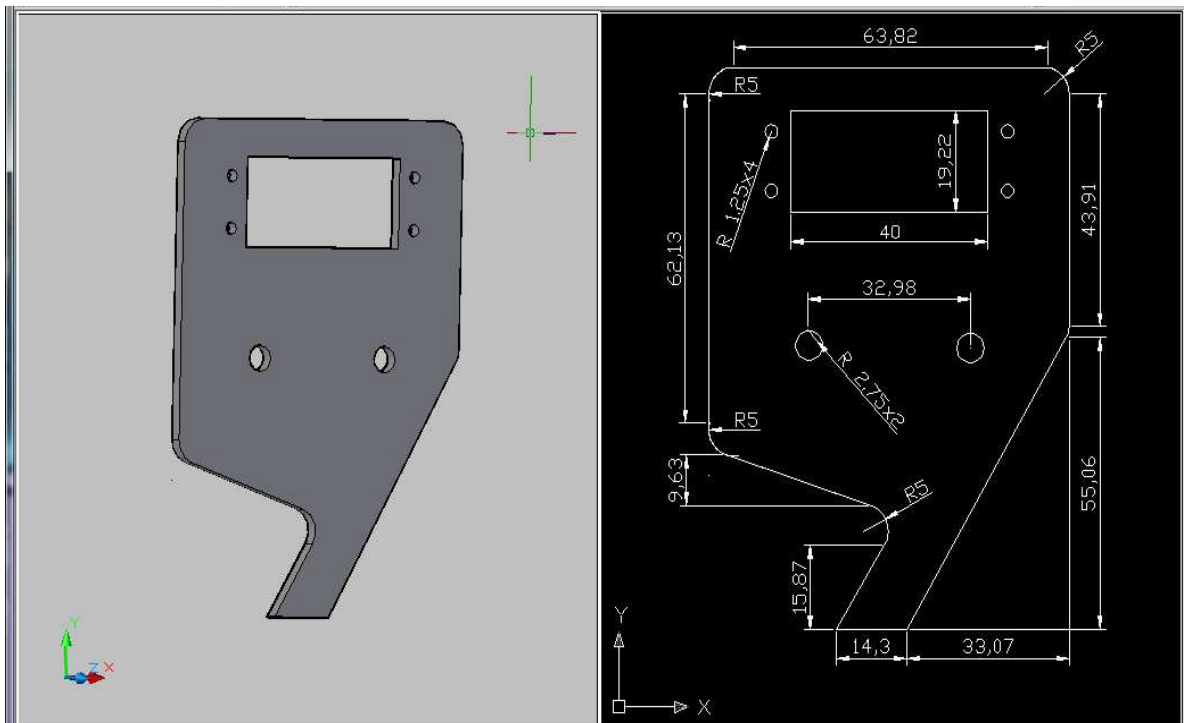


Figura 3.32: Diseño de placa soporte del servomotor

Después de la identificación se debe conocer la altura máxima para la alineación de las poleas, con la alineación pudimos ver la altura de la placa, y la forma que le daremos:



Figura 3.33: Soporte del servomotor adaptado

3.4.5 Resumen

Se va a realizar ahora un resumen general de los elementos elegidos y la disposición de los mismos:

- El actuador elegido será un servomotor standard con par de 6 kg*cm. y velocidad de 0.08seg a 60°. Este motor será el encargado de mover la mariposa.
- La polea del servomotor será de 27.7 mm de diámetro y será introducida a presión en el eje del servo.
- El cable que unirá la polea de la mariposa con la del servo será de nylon de 0.60mm de diámetro y dará 1 vuelta y media a la polea del servo para asegurar la fricción
- El soporte irá situado en la zona de los carburadores, en donde estaba situado el soporte antiguo.
- Se utilizará un deflector con el fin de evitar que el aire caliente proveniente de la tapa de bujías sobrecaliente el servo, también tendrá como función la de refrigerar el servo guiando el aire hacía él.

CAPÍTULO IV

4. CONTROL Y PROGRAMACIÓN

4.1 La Unidad de Control Electrónico

La unidad de control electrónico UCE es el ordenador central del acelerador, su función es la de recibir los datos procedentes de los sensores u otros artilugios instalados en el vehículo y enviar la señal necesaria para el actuador.



Figura 4.1: Modulo aplicado en protoboard

En este sistema de simulación real pudimos darnos cuenta de futuras fallas y ubicación del sistema original.

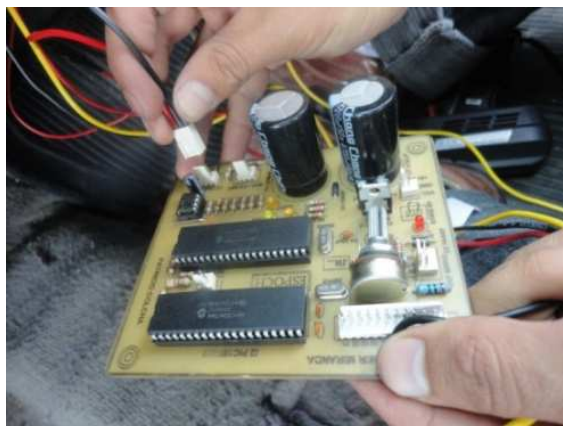


Figura 4.2: Modulo original

En el caso de este proyecto, la UCE será la encargada de recibir la señal del potenciómetro instalado en el pedal y mediante una ley de control, enviar la señal necesaria al actuador instalado en la mariposa del acelerador.

En la UCE se podrán implantar varios programas de control, programas de seguridad para casos de fallo, y otros programas de control del acelerador como pueden ser el Cruise Control, el cual necesita un pulsador que será instalado cerca del volante.

4.2 Toma de Mediciones

Tabla 4.1: VALORES NECESARIOS PARA LA PROGRAMACIÓN

DESCRIPCIÓN	MEDICIONES
Ángulo de giro de la mariposa	69,63°.
Par necesario para mover la mariposa	4.5406*N
Ángulo de giro del pedal del acelerador	19.66°
Temperatura externa del motor	76.3°
RPM en ralentí	960 rpm
RPM acelerado	3117 rpm

4.3 Parámetros Importantes para la Programación

Una vez que ha sido elegido el actuador, se está en disposición de conocer qué factores hay que tener en cuenta a la hora de programarlo e instalarlo. Los puntos siguientes serán de gran importancia tenerlos en cuenta para el buen funcionamiento:

- El servo será controlado mediante PWM.
- La señal de control del servo será renovada cada 20ms por lo que la frecuencia será de 50Hz.
- La forma de la onda será cuadrada y de 3 a 5 voltios de pico a pico.
- El servo vuelve a la posición cero en caso de no recibir señal, es por ello que a la hora de instalarlo se tendrá en cuenta este aspecto para que coincidan el cero del servo y de la mariposa.
- Se alimentará el servo 5 voltios.

- Los cables tienen las siguientes funciones: Rojo-Positivo, Negro- Negativo y Amarillo-Control.
- En función de la duración del pulso, el servo se posicionará en una posición u otra, así, los pulsos serán entre 0.9ms y 2.1ms para posicionarse en los extremos y para un pulso de 1.5ms el servo se posicionará en el medio.
- El sentido de giro del servo es el de las agujas del reloj.
- El servo puede girar un máximo de 180°, por lo que la polea que se le instale no podrá ser de un diámetro menor a la mitad de la que está en la mariposa

La programación teniendo en cuenta todos los parámetros la dividiremos en dos microcontroladores; uno será el que controlara al servo y el cruise control, y el otro será el que controla las entradas de los sensores y demás artilugios utilizados en la implementación del proyecto.

4.4 Seguridad

Como elementos de seguridad tanto pasivos como activos podrían ser las siguientes proposiciones.

Instalación de un interruptor final de carrera en el pedal del acelerador de forma que cuando este deje de ser presionado y vuelva a cero active el interruptor. El interruptor estará conectado a una puerta lógica AND, y la otra patilla de la puerta lógica estará conectada a la unidad de control electrónico. De esta forma cuando el interruptor dé señal cero, la puerta dará señal cero al servo y este volverá a la posición cero.

En la figura se puede apreciar mejor como quedaría el circuito.

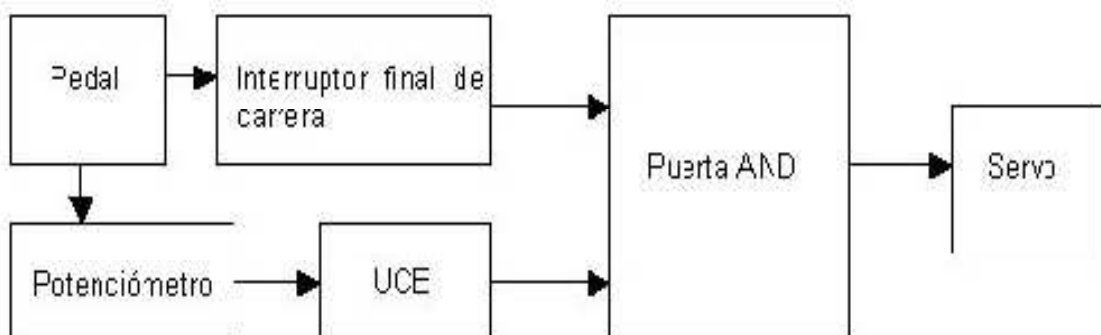


Figura 4.3: Circuito de seguridad

Este primer circuito nos permitirá el movimiento del servomotor por PWM (ancho de pulso) según la señal de entrada del potenciómetro del acelerador, esta programación comparará esta señal a posición angular del servomotor que girara proporcionalmente al recorrido del pedal del acelerador.

330° giro potenciómetro → 152° giro servo → 76.09° giro mariposa carburador

En este circuito se integraran sistemas como Control de Crucero y el sistema de seguridad en caso de fallos en el sistema cuando esté funcionando.

El control de crucero no es más que un sistema de aceleraciones controladas a partir de pulsadores en el volante y en rangos constantes de aceleración y desaceleración, este sistema se desactivara cuando se presione el freno o a su vez el acelerador regresando a la programación original.

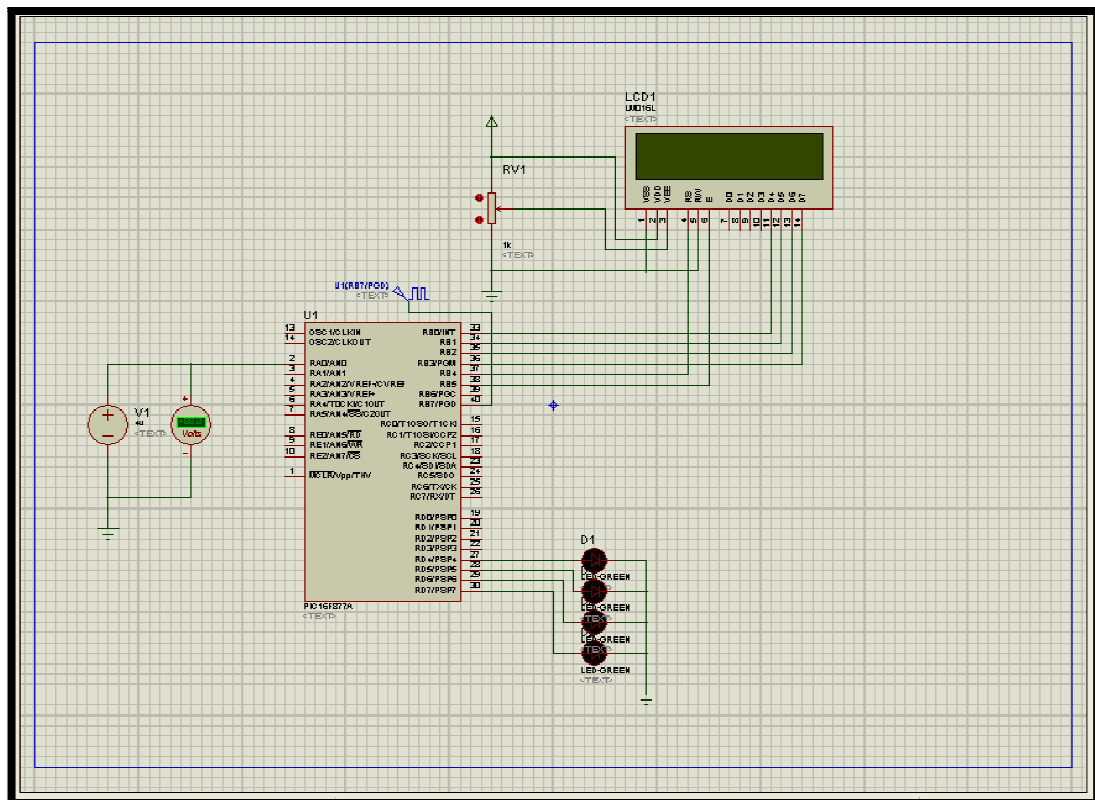


Figura 4.5: Simulación – Circuito comparación de datos y LCD

La simulación mostrada en la Fig. 4.5 muestra el circuito que compara los datos recibidos del sensor de temperatura y las revoluciones del motor, activando las condiciones de funcionamiento en motor frío y a temperatura normal de funcionamiento.

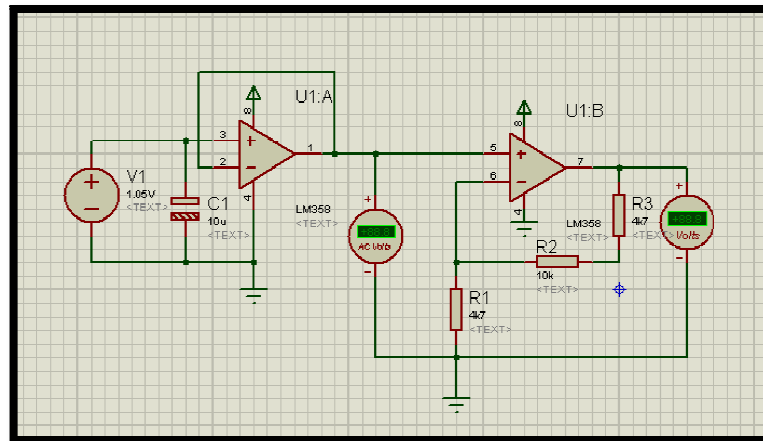


Figura 4.6: Simulación - Circuito de amplificador de señal

Como las señales del sensor de temperatura son relativamente bajas y el circuito no la podría leer con facilidad es necesario un amplificador de esta señal para que el circuito comparador tenga mejores rangos de comparaciones.

Tabla 4.2: RANGOS DE TEMPERATURA A VOLTAJE

RANGOS DE TEMPERATURA A VOLTAGE (5V)	
22° C	1.05 V
90° C	0.25

4.4.1 Diagrama de Flujo

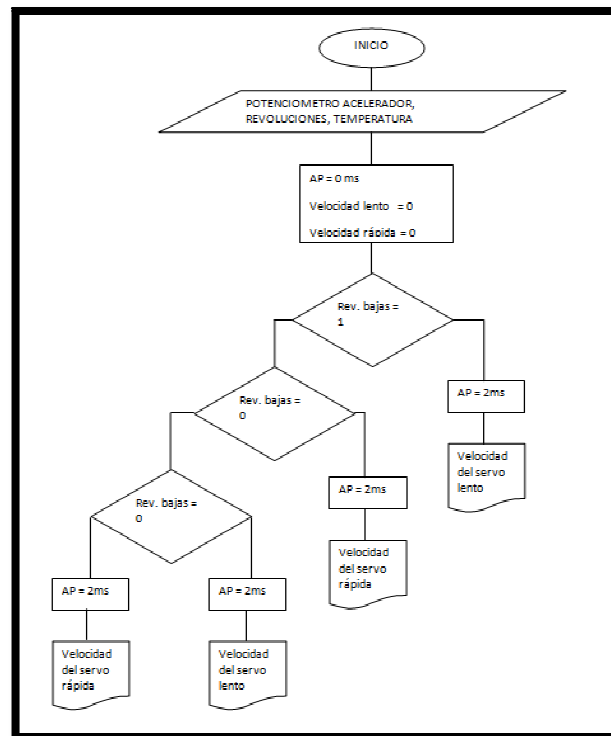


Figura 4.7: Diagrama de flujo programación PIC 1

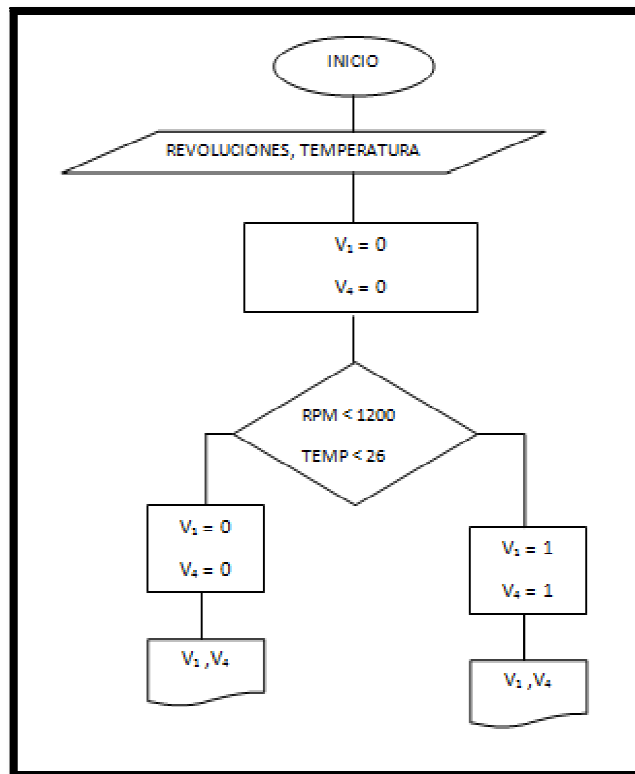


Figura 4.8: Diagrama de flujo programación PIC 2

4.5 Construcción de la Placa

Cuando la programación se ha probado y simulado se procede a unir las tres simulaciones en una placa de baquelita en el programa de diseño de circuitos **ISIS**, pero primeramente se enlistara los materiales necesarios para la construcción de la placa:

- 2 microcontroladores 16F877
- 1 cristal 20 MHZ
- 10 resistencias 4.7 k ¼ w
- 11 resistencias 220 Ω ¼ w
- 2 condensadores 4700 µf 16 Vmin
- 4 diodos rectificadores
- 1 condensador 1 µf 16 Vmin
- 2 condensador 10 µf 16Vmin
- 1 L7805
- 1 LM358
- 5 led de 3mm
- 1 resistencia 2,5 kΩ
- 4 capacitores 22 pf
- 2 capacitores 104 pf

- 1 LCD 16x2
- 1 servomotor 6 kg
- 3 molex 3 pines
- 2 molex 2 pines
- 2 molex 12 pines
- 2 hojas papel transfer
- 1 bakelita 20x30
- 1 cloruro férrico

Con los materiales listos se pudo fijar la disposición de cada elemento en la placa:

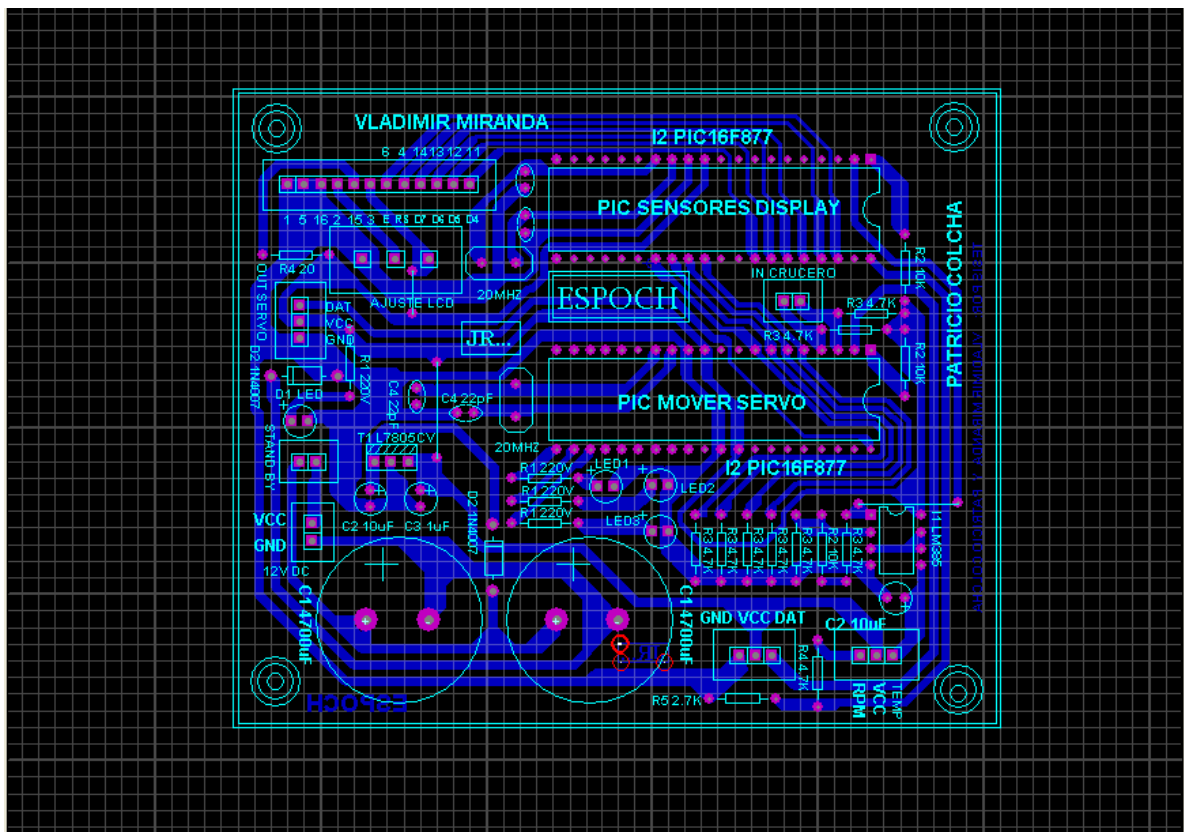


Figura 4.9: Diseño de la placa en ISIS

La construcción de la placa se la simulo en 3D para verificar dimensiones y disposición de materiales:

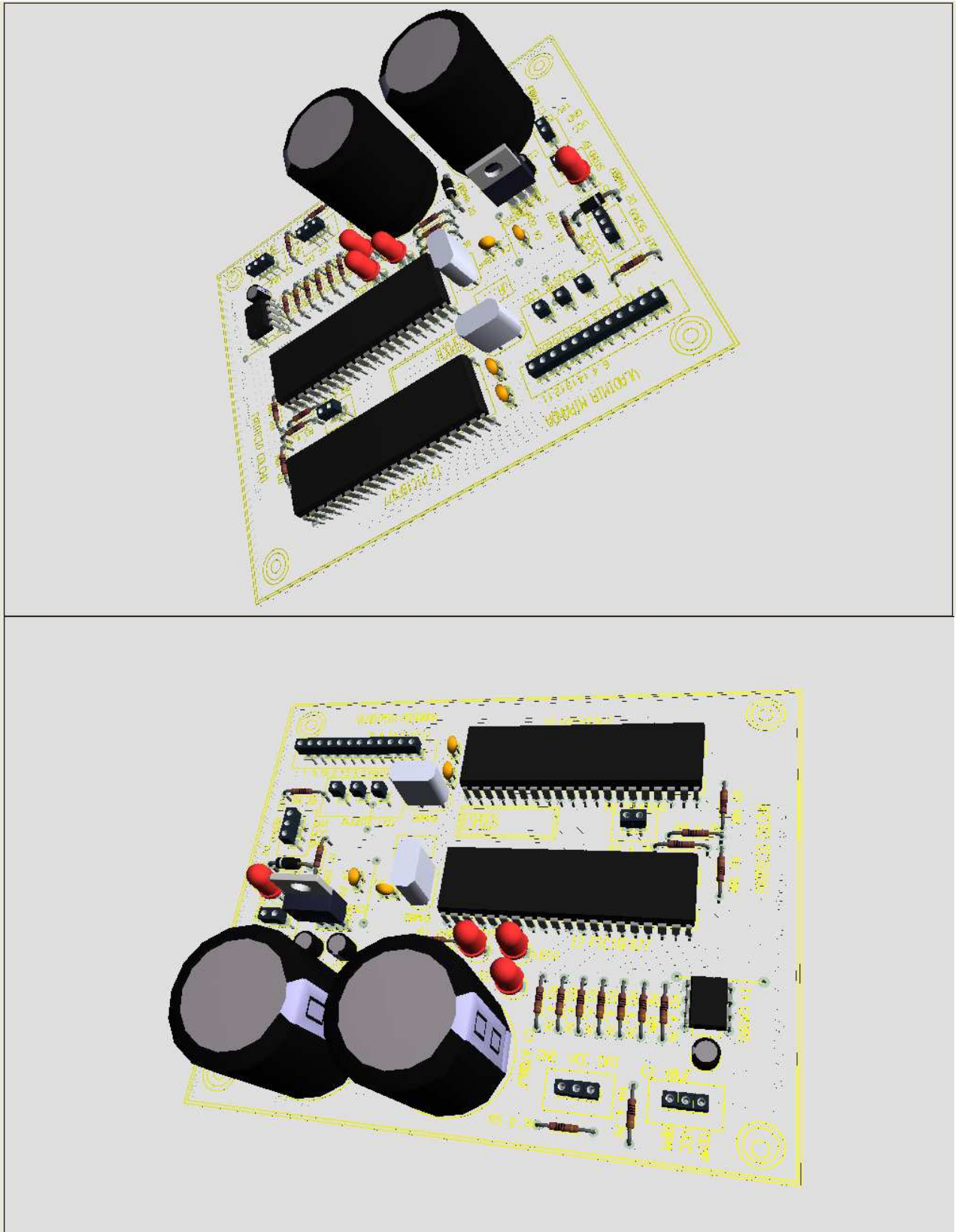


Figura 4.10: Representación de la placa en 3D

La placa construida se muestra a continuación:

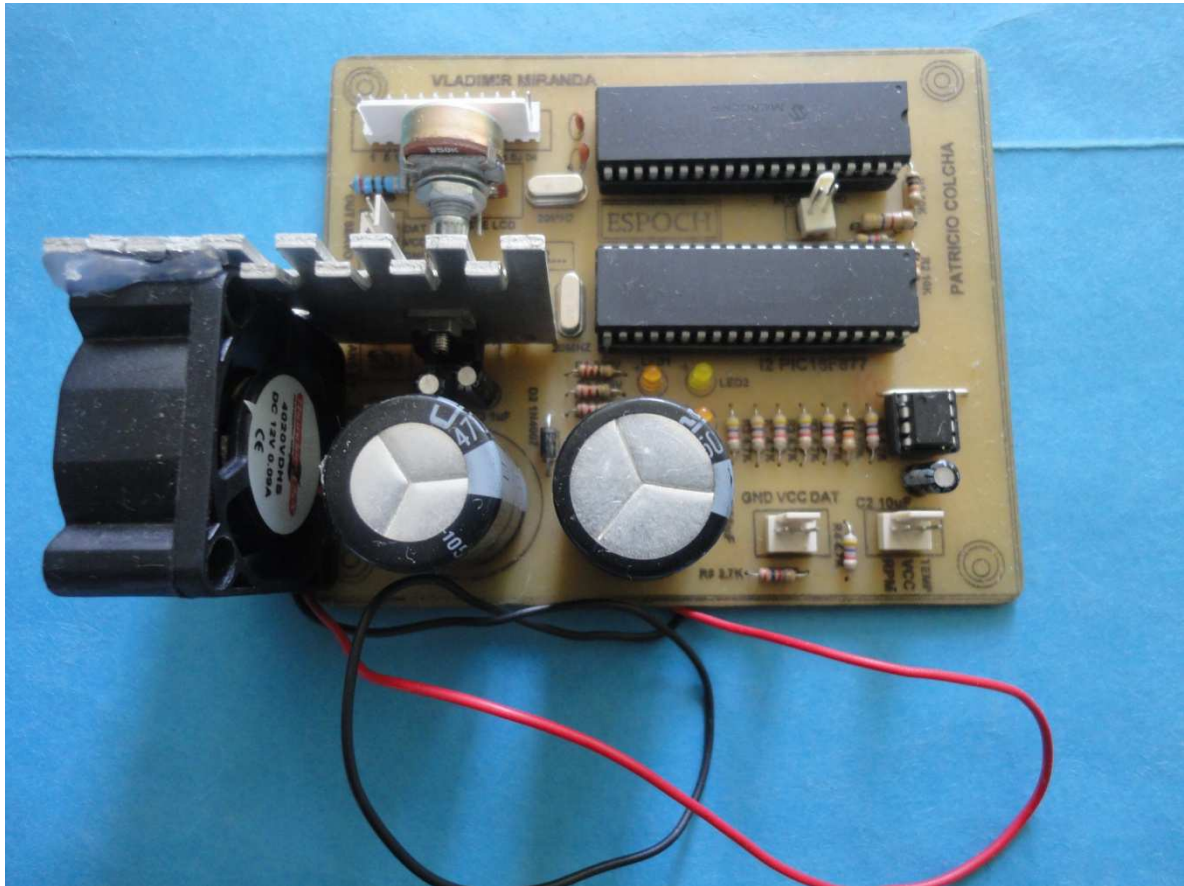


Figura 4.11: Modulo terminado

4.6 Inconvenientes y Soluciones

En la realización del control se presentaron los siguientes inconvenientes.

- La UCE tiene la posibilidad de enviar señal de PWM con posibilidad de variar la frecuencia. Se hizo un programa para enviar señales al servo pero hubo los siguientes problemas: poca velocidad, poca precisión y el servo no permanecía parado en una posición, sino que oscilaba.

Como solución se utilizó un PIC que aportaría la señal PWM, las ventajas de este dispositivo son la velocidad y la resolución, por lo que se subsanaban los problemas anteriores.

- La señal del sensor de temperatura en el momento de la verificación de valores no variaba el voltaje de 5 (V) con la temperatura del motor.

Como solución se utilizó una resistencia de $5.2\text{ K}\Omega$ en serie a la señal de alimentación del sensor y se derivó una conexión para la señal de retorno a la ECU.

- Al momento de elegir el mecanismo del servomotor con la mariposa se optó primeramente por cable de acero de 0.9 mm de diámetro pero este cable tenía la deficiencia del pandeo al retorno por el resorte del servo y se desviaba de la pista de la polea.

Como solución se optó por el cable de nylon, tanto por su reversibilidad y no la deformación al momento del retorno y tiene buena fuerza de tensión.

Una vez solucionado todos los inconvenientes procedemos a realizar la placa la cual contendrá la UCE.

CAPÍTULO V

5. SISTEMA INTEGRADO Y MONTAJE DEL SISTEMA

Una vez determinados los parámetros y realizada la UCE procedemos a la instalación de los sensores y artilugios en el automóvil ya que el correcto funcionamiento de estos se efectuara un correcto control del sistema incorporado.

5.1 Pruebas en el Sistema Original

Antes de proceder a instalar el nuevo sistema debemos verificar el funcionamiento del mismo

1. Tenemos primero una relación directa entre el pedal del acelerador y la mariposa del carburador.
2. El consumo de combustible es de 50 km por galón.
3. Al accionar el pedal del acelerador a fondo y soltar el embrague se tiene perdida de motricidad en las ruedas por exceso de aceleración.

5.2 Instalación del Sistema en el Vehículo

5.2.1 Instalación del Sensor de Temperatura del Refrigerante

1. Ubicamos el lugar donde vamos ubicar el sensor, el cual fue en el múltiple de admisión antes del termostato ya que este es un punto crítico de temperatura del refrigerante.



Figura 5.1: Ubicación del sensor en el múltiple de admisión

2. Tenemos un sensor ECT de un Chevrolet spark y con el diámetro de este procedemos a perforar el múltiple.



Figura 5.2: Perforación del múltiple de admisión

3. Una vez realizado el orificio pasamos un machuelo para realizar el ajuste del sensor
4. Colocamos el sensor y realizamos el correcto apriete comprobando que no exista fugas.



Figura 5.3: Sensor de temperatura adaptado

5.2.2 Toma de las Revoluciones del Motor

Para tomar las rpm del motor necesitamos de un circuito que transforme la señal del borne negativo de la batería, entonces tomamos por medio de un cable la señal del borne y la llevamos al circuito que va estar incorporado en la UCE.



Figura 5.4: Toma de datos de revoluciones

5.2.3 Instalación del Sensor del Pedal del Acelerador

1. Para realizar la construcción el sensor que va implementado en el acelerador utilizamos un potenciómetro de 10 k, en cual implementamos un resorte para que retorne al punto inicial y la polea la cual sostendrá el cable.



Figura 5.5: Potenciómetro con polea

2. Implementamos el potenciómetro en un soporte para que no exista vibraciones al momento de accionar el mecanismo.

3. Protegimos el potenciómetro con una caja negra para evitar que entre polvo, humedad o algún otro agente externo.

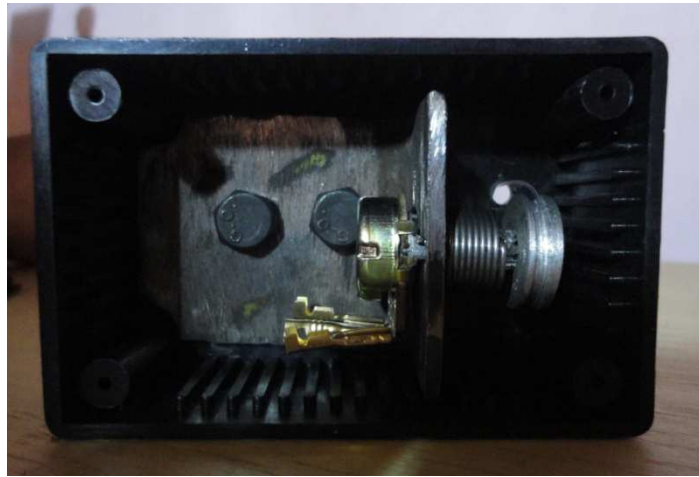


Figura 5.6: Caja de protección del potenciómetro

4. Colocamos el sensor en el lugar donde se encontraba el cable y realizamos las perforaciones necesarias para ubicar el mismo en el vehículo.



Figura 5.7: Ubicación del mecanismo de aceleración



Figura 5.8: Colocación del mecanismo del potenciómetro

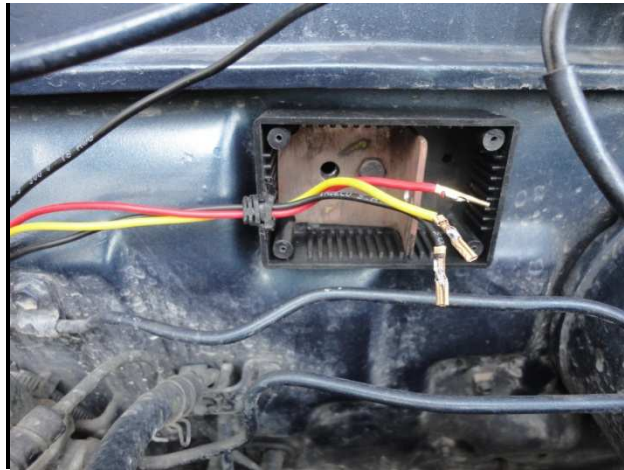


Figura 5.9: Conexiones del mecanismo

6. Colocamos el sensor y sellamos el mismo.



Fig. 5.10: Mecanismo instalado

5.2.4 Instalación del Actuador

1. Ubicamos el lugar donde va instalarse el actuador y tomamos las mediciones correspondientes para adaptar el soporte



Figura 5.11: Adaptación del cable de tensión

2. Diseñamos el soporte en aluminio ya que este es un material resistente y moldeable y ubicamos y aseguramos el servo

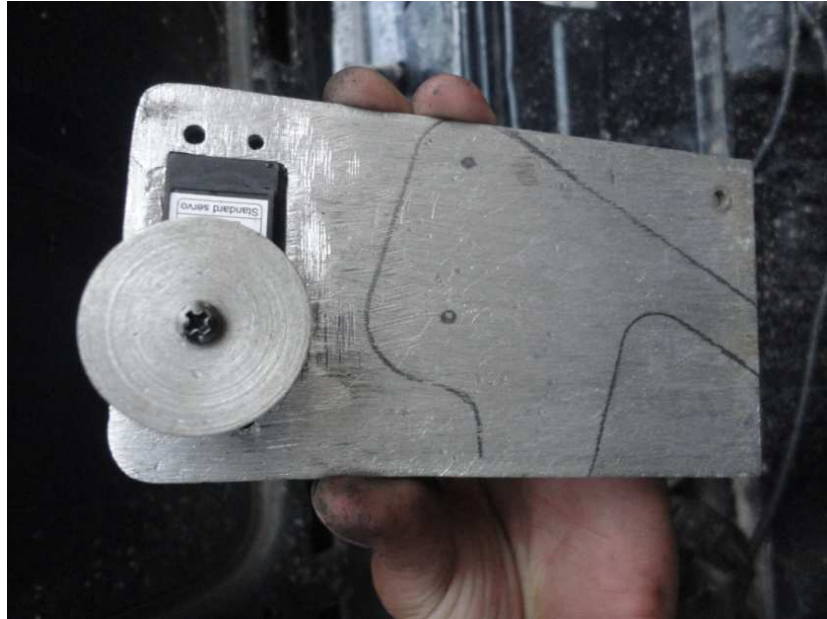


Figura 5.12: Diseño del soporte del servo

3. Agrandamos el orificio donde se ubicaba el cable para que no exista fricción en el cable.
4. Ubicamos el actuador en el lugar correspondiente y colocamos el cable en la mariposa de aceleración.



Figura 5.13: Mecanismo del servomotor instalado

5.2.5 Colocación del LCD

El LCD debe ir ubicado en un lugar visible al conductor y la mejor ubicación esta junto al volante en la parte inferior derecha

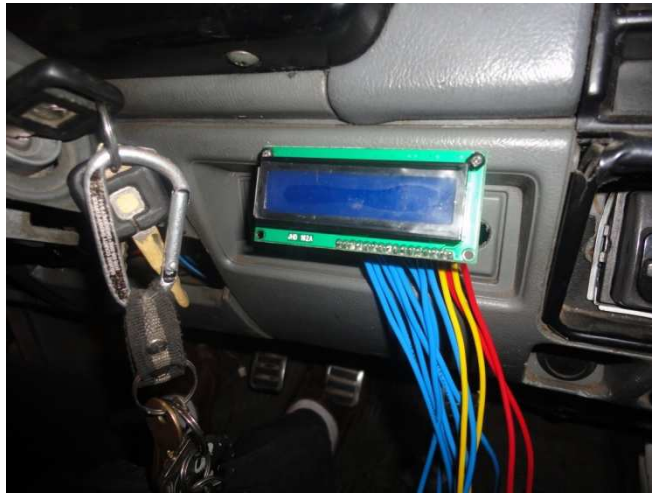


Figura 5.14: LCD instalado

5.2.6 Colocación del Pulsador del Cruise Control

Al igual que el LCD el pulsador va estar ubicado cerca del volante pero en la parte inferior izquierda.



Figura 5.15: Cruise control

5.2.7 Colocación de la UCE

La UCE tenemos que colocarla en el interior del vehículo para protegerla de la humedad y la suciedad del exterior. Colocamos la alimentación de la misma para que se active solo cuando tengamos el switch en modo de accesorios y en todo el cableado se colocaron bornes macho para tener la posibilidad de poder sacar y poner la UCE en caso de alguna avería en el sistema y poder corregirla fácilmente.

5.3 Pruebas de Funcionamiento del Sistema Incorporado

Una vez que hemos instalado el sistema procedemos a comprobar el funcionamiento del mismo.

1. En los arranques en frío tenemos que el motor se queda levemente acelerado ya que el sensor ECT detecta el motor frío y para un rápido calentamiento del mismo el actuador gira 8° la mariposa del carburador, cerrándose a medida que sube cada 5°C-2° hasta llegar a cerrarse totalmente y ubicarse en la posición normal de funcionamiento.
2. La aceleración en bajas revoluciones se la realiza progresivamente si se pisa el pedal a fondo la mariposa se abre suavemente.
3. Una vez que el motor se encuentra en la temperatura de funcionamiento la relación entre el pedal y la mariposa se vuelve directa y a altas rpm la aceleración se produce similar al sistema anterior.
4. En el modo cruise control se permitió ahorrar combustible ya que se suelta el pedal del acelerador y se mantiene las rpm estables.
5. El consumo mejoró pasando a 60 km por galón.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que hemos llegado al finalizar el presente el proyecto serán detalladas a continuación:

- El sistema permite variar la relación entre la posición del acelerador y la apertura de la mariposa con multitud de posibilidades.
- Se tiene un fácil acoplamiento del control de velocidad de crucero.
- Reducción de los tirones durante el funcionamiento del motor.
- Permite un mejor control sobre las emisiones contaminantes.
- Integración del control electrónico en la centralita de gestión del motor, reduciendo el coste del equipo.
- Es más fiable que un cable porque el sistema sólo envía una señal eléctrica a través de un potenciómetro.
- Integra al acelerador funciones como el control de tracción o estabilidad
- Permite mayor control de la alimentación de aire del motor, consiguiendo mejores aceleraciones y una respuesta del motor más adecuada al tipo de conducción que se está realizando
- Corrige errores de accionamiento del acelerador por parte del conductor.

RECOMENDACIONES

El presente proyecto presenta futuras líneas de trabajo muy interesantes.

Por un lado se presentan las continuaciones desde el punto de vista estético, como por ejemplo crear un pedal de acelerador y un sensor de posición acoplados en una sola pieza como se puede observar en los coches comerciales.

Pero lo realmente importante está en implantar nuevas formas de conducción, las siguientes modificaciones suelen realizarse en el software y no en el hardware. Estas nuevas modificaciones pueden ser algunas de las ventajas mencionadas antes y otras nuevas; Sistemas como el control de tracción, el cruise control, y variar la relación entre la posición del pedal del acelerador y de la mariposa depende casi en su totalidad del software programado.

BIBLIOGRAFÍA

- “Ingeniería de proyectos”. EUNSA. Fernando Santos.
- Catálogo RS amidata, 2004.
- Apuntes: “Tecnología de Máquinas”. Jordi Viñolas. Unicopia. San Sebastián. 1999.
- Proyecto: “Determinación experimental de las cargas existentes sobre la estructura de un vehículo automóvil”. Xabier Carrera Akutain. 2001.
- Proyecto: “Diseño y construcción de un sistema de selección de velocidades por actuadores para un vehículo” Mikel Ares Azpiroz” 2002.
- “Robótica, Manipuladores y robots móviles”. Marcombo. Aníbal Ollero Baturone.2001.
- “Máquinas y motores”. Servicio de publicaciones, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Jesús Fraile. 2001
- IBRAHIM, D. Programación de microcontroladores, 3ra ed, Barcelona: MARCOMBO. 2007

LINKOGRAFÍA

- http://cfievalladolid2.net/tecno/ctrl_rob/robotica/portada.htm,
- <http://www.amidata.es> Potenciómetros
- <http://www.autozulia.com/nuevatecnologia.asp>
- <http://www.delphi.com/pdf/techpapers/2000-01-0556.pdf>
- http://www.picotech.com/auto/applications/electronic_throttle_control.htm
- <http://www.automotivetechology.net/articles/skf.html>