



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

AUTOR: ORTIZ VILLAMARÍN ANDRÉS MAURICIO

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE
ENCENDIDO ÓPTICO PARA EL LABORATORIO DE
AUTOTRÓNICA”**

DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO

CODIRECTOR: ING. STALIN MENA

LATACUNGA, DICIEMBRE DE 2014



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

Ing. Germán Erazo (Director)

Ing. Stalin Mena (Codirector)

CERTIFICAN:

Que el trabajo denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA”**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas y estatutos establecidos, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas.

Siendo este un proyecto de calidad y contenido científico que servirá para la enseñanza y desarrollo profesional recomendamos su publicación.

Éste trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto que contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (PDF). Autoriza a **ANDRÉS MAURICIO ORTIZ VILLAMARÍN** que entregue al Ing. Juan Castro, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, 22 de Diciembre de 2014

Ing. Germán Erazo
DIRECTOR

Ing. Stalin Mena
CODIRECTOR



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **ORTIZ VILLAMARÍN ANDRÉS MAURICIO**

DECLARO QUE:

El proyecto de grado titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA**”, ha sido desarrollado con la debida investigación científica, sabiendo respetar todos los derechos intelectuales de terceros, acorde con las citas que se hace al pie de página correspondiente, las fuentes se añaden a la bibliografía. Por lo que se puede afirmar que éste trabajo es de mi exclusiva autoría.

En honestidad de esta declaración, me responsabilizo de lo comprendido, la veracidad y el alcance científico que tiene este proyecto de grado.

Latacunga, 22 de Diciembre de 2014

Andrés Mauricio Ortiz Villamarín

CI: 0502863749



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Andrés Mauricio Ortiz Villamarín

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas para que publique en la biblioteca virtual de la institución el trabajo denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA”**, en el que se encuentra contenido, ideas y criterios que he desarrollado bajo mi exclusiva autoría.

Latacunga, 22 de Diciembre de 2014

Andrés Mauricio Ortiz Villamarín

CI: 0502863749

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se lo dedico a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los percances que se suscitaron, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni fracasar en el intento.

A mi querida familia, a quienes debo este paso muy importante en mi vida. A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis metas planteadas.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar en mi vida profesional.

A mis Maestros, a más de ser quienes instruyen mi Carrera Profesional, crearon una amplia senda de amistad que permitió llevar al límite esta carrera de la vida y vencer toda clase de obstáculos.

Andrés Ortiz Villamarín

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi familia y a la Universidad de las Fuerzas Armadas quienes permitieron que haya terminado mis estudios de manera muy exitosa, fortalecido al mismo tiempo en valores y principios como la excelencia y la responsabilidad, estrategias que son clave del éxito en la vida profesional.

Andrés Ortiz Villamarín

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICADO	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4. ÁREA DE INFLUENCIA.....	3
1.5. HIPÓTESIS	4
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.6.1. VARIABLE DEPENDIENTE	4

1.6.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. EL SISTEMA DE ENCENDIDO	5
2.1.1. GENERALIDADES.....	5
2.1.2. FINALIDAD DEL SISTEMA DE ENCENDIDO	6
2.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ENCENDIDO	6
2.3. PARTES DEL SISTEMA DE ENCENDIDO.....	8
2.4. TIEMPO DEL ENCENDIDO Y AVANCE DE LA CHIPA.....	13
2.4.1. AVANCE CENTRÍFUGO	14
2.4.2. AVANCE POR VACÍO.....	15
2.5. ÁNGULOS DE LA LEVA.....	16
2.6. TIPOS DE SISTEMAS DE ENCENDIDO	18
2.6.1. ENCENDIDO CONVENCIONAL	18
2.6.2. ENCENDIDO CONVENCIONAL TRANSISTORIZADO	19
2.6.3. ENCENDIDO ELECTRÓNICO SIN CONTACTOS	20
2.6.4. ENCENDIDO INTEGRAL	21
2.6.5. ENCENDIDO ELECTRÓNICO DIS	24
2.7. SISTEMA DE ENCENDIDO ÓPTICO	27
2.7.1. FUNCIONAMIENTO.....	27
2.7.2. PARTES DEL SISTEMA DE ENCENDIDO ÓPTICO	30
2.7.3. VENTAJAS DEL ENCENDIDO ÓPTICO	31
2.7.4. DESVENTAJAS DEL ENCENDIDO ÓPTICO.....	32

2.8. INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE OSCILOGRAMAS DE ENCENDIDO.....	33
---	----

CAPÍTULO III36

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA.....	36
---	----

3.1. ESTRUCTURA DEL SIMULADOR	36
-------------------------------------	----

3.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.....	36
----------------------------------	----

3.1.2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	36
--------------------------------------	----

3.1.3. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE	37
--	----

3.2. ETAPAS DE SIMULACIÓN.....	38
--------------------------------	----

3.3. GENERALIDADES DE LOS MICROCONTROLADORES	40
--	----

3.3.1. ARQUITECTURA DE LOS MICROCONTROLADORES	40
--	----

a) UNIDAD CENTRAL DE PROCESO	41
------------------------------------	----

b) MEMORIA	42
------------------	----

c) PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA.....	45
-------------------------------------	----

d) RELOJ.....	45
---------------	----

e) RECURSOS ESPECIALES	45
------------------------------	----

f) LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN USADOS.....	46
--	----

3.4. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA	47
-------------------------------------	----

3.4.1. FUENTE DE PODER	47
------------------------------	----

3.4.2. REGULACIÓN DE VOLTAJE	49
------------------------------------	----

3.5. REGULACIÓN DE VELOCIDAD DEL DISCO RANURADO.....	51
--	----

3.5.1. PARÁMETROS DE DISEÑO Y SIMULACIÓN	51
--	----

a) MODULACIÓN PWM:	53
--------------------------	----

b)	SELECCIÓN DEL PIC 12F675	56
c)	ESTRUCTURA DEL PIC UTILIZADO	58
d)	SIMULACIÓN EN SOFTWARE PROTEUS	58
e)	PROGRAMACIÓN EN EL PIC	59
f)	MANEJO DE LA SEÑAL DEL PIC AL MOTOR	60
3.5.2.	LISTA DE MATERIALES	62
3.5.3.	DISEÑO DE ACOPLES	62
3.5.4.	CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE	63
3.6.	CONTROL DE ENCENDIDO DIS	64
3.6.1.	SEÑAL DEL CAPTADOR ÓPTICO	64
3.6.2.	SEÑAL DESDE LOS 3 SENSORES	65
a)	SENSOR MAP (Manifold Absolute Pressure)	66
b)	SENSOR IAT (Intake Air Temperature)	67
c)	SENSOR ECT (Engine Coolant Temperature)	69
d)	CONVERSIÓN ANALÓGICA – DIGITAL	70
3.6.3.	SELECCIÓN DEL PIC 16F628A Y 16F877A	71
3.6.4.	ESTRUCTURA DE LOS PICS UTILIZADOS	74
3.6.5.	DISEÑO ELECTRÓNICO DE CONTROL	75
3.6.6.	MANEJO DE LA SEÑAL DEL PIC AL MÓDULO DIS	79
a)	EL TRANSISTOR IGBT	79
b)	ESTRUCTURA INTERNA DEL DIS CON IGBT	81
3.6.7.	LISTA DE MATERIALES	82
3.7.	CONTROL DE INGRESO DE FALLAS	83
3.7.1.	SELECCIÓN DEL PIC 16F877A	83
3.7.2.	ESTRUCTURA DEL PIC UTILIZADO	84

3.7.3. PARÁMETROS DE DISEÑO Y SIMULACIÓN	85
3.7.4. MANEJO DE LA SEÑAL DEL PIC A LOS RELÉS.....	91
3.7.5. LISTA DE MATERIALES.....	94
CAPÍTULO IV.....	96
ENSAMBLAJE Y PRUEBAS	96
4.1. REALIZACIÓN DEL CIRCUITO IMPRESO.....	96
4.2. UBICACIÓN DE COMPONENTES EN LAS PLACAS.....	99
4.3. ANÁLISIS EN UN VEHÍCULO DE ENCENDIDO ÓPTICO.....	101
4.4. ANÁLISIS EN EL SIMULADOR	104
4.4.1. LOCALIZACIÓN DE COMPONENTES	104
4.4.2. VERIFICACIÓN DEL CONTROL DE VELOCIDAD	105
4.4.3. COMPROBACIÓN DEL SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO.....	105
4.4.4. FUNCIONAMIENTO DE LA ETAPA DE FALLAS	108
CAPÍTULO V.....	110
PRÁCTICAS DE LABORATORIO	110
CAPÍTULO VI.....	133
MARCO ADMINISTRATIVO.....	133
6.1. PARÁMETROS DE LA INVESTIGACIÓN.....	133
6.1.1. RECURSOS HUMANOS.....	133
6.1.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS	134
6.1.3. RECURSOS MATERIALES	134

6.1.4. PRESUPUESTO	135
6.1.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	135
CONCLUSIONES	137
RECOMENDACIONES.....	139
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	140
BIBLIOGRAFÍA.....	140
NETGRAFÍA.....	140
ANEXOS.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Análisis de oscilogramas en encendidos convencionales	33
Tabla 2.2: Oscilogramas en encendidos electrónicos	34
Tabla 2.3: Oscilogramas de encendido DIS	34
Tabla 2.4: Principales fallas del encendido	35
Tabla 3.1: Colores de cables utilizados.....	48
Tabla 3.2: Características del IC 7805	50
Tabla 3.3: Características del motor DC	51
Tabla 3.4: Lista de materiales del control de velocidad del motor	62
Tabla 3.5: Ensamblaje del sistema de giro	63
Tabla 3.6: Características del captador óptico	64
Tabla 3.7: Lista de materiales para el encendido del DIS	82
Tabla 3.8: Lista de materiales del control de fallas	95
Tabla 4.1: Características del vehículo analizado	102
Tabla 4.2: Resultados oscilograma secundario DIS.....	107
Tabla 4.3: Códigos de activación e ingreso de fallas	109
Tabla 6.1: Recursos humanos	133
Tabla 6.2: Recursos tecnológicos	134
Tabla 6.3: Recursos materiales	134
Tabla 6.4: Presupuesto.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Árbol del problema.....	1
Figura 2.1: Requisitos del encendido.....	5
Figura 2.2: Componentes del sistema de encendido	7
Figura 2.3: Estructura interna de una batería.....	8
Figura 2.4: Llave de encendido.....	9
Figura 2.5: Bobina	10
Figura 2.6: Ruptor.....	10
Figura 2.7: Condensador	11
Figura 2.8: Distribuidor	12
Figura 2.9: Bujías.....	13
Figura 2.10: Avance al encendido.....	14
Figura 2.11: Avance centrífugo	14
Figura 2.12: Avance por vacío	15
Figura 2.13: Curvas de avance al encendido	16
Figura 2.14: Angulo dwell	17
Figura 2.15: Encendido convencional	18
Figura 2.16: Sistema de encendido convencional transistorizado	19
Figura 2.17: Sistema de encendido electrónico sin contactos.....	20
Figura 2.18: Oscilogramas Hall e Inductivo.....	20
Figura 2.19: Estructura básica de un encendido electrónico	21
Figura 2.20: Encendido electrónico integral	22
Figura 2.21: Mapa del ángulo de cierre.....	23
Figura 2.22: Mapas de encendido del motor	24
Figura 2.23: Encendido electrónico DIS.....	25
Figura 2.24: Sentido de corriente DIS	26
Figura 2.25: Captación en el distribuidor óptico	27
Figura 2.26: Componentes del sensor óptico.....	28
Figura 2.27: Manejo de señales del captador óptico	28

Figura 2.28: Lámina ranurada del sensor óptico	30
Figura 2.29: Partes del sistema de encendido óptico	31
Figura 3.1: Diseño de la estructura	37
Figura 3.2: Ensamblaje del simulador y sus componentes.....	38
Figura 3.3: Etapas de simulación	39
Figura 3.4: Arquitectura del microcontrolador	41
Figura 3.5: Recursos especiales de los microcontroladores	46
Figura 3.6: Fuente de poder conmutada	47
Figura 3.7. Batería de moto	48
Figura 3.8: Pines del CI 7805	49
Figura 3.9: Regulación con CI 7805.....	50
Figura 3.10: Diagrama de pines del LM317	51
Figura 3.11: Características eléctricas del LM317	52
Figura 3.12: Pulso PWM con 50% de ciclo de trabajo.....	53
Figura 3.13: Pulso PWM con 10% de ciclo de trabajo.....	54
Figura 3.14: Características del PIC 12F675.....	57
Figura 3.15: Diagrama de pines del PIC 12F675	58
Figura 3.16: Simulación del control de velocidad del motor	59
Figura 3.17: Diagrama de flujo del control velocidad.....	59
Figura 3.18: Circuito de control del motor	60
Figura 3.19: Características eléctricas del MOSFET IRFZ44N	61
Figura 3.20: Diseño de acoples del sistema de giro.....	63
Figura 3.21: Designación de pines del captador óptico	64
Figura 3.22: Forma de onda del captador óptico.....	65
Figura 3.23: Sensor MAP.....	66
Figura 3.24: Comportamiento interno del sensor MAP.....	66
Figura 3.25: Curva del sensor MAP	67
Figura 3.26: Sensor IAT	68
Figura 3.27 Curva del sensor IAT-ECT	68
Figura 3.28: Sensor ECT	69
Figura 3.29: Características de la familia 16F87XA.....	72

Figura 3.30: Características de la familia de PICS 16F6XXA.....	73
Figura 3.31: Diagrama de pines del PIC 16F628A.....	74
Figura 3.32: Diagrama de pines del PIC 16F877A.....	74
Figura 3.33: Flujograma de monitorización de parámetros	75
Figura 3.34: Flujograma de activación del DIS.....	76
Figura 3.35: Flujograma de visualización de datos	77
Figura 3.36: Simulación de encendido del DIS	78
Figura 3.37: Símbolo del IGBT.....	80
Figura 3.38: Circuito interno DIS.....	81
Figura 3.39: Características de la familia 16F87XA	83
Figura 3.40: Diagrama de pines del PIC16F877A.....	85
Figura 3.41: Diagrama y simulación del control de fallas	86
Figura 3.42: Teclado matricial.....	88
Figura 3.43: Circuito de una tecla individual	88
Figura 3.44: Características eléctricas de corriente de ingreso.....	89
Figura 3.45: Diagrama de flujo control de fallas	90
Figura 3.46: Circuito de control del relé de fallas	91
Figura 3.47: Características eléctricas del PIC 16F877A	94
Figura 4.1: Circuito impreso de control de velocidad del motor.....	97
Figura 4.2: Circuito impreso para el control del DIS	97
Figura 4.3: Circuito impreso para el control de fallas	98
Figura 4.4: Placa de control de velocidad del motor	100
Figura 4.5: Placa de control de encendido del DIS	100
Figura 4.6: Placa de control de fallas.....	101
Figura 4.7: Diagrama de pines del distribuidor Nissan Sentra B13	102
Figura 4.8: Oscilograma del captador óptico.....	103
Figura 4.9: Señal de activación del módulo de encendido	103
Figura 4.10: Localización de componentes.....	104
Figura 4.11: Análisis del control de velocidad del motor	105
Figura 4.12: Oscilogramas en la entrada a los IGBT del DIS	106
Figura 4.13: Oscilograma de encendido en el secundario.....	1076

Figura 4.14: Secuencia de visualización en el LCD	1087
Figura 4.15: Secuencia de funcionamiento de ingreso de fallas.....	108
Figura 6.1: Cronograma de actividades	136

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1: Ajuste de voltaje en regulador LM317	52
Ecuación 3.2: Cálculo de la resistencia de regulación de voltaje	52
Ecuación 3.3: Ciclo de trabajo PWM.....	54
Ecuación 3.4: Velocidad angular en función del periodo	55
Ecuación 3.5: Divisor de tensión.....	60
Ecuación 3.6: Bit menos significativo del convertidor analógico - digital ..	70
Ecuación 3.7: Resolución del convertidor analógico - digital.....	71
Ecuación 3.8: Ley de OHM para resistencia	89
Ecuación 3.9: Voltaje de polarización del transistor	92
Ecuación 3.10: Factor de ganancia del transistor	92
Ecuación 3.11: Ley de OHM para corriente	93

RESUMEN

La investigación realizada en el presente trabajo de grado consiste en implementar un modelo de encendido óptico aplicado en vehículos automotores con el propósito de analizar sus características de operación, comportamiento, desempeño y prestaciones en el ámbito concerniente.

Se desarrolla el análisis metodológico de la investigación para iniciar con la determinación del problema, considerando los parámetros necesarios para ejecutar el diseño, construcción e implementación de la estructura.

Mediante la intervención de la informática se permite elaborar de manera tentativa el adecuado pronóstico de funcionamiento de subsistemas que arrojaran como resultado la actividad correcta del equipo.

Finalmente se desarrollan las respectivas pruebas y demás mediciones que permitan valorar el cumplimiento, funcionalidad del sistema diseñado, incluyéndose las debidas guías de práctica para la utilización y aprovechamiento óptimo del simulador.

PALABRAS CLAVE: SISTEMAS DE ENCENDIDO, ENCENDIDO ÓPTICO, OSCIOGRAMAS DE ENCENDIDO, ENCENDIDO ELECTRÓNICO.

ABSTRACT

The research conducted in this graduation work is to implement an optical ignition model applied on motor vehicles for the purpose of analyzing their operating characteristics, behavior, and performance benefits in the field concerned.

Methodological analysis of research to start with determining the problem develops, considering the parameters needed to execute the design, construction and implementation of the structure.

Through the intervention of the computer is allowed tentatively develop adequate prognosis subsystems operating correctly throw result computer activity.

Finally the respective tests and other measurements for evaluating the performance and functionality of the designed system are developed, including practical guidelines for proper use and optimum utilization of the simulator.

KEYWORDS: IGNITION SYSTEMS, OPTICAL IGNITION, IGNITION OSCILLOGRAMS, ELECTRONIC IGNITION.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la tecnología automotriz se aplica la electrónica. Cada vez las marcas automotrices necesitan tener un margen más competitivo en el mercado, la elección tiene que ver con el automotor que mejores prestaciones brinde a sus usuarios: mayor vida útil, reducción de visitas al concesionario, seguridad y que sobre todo cumpla con regulaciones referidas a límites de contaminación ambiental; esta variable tiene su raíz en la efectividad con la que se inflama el combustible, que depende del sistema de encendido. De esto partimos hacia la construcción de un simulador de encendido óptico que muestre las ventajas de la sustitución de partes mecánicas por partes electrónicas en dicho sistema.

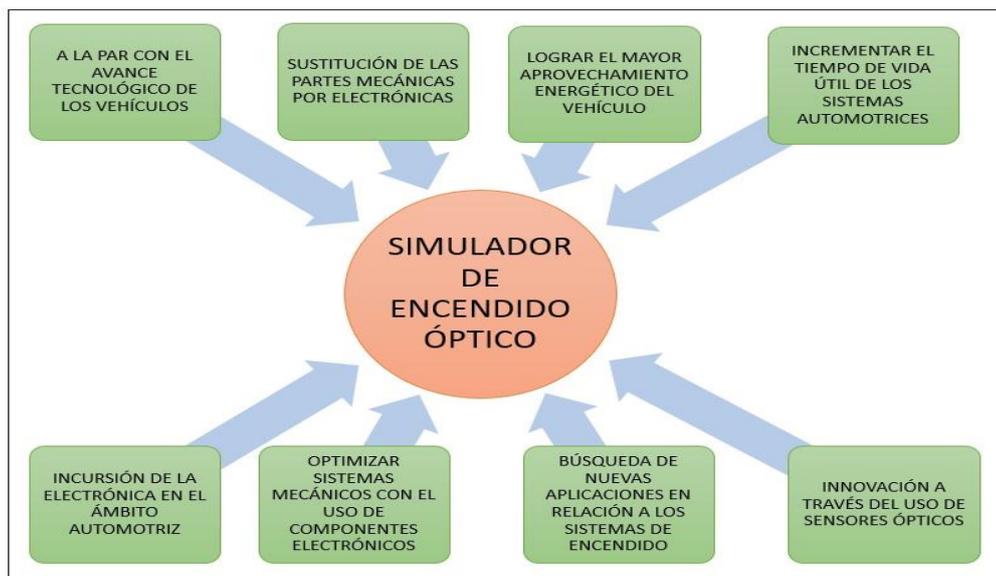


Figura 1.1: Árbol del problema

Fuente: Ortiz A., Erazo G.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El hecho de observar el avance de la industria automotriz en todos los sistemas del vehículo, se debe a la aplicación en gran magnitud de la Electrónica que logra un mejor desempeño y confiabilidad de los conjuntos que anteriormente eran mecánicos.

(Pérez, M. 2011) “Hablar del sistema de encendido tradicional de un automovil es tener en cuenta que desde los años 20 hasta los 80 no ha tenido cambios muy radicales en su funcionamiento”.

(Crouse, 2005) “Existe una gran variedad de conjuntos que provocan la combustion de la mezcla aire-combustible, aunque todos pueden diferir en construccion y en operación, todos hacen el mismo trabajo al producir y distribuir en el instante correcto oscilaciones de alto voltaje hacia las bujias”.

La construcción de un simulador de encendido óptico deja abierta la posibilidad de que futuros profesionales y personas en general experimenten en laboratorio la interacción de la electrónica automotriz que nació unos años atrás y se ve reflejada en el adelanto científico aplicado en los medios de transporte que utilizamos a diario.

La importancia del presente trabajo de investigación se basa justamente en la aplicabilidad de nuevos conocimientos partiendo de la práctica, así como la experimentación con nuevas tecnologías que sustituyan partes y funciones que presenten bajo desempeño no solo en un vehículo sino también en cualquier máquina y/o componente industrial.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir un simulador de encendido óptico para el Laboratorio de Autotrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Emplear software de especialidad en el diseño del sistema eléctrico y electrónico de la aplicación.
- Seleccionar componentes eléctricos y electrónicos para el desarrollo del simulador.
- Efectuar las correspondientes pruebas de funcionamiento mediante el uso de equipos de medición y diagnóstico.

1.4. ÁREA DE INFLUENCIA

- PROVINCIA: Cotopaxi
- CANTÓN: Latacunga
- Parroquia: La Matriz
- Institución: Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Latacunga
- Departamento: Energía y Mecánica
- Laboratorio: Autotrónica

1.5. HIPÓTESIS

- La implementación de un sistema de encendido óptico permitirá obtener los parámetros necesarios de desempeño y su influencia en el motor de combustión interna, obteniendo resultados que puedan ser difundidos en el aspecto académico.

1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. VARIABLE DEPENDIENTE

- Simulador de encendido óptico.

1.6.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Parámetros de desempeño.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. EL SISTEMA DE ENCENDIDO

2.1.1. GENERALIDADES

Todo sistema de encendido debe cumplir a cabalidad con los requisitos que se pueden ver en la figura a continuación:

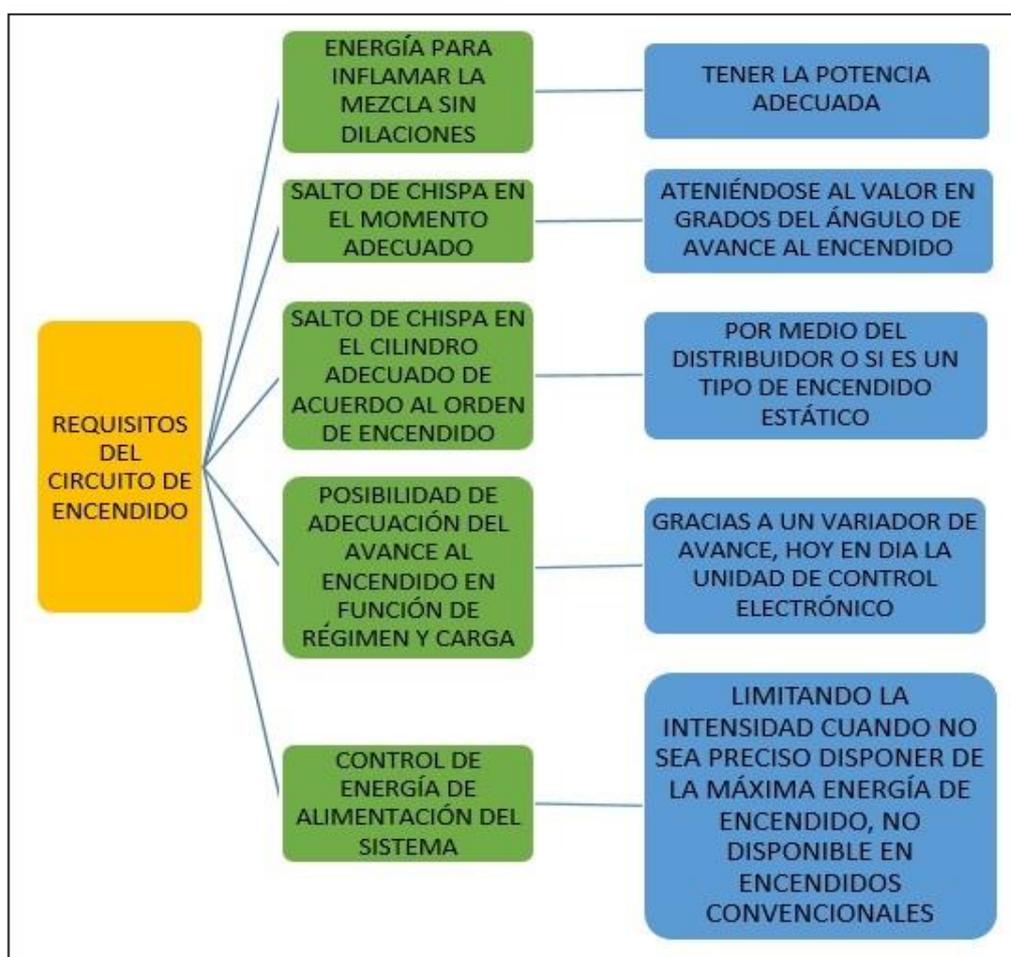


Figura 2.1: Requisitos del encendido

Fuente: Pérez, M. 2011

2.1.2. FINALIDAD DEL SISTEMA DE ENCENDIDO

(Crouse, 2005) “La finalidad del sistema de encendido es encender la mezcla comprimida de aire y combustible de las cámaras de combustión del motor. Para que ocurra en el momento correcto, el sistema de encendido entrega una chispa eléctrica que salta un espacio en los extremos de los electrodos de las bujías, que sobresalen dentro de las cámaras de combustión. El calor de este arco enciende la mezcla comprimida, que al quemarse crea una presión que empuja los pistones hacia abajo de los cilindros, de manera que el motor funciona”.

2.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ENCENDIDO

(Pérez, M. 2011) “Cuando se cierra la llave de contacto, la corriente de batería alimenta el arrollamiento primario de la bobina, siempre y cuando los contactos del ruptor estén cerrados, de tal forma que los electrones puedan retornar a masa.

El paso de la corriente por el primario hace que se genere en el mismo un campo magnético, si bien, debido a los efectos de la autoinducción, el campo magnético creado se opone a la circulación de corriente. Ello hace que la saturación del campo magnético se demore en el tiempo más de lo deseado.

Al mismo tiempo esta variación de flujo genera una fuerza electromotriz en el secundario, si bien, no con la suficiente energía como para hacer saltar la chispa en la bujía. Ello es debido a que el flujo inicial del campo magnético inductor es muy bajo, próximo a cero.

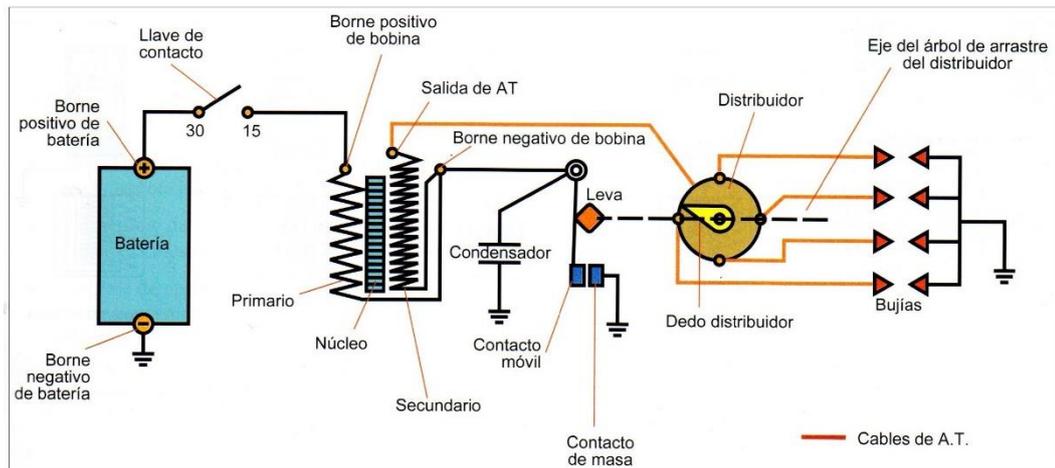


Figura 2.2: Componentes del sistema de encendido

Fuente: Pérez, M. 2011

Seguidamente, cuando el motor en su giro acciona el distribuidor, la leva de éste abre los contactos del ruptor, interrumpiéndose la circulación de corriente por el primario. Por los efectos de la autoinducción, se genera la llamada corriente de ruptura, que es absorbida por el condensador. Esto además acelera la interrupción del paso de corriente a través de los contactos.

La interrupción del paso de corriente por el primario, hace que el campo magnético creado desaparezca rápidamente, a lo cual contribuye decisivamente el condensador. Por tanto, la variación de flujo, al pasar desde el valor de saturación hasta cero provoca que se induzca una f.e.m. en ambos arrollamientos, oscilando entre 100 y 300 voltios en el primario, y aplicando la relación de transformación de la bobina (en torno a 100), unos 10000 a 30000 voltios en el secundario.

Gran parte de esa energía es necesaria para crear el arco eléctrico entre los dos electrodos, utilizándose la restante para que la chispa perdure en el tiempo lo suficiente como para que la mezcla se inflame correctamente. En la práctica, debido a ello, la tensión máxima aplicada entre los

electrodos de la bujía, oscila entre 10 y 15 kV. También influye el hecho de que parte de la energía se pierde entre el arco eléctrico que se ha de generar entre el dedo distribuidor y los terminales de alta tensión de la tapa. La energía acumulada en el condensador es devuelta al circuito cuando los contactos se cierran, disipándose en forma de calor. Seguidamente comienza un nuevo ciclo de funcionamiento”.

2.3. PARTES DEL SISTEMA DE ENCENDIDO

(Pérez, M. 2011) “Una vez que se ha visto el funcionamiento del sistema de encendido se procederá a continuación a ver las funciones de cada parte de este conjunto:

- **Batería:** Es la encargada de alimentar al circuito, proporcionando, salvo raras excepciones, una tensión nominal de 12 voltios, que en la práctica ascienden a un valor, en torno a 13.6 voltios.

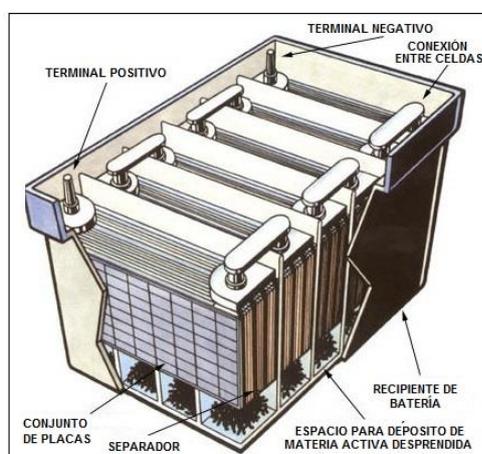


Figura 2.3: Estructura interna de una batería

Fuente: Bosch, 2013

- **Llave de contacto:** Es el principal interruptor eléctrico del vehículo, controlando no solo la apertura y cierre del circuito de encendido, sino la de muchos otros circuitos.

Al terminal de salida de corriente, en la denominada posición de contacto, se le designa con el número 15, mientras que al de entrada de corriente directa desde batería se le designa con el número 30.



Figura 2.4: Llave de encendido

Fuente: Pérez, M. 2011

- **Bobina:** Su función es transformar la tensión de batería, haciendo que su valor se incremente lo suficiente, como para permitir el salto de la chispa en la bujía.

En su interior se dispone el núcleo, formado por una sucesión de chapas magnéticas, cuya función es potenciar los efectos del campo magnético producido por el paso de corriente a través del primario.

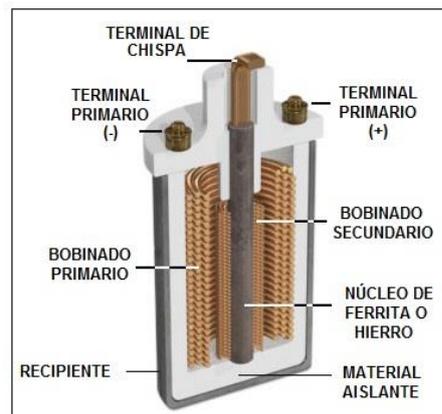


Figura 2.5: Bobina de encendido

Fuente: López, J. 2007

- **El ruptor:** Su función es controlar la apertura o cierre del circuito de alimentación del primario de la bobina, mediante la puesta a masa del mismo, para así provocar la variación de flujo que genere la alta tensión en el secundario.

También es conocido como platino debido al material usado anteriormente ya que hoy se utiliza tungsteno como material de recubrimiento.



Figura 2.6: Ruptor

Fuente: Pérez, M. 2011

- **Condensador:** Su función es absorber el arco eléctrico que se produce cuando los contactos empiezan a abrirse. En los primeros instantes, la distancia entre los mismos es mínima, por lo que se forma un arco eléctrico, no interrumpiéndose por tanto el paso de corriente por el primario, hasta que la separación entre ambos no es más acentuada.



Figura 2.7: Condensador

Fuente: Pérez, M. 2011

- **El distribuidor:** Es el encargado de efectuar la distribución de alta tensión a las respectivas bujías, según el orden de encendido.

Tabla 2.1: Orden de encendido de los motores

CONFIGURACIÓN DE CILINDROS	ORDEN DE ENCENDIDO
3 EN LÍNEA	1-3-2
4 EN LÍNEA	1-3-4-2
6 EN LÍNEA	1-5-3-6-2-4
6 EN "V"	1-2-3-4-5-6
8 EN "V"	1-8-4-3-6-5-7-2

Fuente: Booster, 2005

Este componente sirve de soporte y alojamiento del ruptor, condensador y mecanismos variadores de avance, además de al propio dedo

distribuidor. Dado que la firma comercial DELCO, fue la primera que utilizó esta configuración de componentes agrupados, al conjunto distribuidor se le conoce como delco.

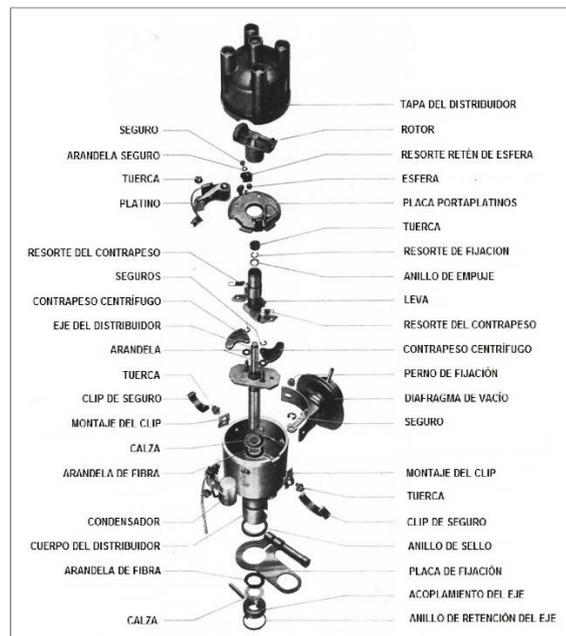


Figura 2.8: Distribuidor

Fuente: Booster, B. 2005

- **La bujía:** Es el elemento donde se produce la chispa y está en la cámara de combustión. Consta de dos partes metálicas aisladas entre sí mediante porcelana u otro material. La parte metálica exterior va atornillada a la culata, a continuación de la rosca hay una, o más “patillas” metálicas que se aproximan al eje central de la bujía son tocarla. La otra parte metálica es un eje central que recorre la bujía en toda su longitud y queda a una pequeña distancia de la/las patilla/s antes citadas. El conjunto de las dos partes metálicas que se sitúan dentro de la cámara de combustión, separadas por una distancia determinada, son los electrodos y la chispa se produce al saltar la corriente eléctrica de uno a otro.



Figura 2.9: Bujía de ignición

Fuente: Bosch, 2013

En función de la separación entre electrodos, condiciones de mezcla, temperatura y otros detalles hará falta un valor de tensión (voltios) determinada para poder provocar el salto de chispa”.

2.4. TIEMPO DEL ENCENDIDO Y AVANCE DE LA CHIPA

(Pérez, M. 2011) “En los motores resulta necesario adecuar el avance al encendido a las condiciones de funcionamiento del motor. En la práctica se observa la necesidad de que la chispa salte en la bujía, unos instantes antes de que el pistón llegue al Punto Muerto Superior, para así compensar la demora en la combustión, de tal forma que ésta se lleva a cabo cuando el pistón se encuentra en las proximidades del PMS. Por tanto, el incremento de volumen en la cavidad volumétrica es menor, por lo que la caída de presión, resultante de dicho incremento de volumen, se ve atenuada en gran parte.

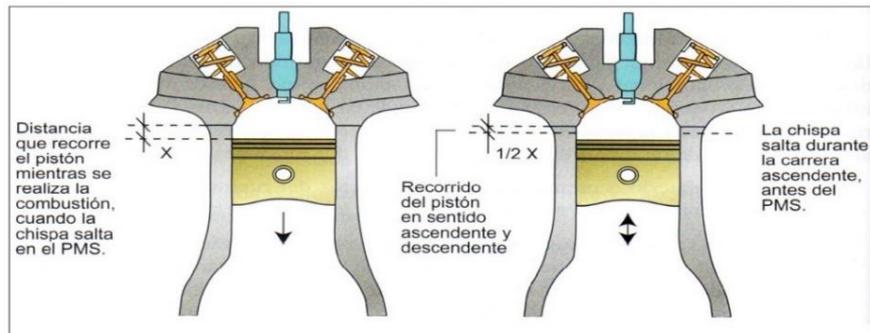


Figura 2.10: Avance al encendido

Fuente: Pérez, M. 2011

Generalmente existen dos tipos de sistemas de avance y son:

2.4.1. AVANCE CENTRÍFUGO

(Crouse, 2005) “Este mecanismo avanza la chispa hacia adelante empujando la leva del ruptor conforme se incrementa la velocidad del motor. Este movimiento lo proporcionan dos contrapesos de avance, dos resortes de contrapeso t un ensamble de la leva.

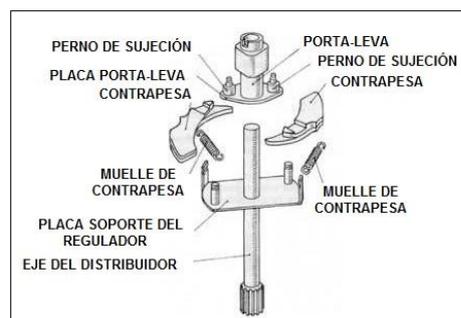


Figura 2.11: Avance centrífugo

Fuente: Crouse, 2005

El ensamble de la leva incluye la leva del ruptor y una leva de avance de forma ovalada. A baja velocidad, los resortes sujetan los contrapesos hacia el centro y conforme se incrementa la velocidad del motor, la fuerza centrífuga hace que los contrapesos venzan la fuerza de los resortes y giren

hacia afuera, lo que empuja el ensamble de la leva hacia adelante. Los platinos y el circuito primario entonces se abren y se cierran antes, avanzando la chispa, el resultado es una mayor potencia”.

2.4.2. AVANCE POR VACÍO

(Crouse, 2005) “Cuando la mariposa del acelerador está parcialmente abierta, se desarrolla un vacío parcial en el múltiple de admisión, con lo que menos mezcla de aire combustible llega a los cilindros. Entonces el combustible se quema más lento una vez encendido. La chispa debe ser avanzada a acelerador parcial para darle a la mezcla más tiempo para quemarse.

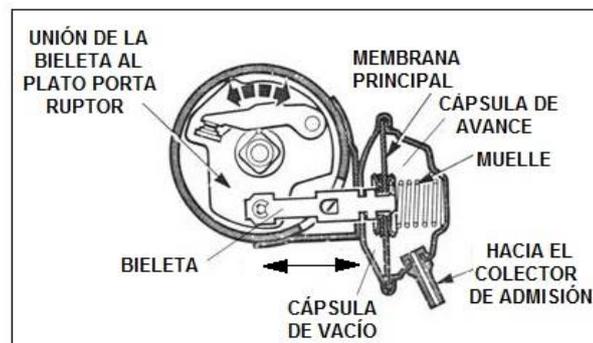


Figura 2.12: Avance por vacío

Fuente: Crouse, 2005

El mecanismo de avance por vacío avanza el tiempo de la chispa desplazando la posición de la placa del ruptor. La unidad de avance por vacío tiene un diafragma acoplado por la placa del ruptor y un pasaje de vacío conecta el diafragma con un puerto justo por encima de la válvula del acelerador cerrada.

Cuando la mariposa del acelerador se mueve más allá del puerto de vacío, el vacío del múltiple de admisión tira del diafragma, lo que hace girar la placa del ruptor de manera que los platinos y el circuito primario se abran y se cierren antes.

El avance de vacío mejora la economía de combustible pero también incrementa las emisiones al escape”.

(Pérez, M. 2011) “Para finalizar podemos ver en la *figura 2.13* un cuadro comparativo entre ambos tipos de sistemas de avance, los datos hacen referencia al distribuidor, por lo que cada grado y cada rpm adquieren un valor doble al trasladarse al cigüeñal, ya que su velocidad es dos veces mayor. Las líneas negras a ambos lados de la oja indican el margen de tolerancia”.

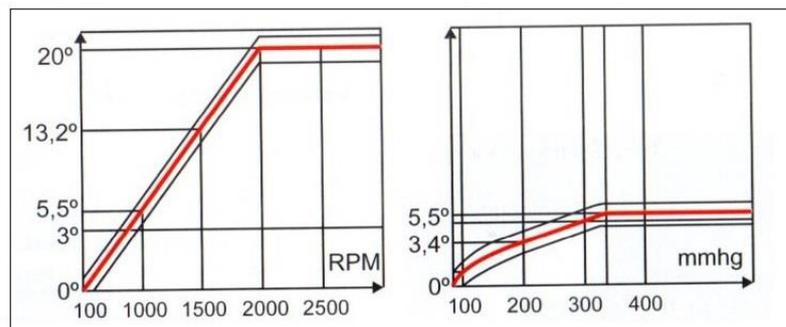


Figura 2.13: Curvas de avance al encendido

Fuente: Pérez, M. 2011

2.5. ÁNGULOS DE LA LEVA

(López, J. 2007) “La forma de la leva es la de un polígono regular: cuadrada en un motor tetra cilíndrico, hexagonal en un motor de seis, octogonal para un motor 8 cilindros, etc. con sus vértices redondeados, los cuales según la forma de su vértice, determina el ángulo de apertura y cierre de los contactos del ruptor. Como en cada revolución de leva (360° de giro) tiene que abrirse y cerrarse los contactos del ruptor tantas veces como cilindros tenga el motor, el número de vértices de la leva estará en función del

número de cilindros, lo cual determina el ángulo disponible durante el cual debe efectuarse un ciclo de funcionamiento de la bobina.

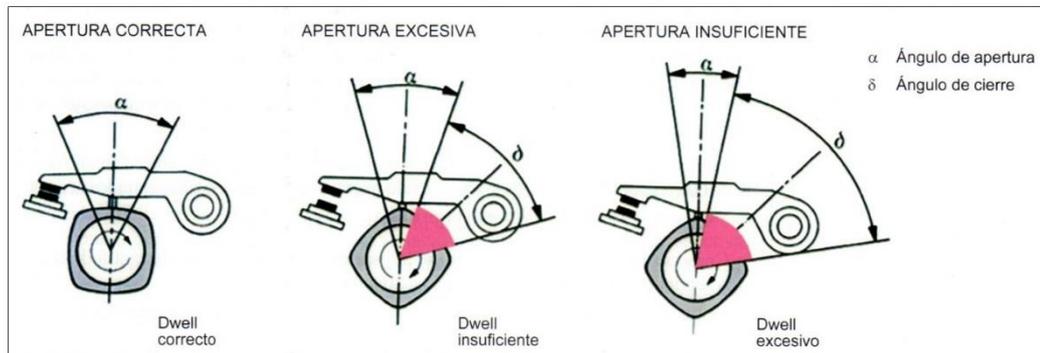


Figura 2.14: Ángulo dwell

Fuente: Pérez, M. 2011

El ángulo disponible es el resultado de dividir 360° entre el número de cilindros del motor. Para un motor de 4 cilindros tenemos un ángulo disponible de 90° , este ángulo a su vez se divide en dos ángulos:

- **El ángulo de cierre:** es el determinado por el cierre de los contactos del ruptor.
- **El ángulo de apertura:** es el determinado por la apertura de los contactos del ruptor.

Ambos ángulos están íntimamente ligados en el funcionamiento del circuito de encendido, ya que durante el tiempo de cierre la corriente primaria está excitando el núcleo de la bobina para crear el campo magnético inductor; por lo tanto cuanto mayor es el tiempo de cierre, mayor será la tensión que se induce en el secundario de la bobina por lo tanto mayor será la alta tensión que se genera. Por otra parte, al ser menor el tiempo de apertura, la variación de flujo es más rápida y, por tanto, también la alta tensión generada en el secundario.

2.6. TIPOS DE SISTEMAS DE ENCENDIDO

2.6.1. ENCENDIDO CONVENCIONAL

(Alonso, J. 2000) “El encendido clásico o convencional que se puede ver en la *figura 2.14* destaca particularmente: un ruptor o platino, de accionamiento mecánico, que hace posible la transformación de tensión en la bobina de encendido, un condensador que protege a los contactos del ruptor a la vez que potencia la chispa y unos dispositivos de variación del avance, que modifican el momento del salto de chispa en función de las condiciones de funcionamiento del motor.

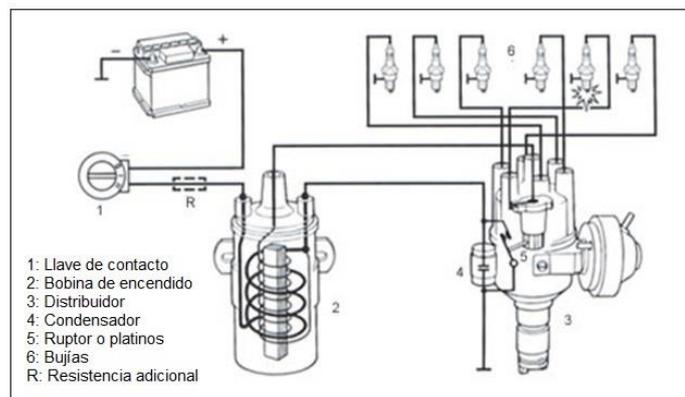


Figura 2.15: Encendido convencional

Fuente: Crouse, 2005

Este es el más sencillo de los sistemas de encendido por bobina, en él se cumplen todas las funciones que se le piden a estos dispositivos. Es capaz de generar 20.000 chispas por minuto, es decir, alimenta fácilmente un motor de cuatro tiempos a 10.000 rpm; aunque para motores de 6, 8, 10 y 12 cilindros ocasiona problemas”.

2.6.2. ENCENDIDO CONVENCIONAL TRANSISTORIZADO

(Bosch, 2013) “En los sistemas de encendido transistorizados vamos a encontrar a éste transistor ubicado entre la bobina y el ruptor y tiene como función dividir la corriente de la batería en una de baja tensión para el ruptor y otra mayor para la parte negativa de la bobina.

El efecto que produce el transistor tiene grandes ventajas como un menor consumo de combustible, mayor vida útil de los contactos del ruptor, mejor potencia en la chispa y se puede prescindir del condensador ubicado en el ruptor. Existe una mayor tensión disponible en las bujías, especialmente en los altos regímenes del motor. Utilizando un rotor de reducido rebote de contactos, puede conseguirse que este sistema trabaje sin perturbaciones hasta 24.000 chispas por minuto”.

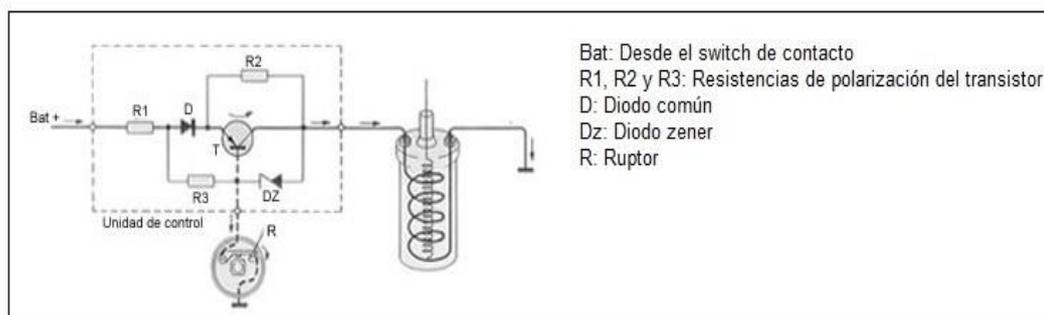


Figura 2.16: Sistema de encendido convencional transistorizado

Fuente: Crouse, 2005

(Booster, B. 2005) “El ruptor no está sometido a grandes cargas de corriente eléctrica por lo que su duración es mucho mayor, lo que disminuye el mantenimiento y las averías de éste tipo de encendido. Se suprime el condensador”.

2.6.3. ENCENDIDO ELECTRÓNICO SIN CONTACTOS

(Booster, B. 2005) “Estos modelos satisfacen exigencias aún mayores. El ruptor se sustituye por un generador de impulsos (“inductivo” o de “efecto Hall”) que están exentos de mantenimiento.

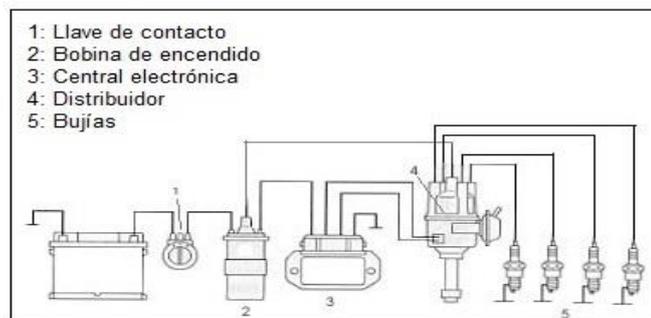


Figura 2.17: Sistema de encendido electrónico sin contactos

Fuente: Crouse, 2005

Las formas de onda en ambos tipos de generadores son las siguientes:

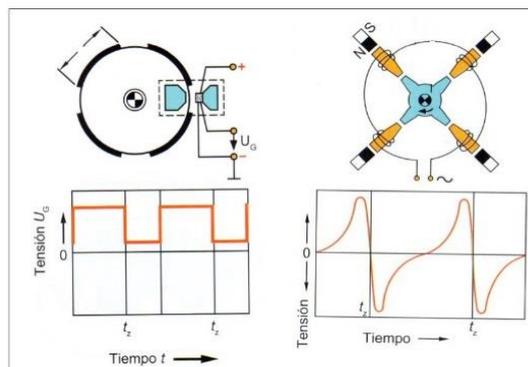


Figura 2.18: Oscilogramas Hall e Inductivo

Fuente: Pérez, M. 2011

La estructura básica de un sistema de encendido donde se ve que la corriente que atraviesa el primario de la bobina es controlada por un transistor “T”, que a su vez está controlado por un circuito electrónico, cuyos impulsos de mando determinan la conducción o bloqueo del transistor.

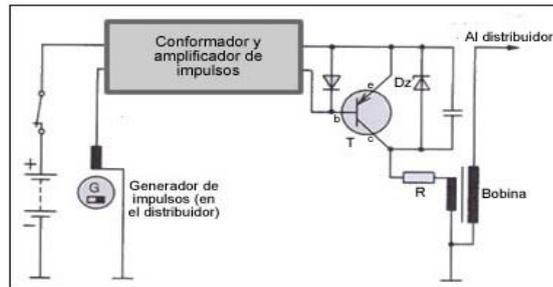


Figura 2.19: Estructura básica de un encendido electrónico

Fuente: Alonso, J. 2000

El generador de impulsos “G” es capaz de crear señales eléctricas en función de la velocidad de giro del distribuidor que son enviadas al formador de impulsos, donde debidamente conformadas sirven para la señal de mando del transistor de conmutación.

El funcionamiento de este circuito consiste en poner la base de transistor de conmutación a masa por medio del circuito electrónico que lo acompaña, entonces el transistor conduce, pasando la corriente del primario de la bobina por la unión emisor-colector del mismo transistor. En el instante en el que uno de los cilindros del motor tenga que recibir la chispa de alta tensión, el generador “G” crea un impulso de tensión que es enviado al circuito electrónico, el cual lo aplica a la base del transistor, cortando la corriente del primario de la bobina y se genera así en el secundario de la bobina la alta tensión que hace saltar la chispa en la bujía. Pasado éste instante, la base del transistor es puesta nuevamente a masa por lo que se repite el ciclo”.

2.6.4. ENCENDIDO INTEGRAL

(Pérez, M. 2011) “En estos sistemas la gestión de la alimentación de la bobina, en lo que a su duración, intensidad, y lo que es más importante y lo diferencia de los sistemas vistos hasta ahora, el instante de corte de

alimentación, lo determina una central electrónica. Es decir el ángulo de avance al encendido es ajustado automáticamente por parte de la citada central. Se prescinde así de los variadores de avance.

La central se integra en un conjunto único con la bobina, la cual dispone de láminas metálicas que conforman el núcleo en el exterior, a diferencia de las bobinas tradicionales, que lo disponen en el interior. Para ello la central recibe información de los captadores o sensores conformando los parámetros de entrada a partir de los cuales determina el avance al encendido, la duración del ángulo de cierre así como la intensidad de corriente que alimenta al primario.

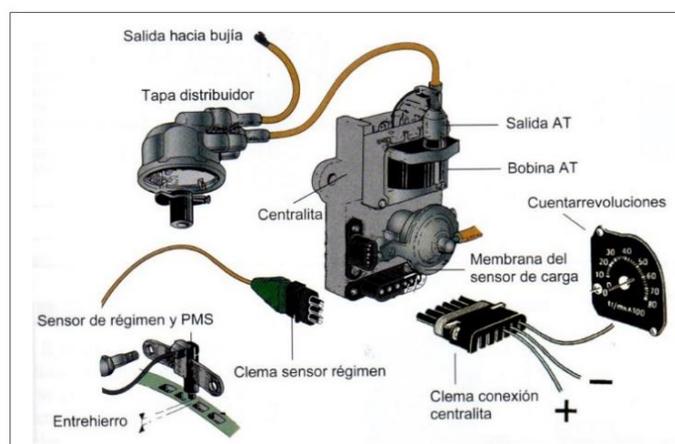


Figura 2.20: Encendido electrónico integral

Fuente: Pérez, M. 2011

Sus particularidades con respecto a los sistemas de encendido estudiados hasta ahora son el uso de parámetros como:

- Régimen de giro del motor: a través del sensor de régimen
- Posición del cigüeñal: a través del sensor PMS
- Estado de carga del motor: por medio del sensor MAP
- Tensión de batería
- Temperatura del motor: a través del ECT

- Temperatura del aire: mediante el IAT
- Detonación: gracias al KS o sensor de golpeteo
- Posición de la mariposa de gases
- Presión de sobrealimentación

Como en todos los sistemas gobernados por una computadora, ésta dispone de una programación, que es la que determina en este caso el mapa de encendido. Ya no puede hablarse de una curva de encendido puesto que intervienen más factores. Básicamente cuando coincida un cierto valor X de régimen de giro del motor, con un determinado valor Y de carga se generará una determinada señal de salida en la central, que establecerá tanto la duración del ángulo de cierre como el ángulo de avance al encendido.

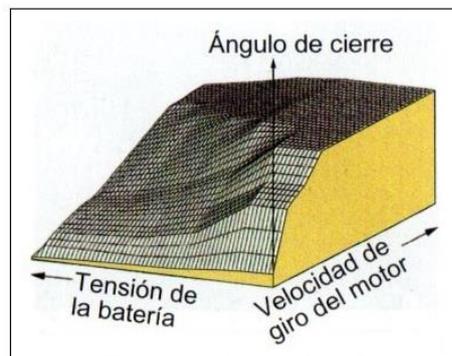


Figura 2.21: Mapa del ángulo de cierre

Fuente: Pérez, M. 2011

Para éste último resulta imprescindible la señal enviada por el captador PMS. En la práctica el resto de parámetros que incorpore el sistema intervienen también en la gestión, proporcionando un factor de corrección a las citadas señales de salida. En cuanto a la variación del porcentaje DWELL o ángulo de cierre, se efectúa de forma totalmente electrónica siendo la centralita la que determina la duración de la conexión del primario, mediante un mapa característico.

Este sistema ofrece ventajas particulares que son:

- Puesta a punto permanente del sistema: siempre en función de la programación de la centralita, tanto el ángulo de cierre como el de avance son siempre los más apropiados.
- Mapa de encendido discrecional: la curva de avance al encendido no tiene por qué ser una línea recta”.

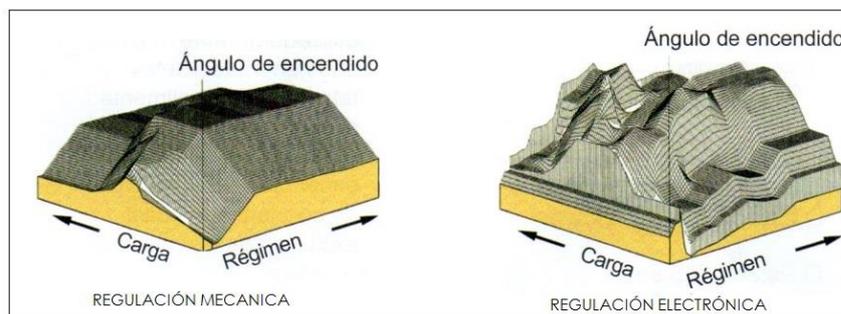


Figura 2.22: Mapas de encendido del motor

Fuente: Pérez, M. 2011

2.6.5. ENCENDIDO ELECTRÓNICO DIS

(Pérez, M. 2011) “En estos sistemas se prescinde del distribuidor, disminuyendo aun mas la posibilidad de desajuste o avería, intrínseca a todo elemento móvil sujeto a contacto físico. Se parte por tanto de sistemas integrales, si bien han existido modelos que no empleaban distribuidor en sistemas no integrales.

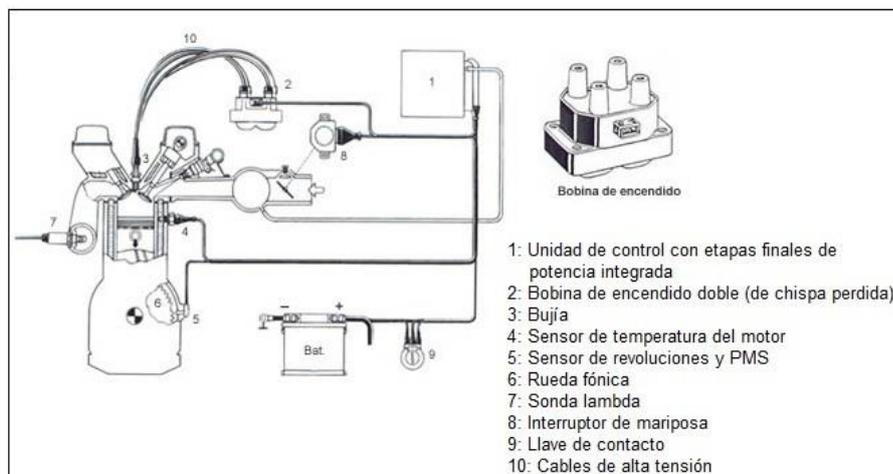


Figura 2.23: Encendido electrónico DIS

Fuente: Crouse, 2005

Este sistema conocido como DIS se emplea en vehículos a inyección. En este caso, una misma bobina puede abastecer a dos cilindros simultáneamente, si bien la combustión no se puede producir en ambos a la vez. Estas bobinas disponen de un arrollamiento secundario, cuyos dos extremos están conectados a sendos bornes de salida de alta tensión, aislada por tanto del primario. Por tanto, la chispa salta en dos bujías a la vez si bien en un cilindro se está efectuando el tiempo de escape y en el otro el de compresión.

En el primero (escape), la chispa se pierde, conociendo como chispa perdida, mientras que a través del segundo (compresión) se disipa toda la energía del secundario, siendo la chispa de mucha mayor intensidad. Ello se debe a que la mezcla comprimida y caliente presenta mucha mayor dificultad para el paso de la corriente, al haber mayor cantidad de aire, y actuar éste como un aislante.

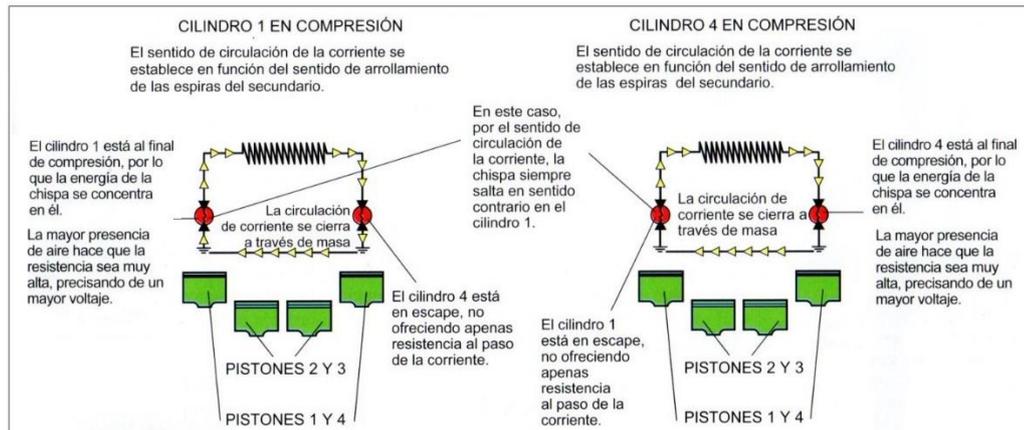


Figura 2.24: Sentido de la corriente en el módulo DIS

Fuente: Pérez, M. 2011

Según el sentido de arrollamiento del secundario, la alta tensión siempre circula en el mismo sentido, saltando la chispa en la primera bujía desde positivo a negativo. El circuito se cierra a través de la segunda bujía, saltando la chispa desde el electrodo de masa hacia el positivo. La mayor disipación de energía, y por tanto donde el voltaje alcanza un valor más alto, se produce siempre en el cilindro en compresión, ya que a mayor resistencia, el voltaje se incrementa.

Las ventajas del sistema DIS frente al sistema convencional son las siguientes:

- Mayor tiempo para que la bobina genere el suficiente campo magnético para hacer saltar la chispa que inflame la mezcla, lo que reduce el número de fallos de encendido a altas revoluciones en los cilindros por no ser suficiente la calidad de la chispa que impide inflamar la mezcla.
- Menor interferencias eléctricas del distribuidor por lo que se mejora la fiabilidad del funcionamiento del motor, las bobinas pueden ser colocadas cerca de las bujías con lo que se reduce la longitud de los cables de alta tensión, incluso se llegan a eliminar estos en algunos casos.

- Mayor margen para el control del encendido, por lo que se puede jugar con el avance al encendido con mayor precisión”.

2.6. SISTEMA DE ENCENDIDO ÓPTICO

2.6.1. FUNCIONAMIENTO

(Crouse, 2005) “Un fotodiodo o distribuidor óptico utiliza un rayo de luz para controlar el circuito primario. Óptico significa perteneciente o que utiliza la presencia o ausencia de luz para comunicar un voltaje aplicado conectándolo y desconectándolo. En el distribuidor, un diodo emisor de luz (LED) proporciona un rayo de luz.

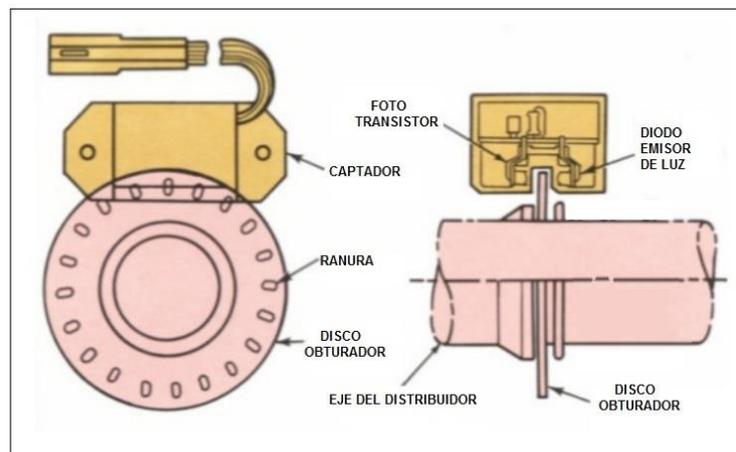


Figura 2.25: Captación en el distribuidor óptico

Fuente: López, J. 2007

Dos LED y dos fotodiodos se montan en lados opuestos de un disco ranurado que gira con la flecha del distribuidor.

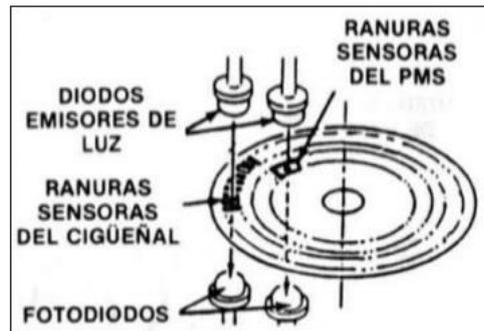


Figura 2.26: Componentes del sensor óptico

Fuente: Crouse, 2005

Cuando una ranura se mueve y se coloca por debajo del LED, el rayo de luz llega al fotodiodo. Este se activa y se mantiene así hasta que el disco en rotación bloquea al rayo de luz. Entonces el fotodiodo se conmuta a DESCONECTADO. Ésta conmutación de CONECTADO y DESCONECTADO crea un voltaje alterno en el fotodiodo.

Un circuito integrado en la unidad del sensor foto-óptico del distribuidor convierte el voltaje en pulsos CONECTADO-DESCONECTADO que proporcionan señales de la velocidad del motor y de la posición del cigüeñal directamente a la computadora del motor.

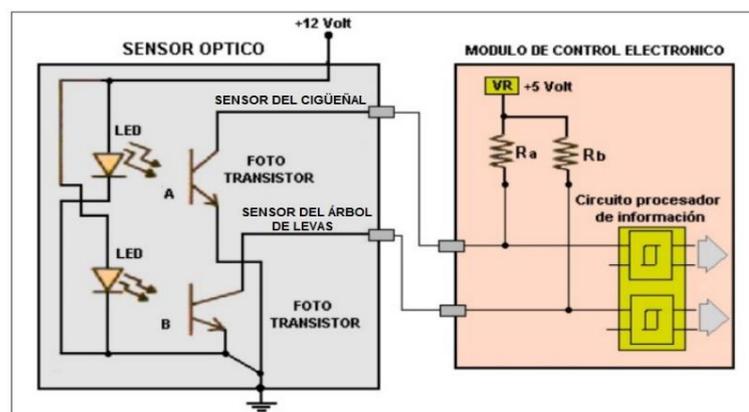


Figura 2.27: Manejo de señales del captador óptico

Fuente: López, J. 2007

No se utiliza un módulo de encendido por separado. La computadora del motor utiliza las señales para controlar la inyección de combustible, el tiempo del encendido y la velocidad de marcha en vacío.

El dispositivo sincronizador en el distribuidor es un disco delgado con dos juegos de ranuras. Cada juego de ranuras produce una señal de voltaje en uno de los fotodiodos. Las ranuras exteriores o de tasa elevada de datos aparecen cada dos grados de rotación del cigüeñal. La señal de esta ranura se utiliza para la detección de la posición del cigüeñal y el tiempo del encendido a velocidades del motor de hasta 1.200 rpm.

Un juego de ranuras interior o de tasa baja de datos tiene el mismo número de ranuras que el motor tiene de cilindros. Ésta señal indica la posición del punto muerto superior de cada pistón y dispara la inyección de combustible. También se utiliza esta señal para el tiempo del encendido a velocidades del motor superiores a 1.200 rpm.

Igual que en otros distribuidores, el rotor y la tapa del distribuidor entregan las oscilaciones de alto voltaje de la bobina del encendido a los cables de las bujías. Existe una cubierta en la carcasa del distribuidor por debajo del rotor que protege la unidad detectora contra daños por alto voltaje y el sistema óptico contra contaminación. En algunos motores de tipo V, el distribuidor óptico se monta directamente en la parte delantera del árbol de levas”.

(López, J. 2007) “Éste tipo de encendido es considerado uno de los sistemas de precisión mayormente usados en los vehículos de origen Japonés y Coreano durante la década de los noventas y principios del nuevo milenio ya que utiliza medios electrónicos de captación del cigüeñal y del árbol de levas del motor, los mismos que están gobernados por una central electrónica como las que se ha podido apreciar con anterioridad.

La placa giratoria está acoplada al eje del distribuidor o al árbol de levas. Contiene ranuras calibradas para proporcionar una sincronización de encendido precisa. La señal de alto rendimiento o de un grado (1°) se genera mediante 360 ranuras espaciadas uniformemente en la placa giratoria. Esta señal se usa para determinar la velocidad del motor (r.p.m.) y la información de la sincronización. La señal de bajo rendimiento o de $120^\circ/180^\circ$ se usan para detectar la posición del cigüeñal. Estas señales están espaciadas 90° para un motor de cuatro cilindros o 60° para motores de seis cilindros. Una de las ranuras de señalización de $120^\circ/180^\circ$ es más ancha que las demás de manera que la computadora del sistema de encendido conozca la posición del cilindro número 1”.



Figura 2.28: Lámina ranurada del sensor óptico

Fuente: Ortiz, A.

2.6.2. PARTES DEL SISTEMA DE ENCENDIDO ÓPTICO

(López, J. 2007) “Los elementos principales del sistema de encendido óptico se describen de la siguiente manera:

- Circuito primario:
 - a) Generador de señales por efecto óptico
 - b) Unidad de control electrónico
 - c) Bobina de encendido
- Circuito secundario:
 - a) Distribuidor de alto voltaje
 - b) Cables de alta tensión
 - c) Bujías



Figura 2.29: Partes del sistema de encendido óptico

Fuente: Alonso, 2000

2.6.3. VENTAJAS DEL ENCENDIDO ÓPTICO

Dentro de las ventajas del sistema de encendido óptico podemos citar las siguientes:

- Mayor durabilidad de componentes en vista de que el disparo para el encendido es óptico-electrónico, por lo tanto ya no existe desgaste.

- Mejor conducción de corriente ya que el sistema de potencia electrónico maneja una mayor cantidad de tensión frente al encendido por platinos.
- Se interrumpe de mejor manera el circuito primario a cualquier velocidad. Al usar platinos producen un arco eléctrico que al paso del tiempo los quema, además de que se produce una disminución del alto voltaje de salida al impedir una eficiente interrupción.
- Los desajustes en el tiempo de encendido se producen cuando se desgasta el bloque de fricción de los platinos, pues entonces éstos se cierran; y al tardar más tiempo en volver a abrirse, provocan que la chispa salte más tarde, con el encendido óptico no existen partes en fricción sujetas a desgaste.
- Mejor comportamiento a altas r.p.m. ya que el disparo es electrónico y no existe el rebote que se producía en los platinos.

2.6.4. DESVENTAJAS DEL ENCENDIDO ÓPTICO

Cuando se habla de un sistema electrónico que sustituye a un sistema mecánico por lo general se convierten desventajas en ventajas, no obstante cabe mencionar que ciertas desventajas quedan a flote o a su vez surgen pequeñas desventajas que podemos hacer mención a continuación:

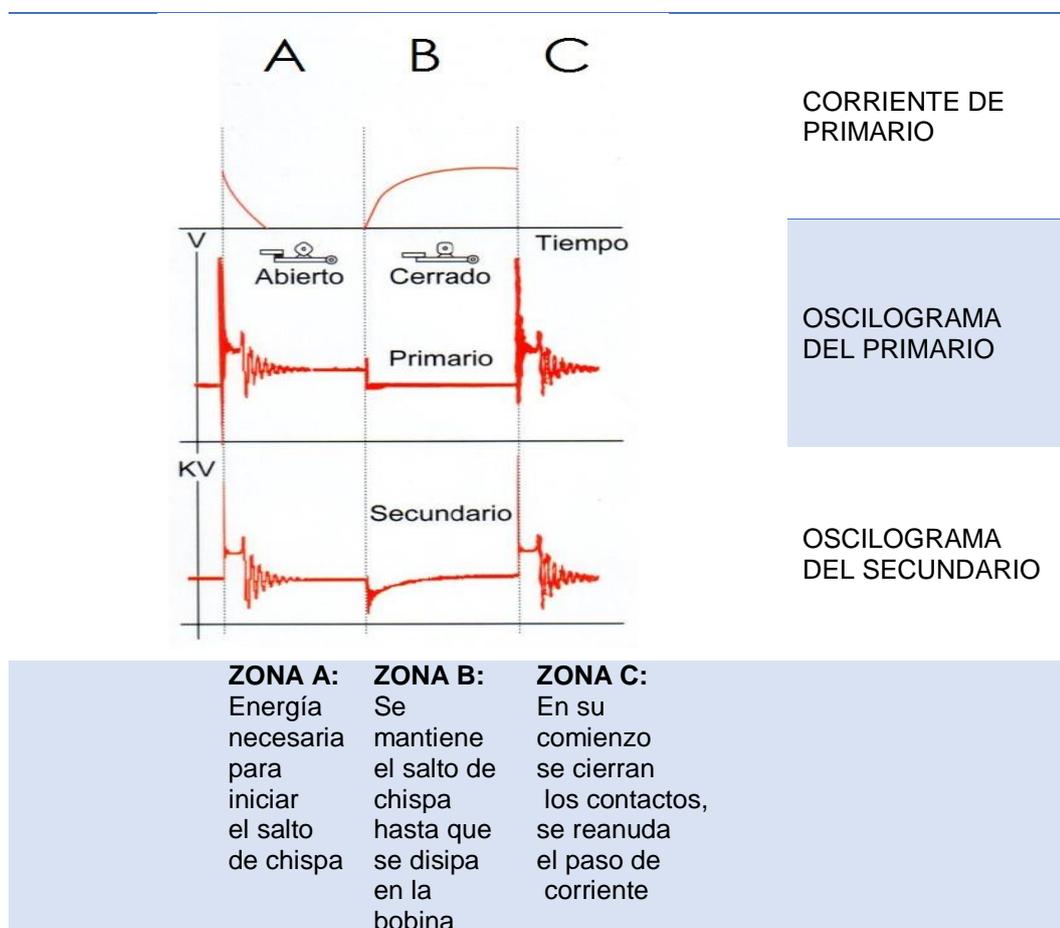
- El sistema de disparo deja de funcionar cuando se produce una lectura errónea en el disco ranurado que por lo general se genera cuando hay suciedad en el mismo. Muchas veces cuando se desgasta el retén del eje del distribuidor tiende a penetrar el aceite lubricante del motor al captador óptico y provoca la interferencia y malfuncionamiento del sistema.
- Es menester citar además que los componentes electrónicos son más caros que los mecánicos, sin embargo esto se compensa con una eficiencia a largo plazo.

- Otra de las desventajas es que únicamente el personal capacitado puede darle servicio a los vehículos con este sistema de encendido electrónico”.

2.7. INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE OSCIOGRAMAS DE ENCENDIDO

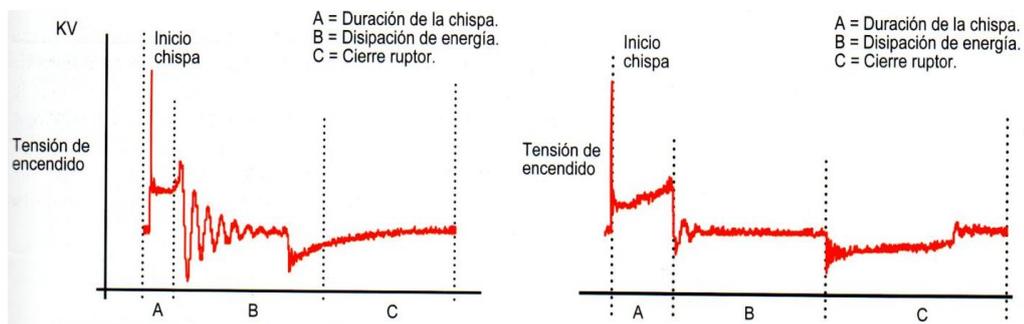
(Pérez, M. 2011) “Consiste en efectuar un estudio del circuito de encendido, separando el circuito de baja tensión o circuito primario del circuito de AT o circuito secundario”.

Tabla 2.2: Análisis de oscilogramas en encendidos convencionales



Fuente: Pérez, M. 2011

Tabla 2.3: Oscilogramas en encendidos electrónicos

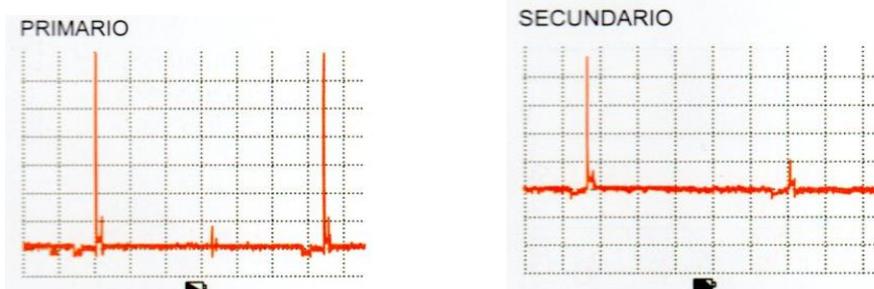


La mayor diferencia se establece en la duración de la chispa, considerablemente mayor, al disponerse de mas cantidad de energía. Por tanto la línea de chispa es más larga

Mayor duración de chispa se ve representada en la línea de chispa más larga, siendo en torno a 1,5 mseg. Las oscilaciones en el tramo intermedio son menores por la mayor precisión en la electrónica en el corte y la conexión del primario.

Fuente: Pérez, M. 2011

Tabla 2.4: Oscilogramas de encendido DIS

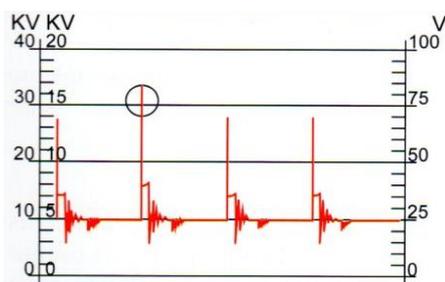


Por ser chispa perdida no hay diferencia entre ambos cilindros

El pico de tensión máxima es mucho menor en el cilindro que está en escape, por la menor resistencia que presenta al salto de chispa

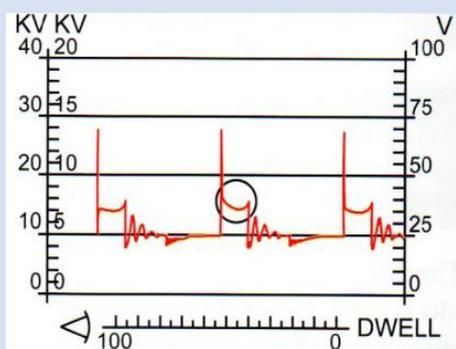
Fuente: Pérez, M. 2011

Tabla 2.5: Principales fallas del encendido



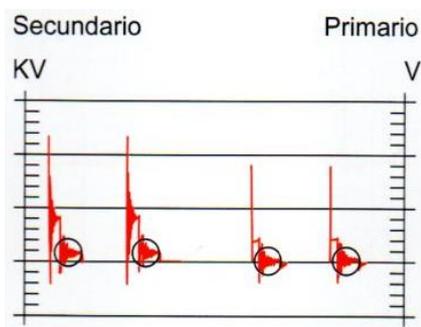
LÍNEA DE ENCENDIDO MUY ALTA

Debido al corte o disminución de sección en los cables de Alta tensión, el pico de tensión en el secundario es muy elevado, pudiendo llegar a desaparecer la línea de chispa. Las oscilaciones de bobina son numerosas y amplias, por cuanto pasa muy poca corriente a masa. Cuando no es tan alto se puede deber a una distancia de electrodos excesiva, suciedad o perlado en la bujía o también que el rotor esté situado a una distancia excesiva de los bornes de conexión de la tapa.



FUGAS DE CORRIENTE

Chispa con forma descendente en el secundario, se debe a una fuga de corriente por derivación (humedad, rotura del aislante, etc). También puede ser debido a suciedad o desgaste excesivo de bujías, tapa, rotor o cables de bujías.



ZONA INTERMEDIA IRREGULAR

Si aparecen más de 5 oscilaciones, es porque la capacidad del condensador es excesiva. Por el contrario, si aparecen 4 o menos oscilaciones es porque el condensador o la bobina están cortocircuitados.

Fuente: Pérez, M. 2011

CAPÍTULO III

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA

3.1. ESTRUCTURA DEL SIMULADOR

3.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Para la fase de diseño de la estructura del simulador se va a tomar en cuenta que la misma contendrá:

- Un soporte metálico
- Un pequeño anaquel de madera y,
- 4 Ruedas

3.1.2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

El modelado de la estructura se lo ha realizado en el programa AUTODESK INVENTOR 2013 en el cual podemos apreciar en una escala real el acabado del tablero tal cual nos muestra la figura siguiente. Cabe destacar también la funcionalidad del programa al permitirnos resaltar acabados de soldadura en la parte metálica del soporte del simulador. Las dimensiones del mismo podemos encontrarlas en el anexo A.



Figura 3.1: Diseño de la estructura

Fuentes: Ortiz, A.

3.1.3. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE

Para el tablero de madera se escogió el material MDF (Medium density fibreboard) de 15 mm. El cual nos resulta bastante manejable y se pueden realizar perforaciones y cortes sin que se afecte con notoriedad cualquier imperfección de su maquinado.

En cuanto al soporte se tomó en cuenta un perfil angular de $\frac{3}{4}$ de pulgada y 3 mm de espesor, se soldaron las partes que conforman el armazón con electrodos AGA E6011 y un amperaje de 120 amperios de una suelda de tipo SMAW.

Con el uso de una amoladora se eliminó cualquier tipo de escoria de la suelda y varias imperfecciones que presentaba al momento de revisar el acabado.

Finalmente, con la estructura lista, concluimos el trabajo de ensamble del simulador colocando fijamente sus componentes como se puede ver en la figura a continuación:



Figura 3.2: Ensamblaje del simulador y sus componentes

Fuente: Ortiz, A.

3.2. ETAPAS DE SIMULACIÓN

En la figura que se puede ver a continuación se clasifica las etapas que tiene el simulador.

Todo este sistema está alimentado por un voltaje de 110 voltios y será gobernado por etapas con el uso de microcontroladores y manejado por componentes electrónicos usuales.

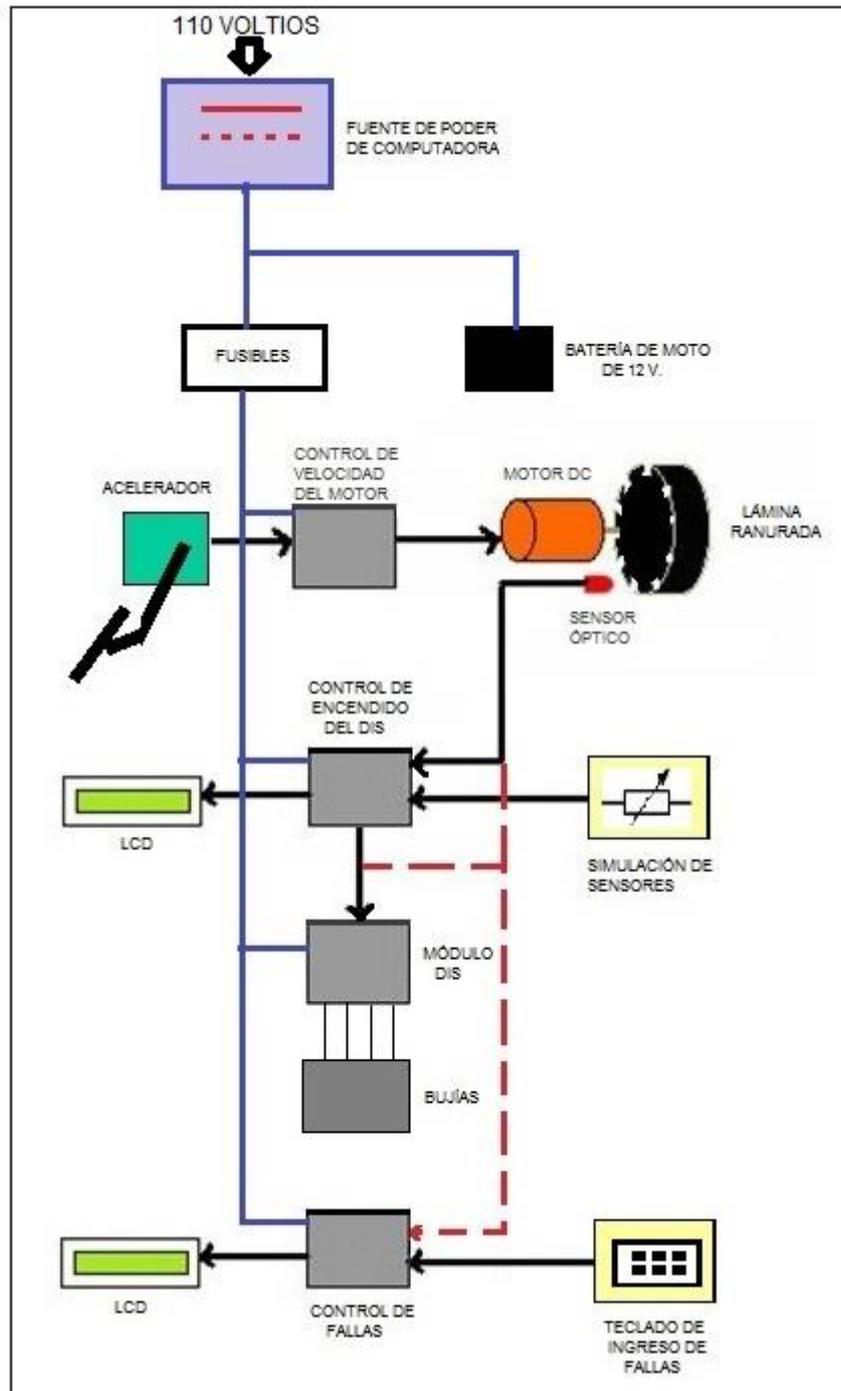


Figura 3.3: Etapas de simulación

Fuente: Ortiz, A.

3.3. GENERALIDADES DE LOS MICROCONTROLADORES

(Ibrahim, D. 2006) “En la actualidad contamos con una gran diversidad de microcontroladores que pueden ser utilizados para diversas aplicaciones. Realizando una clasificación inicial nos encontramos con las familias de la gama de 4, 8, 16 ó 32 bits. Si nos referimos a sus prestaciones, los de 16 y 32 bits son superiores que los de 4 y 8 bits. En realidad, los dispositivos de 8 bits dominan el mercado, pero los de 4 bits se resisten a desaparecer.

En cuanto a las técnicas de fabricación, se puede indicar que prácticamente la totalidad de los actuales microcontroladores se fabrican con tecnología CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor), esto trae como resultado una tecnología de muy bajo consumo y sobre todo una eficiente inmunidad al ruido.

3.3.1. ARQUITECTURA DE LOS MICROCONTROLADORES

Inicialmente tomaron la arquitectura clásica de Von Neumann, pero en la actualidad se adoptó la arquitectura Harvard. La arquitectura de Von Neumann se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control). La ventaja de la arquitectura Harvard es que dispone de dos memorias independientes, una que contiene sólo instrucciones y otra, sólo datos. Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de datos y es posible realizar operaciones de acceso simultáneamente en ambas memorias como se puede ver en la siguiente figura:

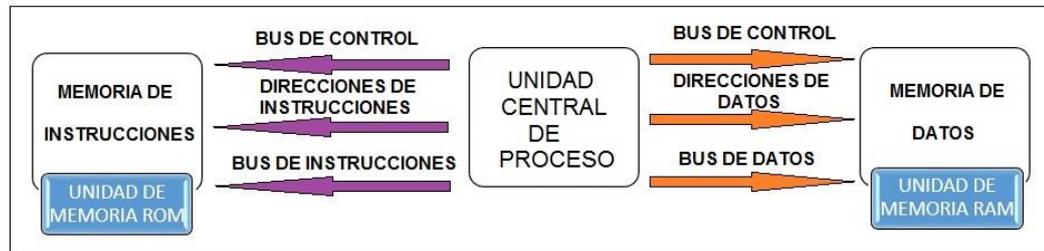


Figura 3.4: Arquitectura del microcontrolador

Fuente: Ibrahim, D. 2006

a) UNIDAD CENTRAL DE PROCESO

Constituye el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código de la instrucción en curso, decodificación y ejecución, además la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.

Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales.

CISC: Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (Computadores de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución. Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros.

RISC: Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están decantándose hacia la filosofía RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

SISC: En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es "específico", o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Específico)".

b) MEMORIA

La memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.

Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales, la primera es que no existen sistemas de almacenamiento masivo. Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria ROM, requiere de almacenar un único programa de trabajo.

La RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM.

Estos integrados trabajan habitualmente con capacidades de memoria ROM comprendidas entre 512 bytes y 8 Kbytes y de RAM comprendidas entre 20 y 512 bytes. Según el tipo de memoria ROM que se disponga, la aplicación y utilización de los mismos es diferente. Se describen las cinco versiones de memoria no volátil que se pueden encontrar en los microcontroladores del mercado:

ROM con máscara: es una memoria no volátil de sólo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. El elevado coste del diseño de la máscara sólo la hace aconsejable el empleo de los microcontroladores con este tipo de memoria, cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades.

OTP: el microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura "programable una sola vez" por el usuario o OTP (One Time Programmable). Es el usuario entonces, quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde un PC. OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas.

Tanto en este tipo de memoria como en la EPROM, se suele usar la encriptación mediante fusibles para proteger el código contenido.

EPROM: los microcontroladores que disponen de memoria EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde un PC. Si posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos. Las cápsulas son de material cerámico y son más caros que los microcontroladores con memoria OTP que están hechos con material plástico.

EEPROM: se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory). Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de un PC. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado. No disponen de ventana de cristal en la superficie.

Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse muchas veces sin ser retirados de dicho circuito, simplemente hay que dotarles de un medio de comunicación adecuada con el grabador. Generalmente se utilizan "grabadores en circuito" que confieren una gran flexibilidad y rapidez a la hora de realizar modificaciones en el programa de trabajo, bastaría con desmontar el PIC de un zócalo para colocarlo en el dispositivo.

El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es finito, por lo que no es recomendable una reprogramación continua. Son muy idóneos para la enseñanza y la Ingeniería de diseño.

FLASH: se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos y es más pequeña. A diferencia de la ROM, la memoria FLASH es programable en el circuito. Es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM.

La alternativa FLASH está recomendada frente a la EEPROM cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura/borrado. Las memorias EEPROM y FLASH son muy útiles al permitir que los microcontroladores que las incorporan

puedan ser reprogramados "en circuito", es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta.

c) PUERTOS DE ENTRADA Y SALIDA

La principal utilidad de los pines que posee el encapsulado que contiene un microcontrolador es soportar varias las líneas de entradas y salidas para comunicar al procesador interno con los periféricos exteriores. Según el número de controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

d) RELOJ

Todos los microcontroladores requieren de un circuito oscilador de reloj que genere una onda cuadrada de alta frecuencia, el mismo que se necesita para configurar los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema.

El circuito de reloj puede estar está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C".

e) RECURSOS ESPECIALES

(Ibrahim, D. 2006) “Los fabricantes ofertan numerosas versiones de una misma arquitectura básica de microcontrolador. En algunas de ellas, se amplía las capacidad de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor del diseñador será encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el coste, el hardware y el software.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:



Figura 3.5: Recursos especiales de los microcontroladores

Fuente: Ibrahim, D. 2006

f) LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN USADOS

Se detallan a continuación los lenguajes más usados debido a su entorno amigable con el usuario:

- **Ensamblador (Assembler):** La programación en lenguaje ensamblador puede resultar un tanto ardua para el principiante, pero permite desarrollar programas muy eficientes, ya que otorga al programador el dominio absoluto del sistema. Los fabricantes suelen

proporcionar el programa ensamblador de forma gratuita y en cualquier caso siempre se puede encontrar una versión gratuita para los microcontroladores más populares.

- **Compilación en alto nivel:** La programación en un lenguaje de alto nivel (como el “C” o el “Basic”) permite disminuir el tiempo de desarrollo de un producto. No obstante, si no se programa con cuidado, el código resultante puede ser mucho más ineficiente que el programado en ensamblador. Las versiones más potentes suelen ser muy costosas, aunque para los microcontroladores más populares pueden encontrarse versiones de demostración limitadas e incluso compiladores de forma gratuita”.

3.4. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.4.1. FUENTE DE PODER

Para la aplicación se ha utilizado una fuente de poder de computadora del tipo “conmutada” y la se puede ver en la figura:



Figura 3.6: Fuente de poder conmutada

Fuente: Ortiz, A.

Para poder utilizar un interruptor general que encienda y apague la fuente de poder lo único que se hace es conmutar a masa el terminal PS-ON que está con el color verde en el mazo de cables de la fuente.

Tabla 3.1: Colores de cables utilizados en la fuente de poder

ENTRADA	VOLTAJE		CORRIENTE		FRECUENCIA
		115V-230V		10A-6A	
SALIDA	5Vcc	12Vcc	5Vccsb	PS-ON	COM
	14A	23A	2A	REMOTE	RETURN
COLORES	AMARILLO	ROJO	AMARILLO	VERDE	NEGRO

Fuente: Ortiz, A.

Adicionalmente a la alimentación con la fuente conmutada se ha conectado en paralelo una batería de motocicleta de 12 voltios debido a que durante las pruebas del sistema se tuvo inconvenientes en lo que se refiere al ruido eléctrico producido principalmente por los paquetes de bobinas que contiene el módulo DIS. Como consecuencia de ésta afectación se produce el rizado en la señal continua el cual ocasiona el reseteo de los PIC's que se utilizaron.



Figura 3.7. Batería de moto

Fuente: Ortiz, A.

3.4.2. REGULACIÓN DE VOLTAJE

Para la aplicación se ha utilizado circuitos integrados que permiten la regulación de voltaje, los mismos han sido acoplados en cada placa de control tanto del control de velocidad del motor como en la placa de encendido del DIS y placa de control de fallas.

Todo esto con el fin de garantizar el suministro adecuado de voltaje y protección contra corto circuitos hacia los microcontroladores y demás dispositivos electrónicos.

Se ha utilizado un circuito integrado 7805 con la finalidad de obtener 5 voltios para alimentación de microcontroladores partiendo desde los 12 voltios que es el voltaje en general.

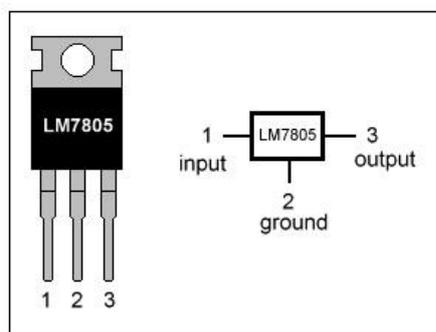


Figura 3.8: Pines del CI 7805

Fuente: Muhammad, R. 2004

A continuación podemos ver una tabla de características de dicho encapsulado:

Tabla 1Tabla 3.2: Características del CI 7805

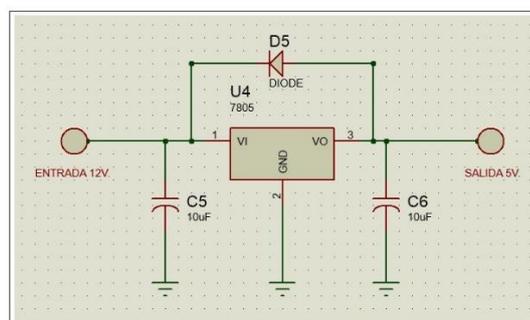
VOLTAJE DE SALIDA	+5Vdc
VOLTAJE DE ENTRADA	7-25Vdc
CORRIENTE MÁXIMA DE SALIDA	1A
TIPO DE ENCAPSULADO	T0-220

Fuente: Muhammad, R. 2004

Al chip se en mención se le puede poner un disipador de calor siempre y cuando se lo utilice a pleno consumo de corriente.

Se ha implementado además un circuito donde se utiliza un arreglo de condensadores que sirven para eliminar ruidos y poder estabilizar la señal de entrada en caso de que haya alguna interferencia y un diodo que impide la descarga del condensador C5 al momento de quitar el suministro de energía.

Podemos ver en la figura el circuito usado en las 3 placas que conforman el control electrónico del simulador.

**Figura 3.9: Regulación con CI 7805**

Fuente: Ortiz, A.

3.5. REGULACIÓN DE VELOCIDAD DEL DISCO RANURADO

3.5.1. PARÁMETROS DE DISEÑO Y SIMULACIÓN

Para generar el movimiento que va a tener el disco ranurado se ha utilizado un motor de corriente directa que simulará el movimiento que provendría del motor del vehículo, el mismo que tiene las siguientes características:

Tabla 3.3: Características del motor DC

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Voltaje Nominal (VDC)	3
Rango de voltaje (VDC)	1-3
Corriente a máxima eficiencia (A)	0.17
Velocidad a máxima eficiencia (RPM)	2104
Torque a máxima eficiencia (g-cm)	13.4

Fuente: www.jameco.com

La variación de velocidad del motor DC de 3 voltios se la hizo con un pequeño circuito que tiene como componente principal un PIC de 8 pines que trabaja como un modulador PWM (Modulación por ancho de pulso).

Dado que además el motor es de 3 voltios, se ha utilizado un regulador de voltaje LM317T el cual permitirá obtener dicho valor a partir de la alimentación de 5 voltios.

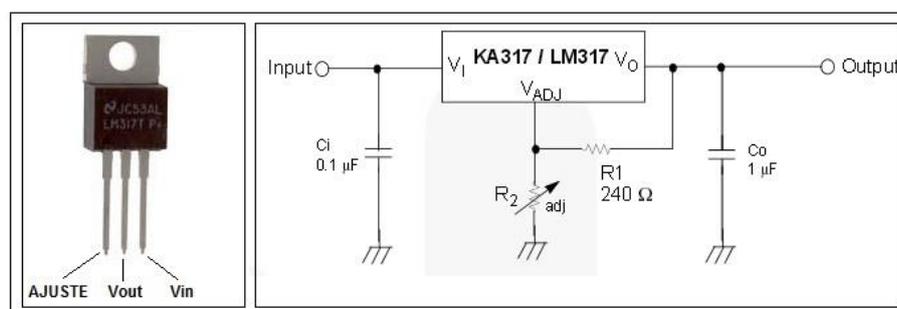


Figura 3.10: Diagrama de pines del LM317

Fuente: Fairchild, 2014

Se ha calculado entonces el valor de la resistencia R2 con la fórmula que el fabricante nos da:

$$V_{out} = 1.25V \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{adj}(R2) \quad \text{Ecuación (3.1)}$$

Donde:

V_{out} = voltaje requerido

I_{adj} = corriente del pin de ajuste

Por tanto:

$$R2 = \left(\frac{R1(V_{out} - 1.25V)}{1.25V + I_{adj} * R1} \right) \quad \text{Ecuación (3.2)}$$

En este caso el fabricante nos recomienda un valor de R1 de 240Ω y se indica un valor típico de la corriente en el pin de ajuste de 50 μA como se puede ver en la figura siguiente:

Parameter	Conditions	LM117 (2)				
		Min	Typ	Max	Units	
Reference Voltage	$3V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40V$, $10 \text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}^{(1)}$	1.20	1.25	1.30	V	
Line Regulation	$3V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40V^{(3)}$		0.01 0.02	0.02 0.05	%/V	
Load Regulation	$10 \text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}^{(1) (3)}$		0.1 0.3	0.3 1	%	
Thermal Regulation	20 ms Pulse		0.03	0.07	%/V	
Adjustment Pin Current			50	100	μA	
Adjustment Pin Current Change	$10 \text{ mA} \leq I_{OUT} \leq I_{MAX}^{(1)}$, $3V \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 40V$		0.2	5	μA	
Temperature Stability	$T_{MIN} \leq T_J \leq T_{MAX}$		1		%	
Minimum Load Current	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 40V$		3.5	5	mA	
Current Limit	$(V_{IN} - V_{OUT}) \leq 15V$	NDS Package	1.5	2.2	3.4	A
		NDT Package	0.5	0.8	1.8	
	$(V_{IN} - V_{OUT}) = 40V$	NDS Package		0.3	0.4	
		NDT Package		0.15	0.20	
RMS Output Noise, % of V_{OUT}	10 Hz $\leq f \leq$ 10 kHz		0.003		%	
Ripple Rejection Ratio	$V_{OUT} = 10V$, $f = 120 \text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 0 \mu F$		65		dB	
	$V_{OUT} = 10V$, $f = 120 \text{ Hz}$, $C_{ADJ} = 10 \mu F$		66	80	dB	
Long-Term Stability	$T_J = 125^\circ C$, 1000 hrs		0.3	1	%	
Thermal Resistance, θ_{JC} Junction-to-Case	NDS (TO-3) Package		2		$^\circ C/W$	
	NDT (TO) Package		21			
Thermal Resistance, θ_{JA} Junction-to-Ambient (No Heat Sink)	NDS (TO-3) Package		39		$^\circ C/W$	
	NDT (TO) Package		186			

Figura 3.11: Características eléctricas del LM317

Fuente: Fairchild, 2014

Con estos datos se ha procedido a calcular el valor de R2:

$$R2 = \left(\frac{240\Omega(3V - 1.25V)}{1.25V + 0.00005A * 240\Omega} \right)$$

$$R2 = 332.80\Omega$$

Finalmente se usará una resistencia de 330Ω para regular el voltaje de 3 voltios para el motor.

a) MODULACIÓN PWM:

(Muhammad, R. 2004) “La modulación PWM consiste en producir un pulso rectangular con un determinado ciclo de trabajo (DUTY CYCLE), éste ciclo de trabajo puede variar de 10 a 90%. En la siguiente figura se muestra un pulso con un ciclo de trabajo del 50%:

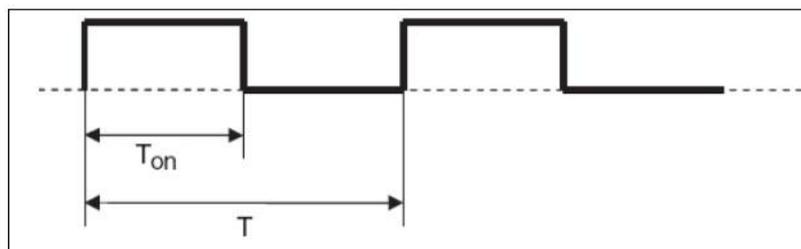


Figura 3.12: Pulso PWM con 50% de ciclo de trabajo

Fuente: Muhammad, R. 2004

es decir:

$$\text{Relación ciclo trabajo} = \frac{T_{on}}{T} \quad \text{Ecuación (3.3)}$$

Para el primer caso: $Tiempo\ de\ trabajo\ PWM = \frac{T_{on}}{T} = 0.5$

Para el la figura a continuación sería: $\frac{T_{on}}{T} = 0.1$

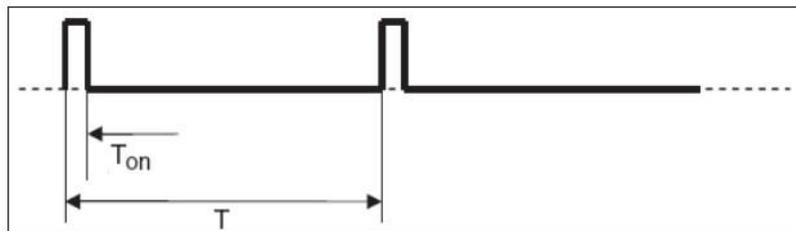


Figura 3.13: Pulso PWM con 10% de ciclo de trabajo

Fuente: Muhammad, R. 2004

Un ciclo de trabajo del 0% significa que la señal siempre está nivel bajo; y un ciclo de trabajo del 100% significa la señal siempre en nivel alto, el número de casos intermedios posibles es un número finito llamado resolución del PWM y se expresa como Log_2 (número de casos).

Por ejemplo si puede haber 256 ciclos de trabajo posibles se dice que el PWM tiene una resolución de 8 bits”.

Para el motor que se ha escogido nos indica que el régimen de rpm es de:

$$\omega = 2104 \text{ rpm}$$

Se puede expresar en términos de radianes por segundo:

$$\omega = 2104 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi \text{rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 220.33 \text{ rad/s}$$

Con este valor se calcula el periodo con la formula siguiente por tratarse de un movimiento circular uniforme:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{Ecuación (3.4)}$$

Donde:

$\omega = \text{velocidad angular}$

$T = \text{periodo}$

Entonces el periodo que es el tiempo en el que el rotor del motor demoraría en dar una vuelta completa:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$T = \frac{2\pi}{220.33 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$T = 0.028 \text{ S} = 28\text{mS}$$

Y si vamos a variar el ancho de pulso desde 10% a 90% de su duración simplemente en la programación del PIC se indicará que a menor velocidad el pulso sea del 10% de 28 milisegundos y para la máxima velocidad sea del 90% de 28 milisegundos.

Estas dos condiciones se las logra simplemente agregando retardos al tiempo en alto que tendrá la señal de salida del PIC utilizado cuya programación veremos más adelante.

b) SELECCIÓN DEL PIC 12F675

El PIC en mención fue seleccionado para realizar la función de un modulador PWM, es decir permanecerá con un tiempo determinado en estado alto (5 voltios) y otro tiempo en bajo (0 voltios) de acuerdo a la señal de ingreso de un potenciómetro que será monitoreado por el mismo conversor analógico/digital del PIC, entre las principales características que han motivado su elección están:

- **Encapsulado de apenas 8 pines:** quizá para otras aplicaciones será necesario ocupar poco espacio
- **Oscilador de cuarzo interno:** no hace falta implementar el circuito externo para este fin

- **Convertor analógico/digital interno:** en caso de haber usado otro dispositivo electrónico, hubiese existido la necesidad de utilizar un circuito integrado adicional que funcione como convertor
- **Pocas instrucciones de programación:** apenas 35 instrucciones para el manejo del PIC, en su mayoría son las instrucciones que siempre se ha usado en otros
- **Amplia capacidad de memoria de programa:** no se tendrá problemas al momento de elaborar un programa extenso
- **Memoria flash de tipo EEPROM de borrado eléctrico:** el borrado del programa se hace fácil, simplemente con el mismo programador de PIC's se logra el borrado en cuestión de segundos
- **Flancos negativos en la modulación:** es mucho mejor que el PIC genere este descenso de estado Alto a Bajo y no viceversa, con el fin de mejorar la efectividad y rapidez de la formación de la señal cuadrada

A continuación se presentan las características de este PIC frente a su predecesor, el cual tiene la única diferencia de que no posee convertor analógico/digital alguno:

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				
PIC12F629	1024	64	128	6	—	1	1/1
PIC12F675	1024	64	128	6	4	1	1/1

Figura 3.14: Características del PIC 12F675

Fuente: Microchip, 2003

c) ESTRUCTURA DEL PIC UTILIZADO

A continuación se muestra la conformación de pines del PIC 12F675 con una fotografía del mismo:

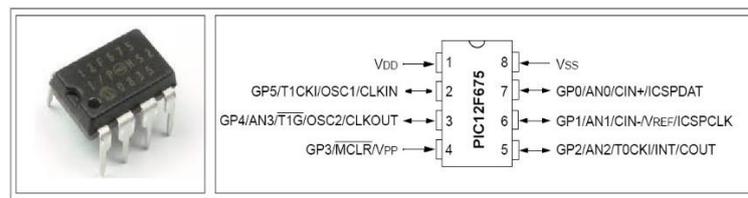


Figura 3.15: Diagrama de pines del PIC 12F675

Fuente: Microchip, 2003

d) SIMULACIÓN EN SOFTWARE PROTEUS

La simulación pre-ensamblaje del control de velocidad del motor DC de 3 voltios se la pudo desarrollar gracias al software “PROTEUS 8 Professional” el cual nos permite verificar el correcto funcionamiento de nuestro controlador.

Además se puede realizar el respectivo diseño del circuito impreso en la placa de baquelita y sobre todo revisar las formas de onda, voltajes y señales en cada etapa de simulación.

A continuación podemos observar el diagrama del circuito creado en el programa en mención:

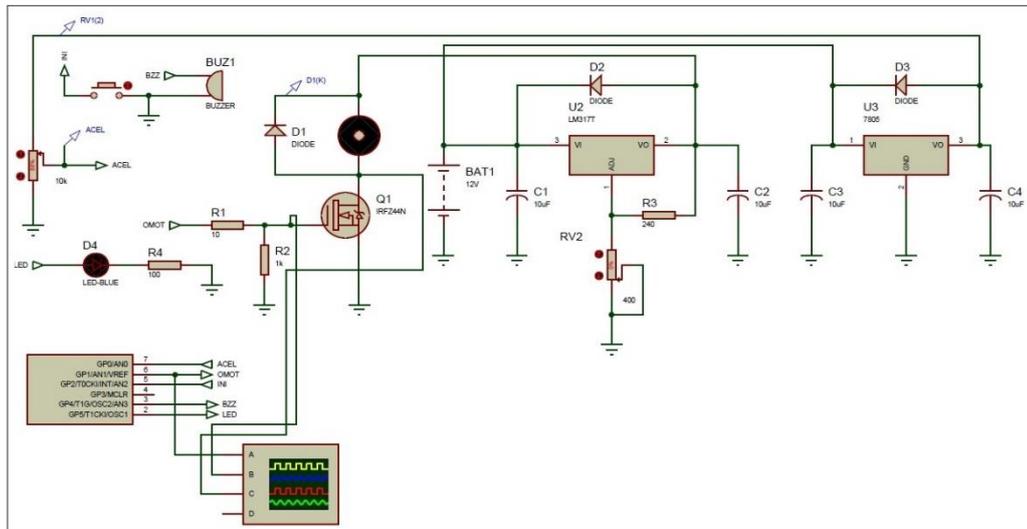


Figura 3.16: Simulación del control de velocidad del motor

Fuente: Ortiz, A.

e) PROGRAMACIÓN EN EL PIC

A continuación se puede ver el diagrama de flujo del programa creado para el PIC en mención:

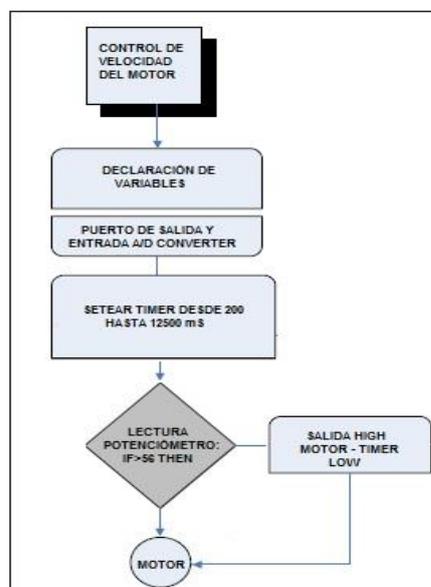


Figura 3.17: Diagrama de flujo del control de velocidad

Fuente: Ortiz, A.

f) MANEJO DE LA SEÑAL DEL PIC AL MOTOR

Para controlar el motor de corriente directa se ha utilizado un transistor de efecto de campo MOSFET en vista de que conmuta a tierra la señal modulada proveniente del PIC a una muy elevada velocidad y además es accionado por voltaje gracias a su impedancia de entrada muy alta y no por corriente como el tipo de transistores convencionales.

El transistor utilizado es el IRFZ44N y el circuito de acondicionamiento de señal es el siguiente:

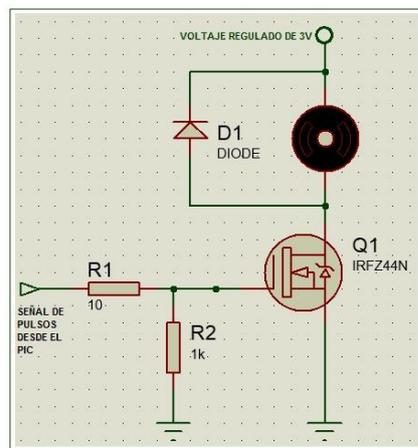


Figura 3.18: Circuito de control del motor

Fuente: Ortiz, A.

En el conductor entre R1 y R2 la corriente va a ser la misma, mientras que la caída de tensión será diferente para ambas resistencias por tratarse de un divisor de tensión entre las mismas:

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} * V_{in}$$

Ecuación (3.5)

Donde:

V_{in} es el voltaje de entrada

V_{out} es el voltaje a obtenerse en el divisor de tensión

Por tanto:

$$V_{out} = \frac{1000\Omega}{1000\Omega + 10\Omega} * 5V$$

$$V_{out} = 4.95V$$

Entonces éste voltaje supera el voltaje máximo de umbral (Gate threshold voltaje) de 4 voltios y se crea el canal, haciendo que el transistor pase a conducir y cierre el circuito que conmutará a masa la señal proveniente del motor que se encuentra en serie con los terminales Drain y Source del transistor.

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	55	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.058	—	V/°C	Reference to 25°C, $I_D = 1mA$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	17.5	mΩ	$V_{GS} = 10V, I_D = 25A$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$
g_{fs}	Forward Transconductance	19	—	—	S	$V_{DS} = 25V, I_D = 25A$ ④
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{DS} = 55V, V_{GS} = 0V$
I_{OSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	250	nA	$V_{DS} = 44V, V_{GS} = 0V, T_J = 150^\circ C$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100	nA	$V_{GS} = -20V$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	63	nC	$I_D = 25A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	14	nC	$V_{DS} = 44V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	23	nC	$V_{GS} = 10V$, See Fig. 6 and 13
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	12	—	ns	$V_{DD} = 28V$
t_r	Rise Time	—	60	—	ns	$I_D = 25A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	44	—	ns	$R_{\theta} = 12\Omega$
t_f	Fall Time	—	45	—	ns	$V_{GS} = 10V$, See Fig. 10 ④
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—	nH	
C_{iss}	Input Capacitance	—	1470	—	pF	$V_{DS} = 0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	360	—	pF	$V_{DS} = 25V$
C_{rfs}	Reverse Transfer Capacitance	—	88	—	pF	$f = 1.0MHz$, See Fig. 5
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ②	—	530 ④	150 ④	mJ	$I_{AS} = 25A, L = 0.47mH$

Figura 3.19: Características eléctricas del MOSFET IRFZ44N

Fuente: Ortiz, A.

3.5.2. LISTA DE MATERIALES.

En la tabla que se puede ver a continuación tenemos la lista de materiales utilizados para el control de velocidad del motor:

Tabla 3.4: Lista de materiales del control de velocidad del motor

4 CAPACITORES		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
4	C1-C4	10 μ F
4 RESISTENCIAS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
1	R1	10
1	R2	1K
1	R3	240
1	R4	100
3 CIRCUITOS INTEGRADOS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
1	U1	PIC12F675
1	U2	LM317T
1	U3	7805
1 TRANSISTOR		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
1	Q1	IRFZ44N
4 DIODOS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
3	D1-D3	DIODO
1	D4	LED AZUL
4 MISCELÁNEOS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
1	BAT1	BORNE 12V
1	BUZ1	ZUMBADOR
1	RV1	POT. 10k
1	RV2	POT. 400

Fuente: Ortiz, A.

3.5.3. DISEÑO DE ACOPLES

El diseño de este conjunto se lo hizo de igual manera en la versión 2013 del programa AUTODESK INVENTOR como se puede ver a continuación:

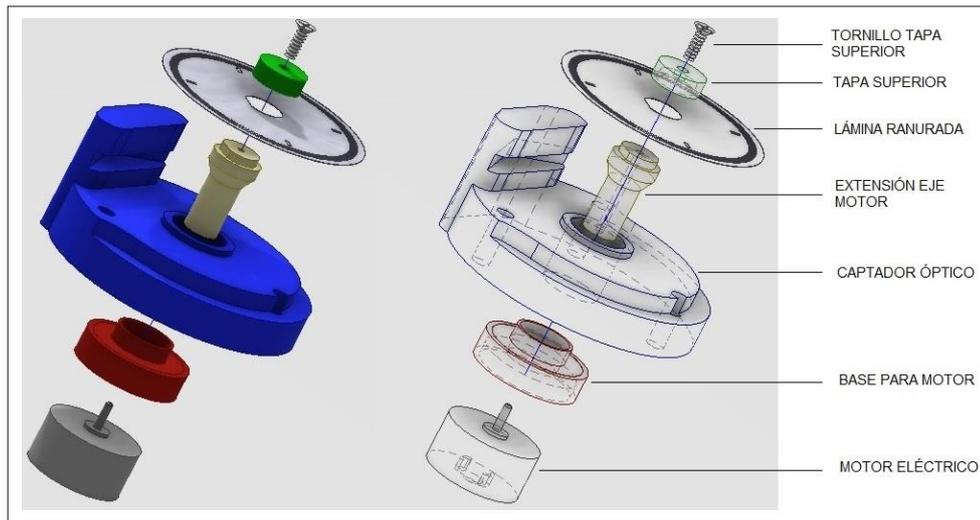


Figura 3.20: Diseño de acoples del sistema de giro

Fuente: Ortiz, A.

3.5.4. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE

Se utilizó para éste adaptador poliamida, también conocido como nylon del tipo PA66, el cual fue trabajado en el torno hasta obtener la figura que se necesitó para que encaje en nuestro captador óptico y se pueda hacer girar con precisión a la lámina ranurada que posteriormente sería detectada su señal a través del fotodiodo receptor que contiene el captador óptico dentro de su carcasa como podemos ver a continuación:

Tabla 3.5: Ensamblaje del sistema de giro



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR



VISTA INFERIOR

Fuente: Ortiz, A.

3.6. CONTROL DE ENCENDIDO DIS

3.6.1. SEÑAL DEL CAPTADOR ÓPTICO

Para este proceso se empieza entregando a la placa de control la señal proveniente del módulo de captación óptica, en este caso se ha utilizado el captador de un vehículo de las siguientes características:

Tabla 3.6: Características del captador óptico

MARCA	SERIE DE MOTOR	AÑO	MODELO
CHEVROLET	4ZE1	1992-1999	RODEO

Fuente: Ortiz, A.

Según el catálogo Bosch se pudo identificar los pines del captador:

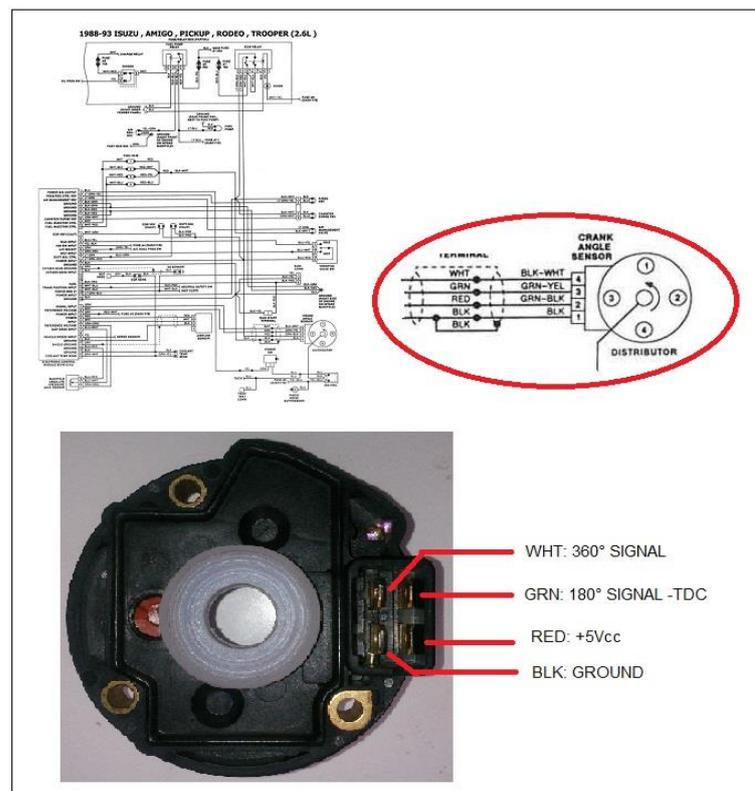


Figura 3.21: Designación de pines del captador óptico

Fuente: Bosch, 2013

Una vez polarizado el captador se obtiene la señal de 180 grados del cigueñal, que viene a ser la que se enviaría a las bujías en el paso de cada ranura que está a 90 grados en el disco.

La señal obtenida por medio del osciloscopio es una onda cuadrada de 5 voltios cada vez que la ranura permite el paso del haz de luz y es mas ancho este pulso cuando pasa la ranura mas ancha por él. En la figura siguiente podemos apreciar este efecto:

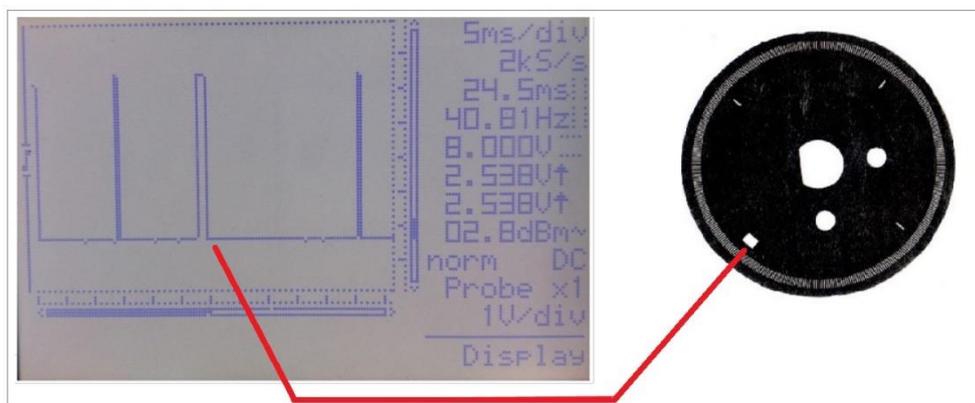


Figura 3.22: Forma de onda del captador óptico

Fuente: Ortiz, A.

3.6.2. SEÑAL DESDE LOS 3 SENSORES

Para hacer al simulador lo más parecido posible al sistema de encendido real, se ha incorporado la lectura de 3 sensores (IAT, ECT, MAP) a la entrada al puerto del PIC. A continuación se conocerá características de los sensores mencionados:

a) SENSOR MAP (Manifold Absolute Pressure)

(Crouse, 2005) “Cuantifica la presión absoluta en el colector de admisión, para ello se basa en medir la variación de presión entre el ducto de admisión frente a la presión atmosférica.

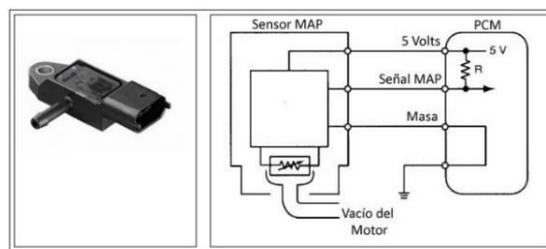


Figura 3.23: Sensor MAP

Fuente: Crouse, 2005

Es entonces en base a la variación, que genera una señal que permite ajustar tanto el avance al encendido como el enriquecimiento de la mezcla de aire y combustible. Se conocen actualmente dos tipos de variantes del sensor: el primero se lo denomina sensor por variación de presión y el segundo sensor por variación de frecuencia. El MAP por variación de presión está constituido de un elemento de cerámica o silicio sensible a la presión, montado en una cámara de referencia ya sea de presión calibrada o vacío perfecto.

Posee un diafragma que permite la separación entre la cámara de vacío y el interior del múltiple.

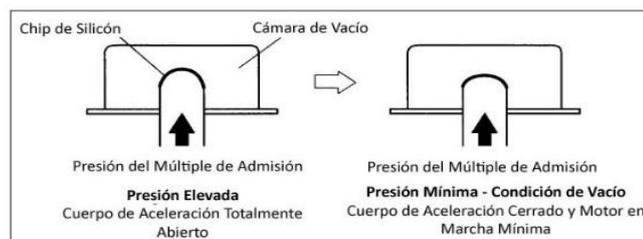


Figura 3.24: Comportamiento interno del sensor MAP

Fuente: Crouse, 2005

Cuando ocurre una flexión del diafragma, el circuito electrónico dentro del sensor genera una señal que puede variar en rangos de voltaje para lo cual posee tres conexiones, una entrada de corriente que alimenta al sensor que suele ser de 5V, una conexión de masa que generalmente es compartida con diferentes sensores cuyo valor suele oscilar de 0 a 0.08 V y finalmente una señal para la PCM que oscila entre 0.5 a 4.7 V.

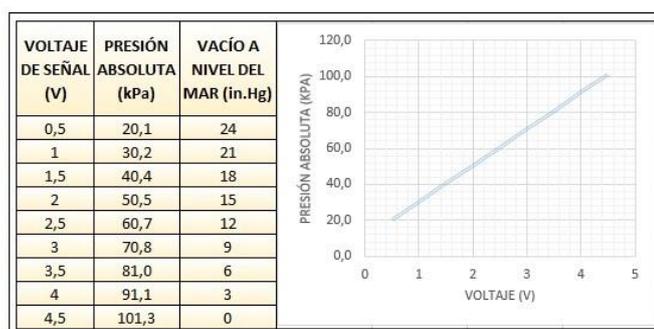


Figura 3.25: Curva del sensor MAP

Fuente: López, J. 2007

El funcionamiento del MAP está determinado por un diagrama directamente proporcional de voltaje y presión, por lo que se tienen 3 unidades de medida significativas que son: Presión (KPa), Vacío (mmHg) y la señal de voltaje (V)".

b) SENSOR IAT (Intake Air Temperature)

(López, J. 2007) "Básicamente es un termistor NTC (Negative Temperature Coefficient) , es decir que su resistencia disminuye a medida que la temperatura aumenta. Su configuración pequeña combinada con mayor sensibilidad gracias a un encapsulado diferente, permiten censar los cambios de temperatura repentinos del aire que ingresa al motor.

De acuerdo al principio termodinámico en el que se expone que, el aire frío presenta una mayor concentración de O_2 , se vuelve una necesidad constante para la PCM determinar la temperatura del aire, de este modo poder ajustar la mezcla carburante. Es entonces que en las diferentes condiciones de temperatura la señal generada tiene una incidencia directa tanto en el tiempo de inyección como el avance del encendido.

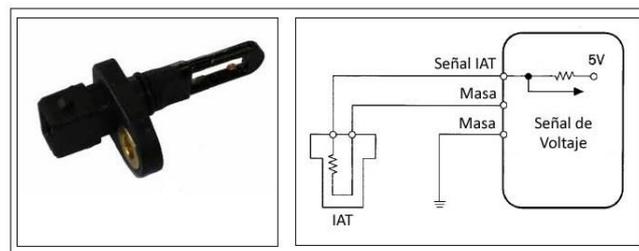


Figura 3.26: Sensor IAT

Fuente: Crouse, 2005

El sensor posee dos cables, el primero de alimentación o referencia 5V, mientras que el otro es señal para la ECU. Cabe mencionar que la gráfica característica es directamente proporcional, por lo tanto a una cantidad de temperatura le corresponde una cantidad específica de resistencia y por ende una cantidad determinada de voltaje para cada condición”.

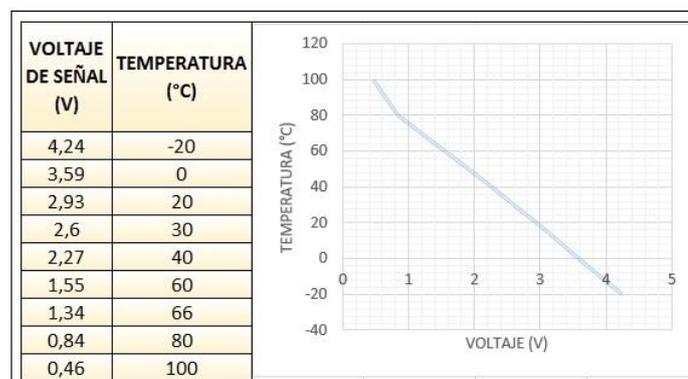


Figura 3.27 Curva del sensor IAT-ECT

Fuente: López, J. 2007

c) SENSOR ECT (Engine Coolant Temperature)

(López, J. 2007) “Es un termistor del tipo NTC que permite conocer la temperatura del refrigerante del motor, con lo cual la PCM puede determinar la temperatura promedio del mismo.

Su ubicación de forma general es en la toma principal de agua del motor a muy poca distancia del termostato.

La información generada permite modificar el tiempo de inyección, es decir hacer una mezcla de aire y combustible más rica o pobre de acuerdo a la condición y que por ende afecta directamente al adelanto del encendido.

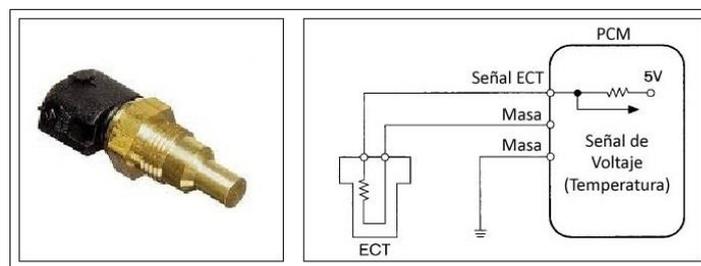


Figura 3.28: Sensor ECT

Fuente: López, J. 2007

Se hace mención entonces al principio termodinámico de transferencia de calor en los elementos, en donde se produciría un descenso en la temperatura del combustible que ingresa al cilindro cuando éste se encuentra frío.

UN detalle importante a mencionar sería, una vez que el vehículo entra al rango de temperatura óptima de funcionamiento el ancho de pulso para los inyectores desciende hasta buscar una mezcla más estequiométrica. Ya que cuando se encuentra frío se tiene una condición de mezcla rica.

La curva característica del sensor con sus valores ASE (Automotive Service Excellence) es la misma del sensor IAT”.

d) CONVERSIÓN ANALÓGICA – DIGITAL

Una vez que se ha visto las características de los sensores a utilizarse, la curva de funcionamiento de cada uno de ellos nos indica que proveen una señal analógica que únicamente pueden ser ingresadas al PIC como una señal digital, para ello el dispositivo electrónico posee un convertidor analógico digital con 10 bits de resolución.

Es decir que cada valor que se vaya a representar será visualizado en 10 dígitos (binario), el bit menos significativo viene calculado por la fórmula:

$$LSB = \left[V_{REF-} + \frac{(V_{REF} - V_{REF-})}{2^n - 1} \right] \quad \text{Ecuación (3.6)}$$

Donde:

LSB = Bit menos significativo

V_{REF-} = Voltaje de referencia negativo

$V_{REF=}$ Voltaje de referencia positivo

n = Numero de bits

Para el manejo de las señales de los tres sensores el voltaje de referencia negativo será cero y el valor de referencia positivo será 5 voltios y se llamará V_{max} , por lo tanto la resolución será:

$$RESOLUCIÓN = \frac{V_{max}}{2^n - 1} \quad \text{Ecuación (3.7)}$$

Reemplazando valores tenemos:

$$RESOLUCIÓN = \frac{5V}{2^{10} - 1}$$

$$RESOLUCIÓN = 4.88mV$$

Es decir que existirá un registro en la programación del PIC donde se almacenarán datos binarios para cada paso de 4.88 mV de la señal de referencia de 5 voltios

3.6.3. SELECCIÓN DEL PIC 16F628A Y 16F877A

- **Monitorización:** para la aplicación requerida se ha podido constatar que el PIC 16F877A es el más idóneo para controlar la monitorización del sistema, entre las funciones están: manipular la señal de entrada, ajustándola con los parámetros variables de simulación de sensores y generando dos señales que ingresaran al DIS. A continuación se detallan las características relevantes del dispositivo mencionado:

- a) Es un PIC que permite la comunicación serie MSSP, USART, debido a que se lo utilizará para monitorear los parámetros de entrada, por tanto no se tomaría en cuenta la cantidad de puertos.
- b) Posee una amplia memoria de programa que sin dudas no comprometerá el correcto desempeño del sistema.
- c) Memoria borrable eléctricamente del tipo FLASH, con esto se logra una mayor rapidez en el borrado de programa en caso de que algo no funcione de acuerdo a lo requerido.
- d) El lenguaje de programación con pocas instrucciones permite manejar de manera eficaz la creación del programa de control.

A continuación se muestra un cuadro comparativo provisto por el fabricante acerca de la familia de PIC's 16F87XA:

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz			
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

Figura 3.29: Características de la familia 16F87XA

Fuente: Microchip, 2003

- **Activación del DIS y visualización de datos:** para estas dos funciones se ha tomado en cuenta que el PIC 16F628A es el más adecuado y puede sustentar estas dos funciones del simulador, a continuación se mencionan características que motivaron su elección:

- a) De igual manera, este PIC permite la comunicación serie entre dispositivos
- b) Memoria FLASH de borrado eléctrico, es muy importante debido a la rapidez y facilidad con la que se borra o elimina un programa
- c) Lenguaje de programación con pocas instrucciones y compatible con MICROCODE STUDIO

A continuación se muestra un cuadro comparativo provisto por el fabricante acerca de la familia de PIC´s 16F628A:

		PIC16F627A	PIC16F628A	PIC16F648A	PIC16LF627A	PIC16LF628A	PIC16LF648A
Clock	Maximum Frequency of Operation (MHz)	20	20	20	20	20	20
	Flash Program Memory (words)	1024	2048	4096	1024	2048	4096
Memory	RAM Data Memory (bytes)	224	224	256	224	224	256
	EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	128	128	256
	Timer module(s)	TMR0, TMR1, TMR2					
Peripherals	Comparator(s)	2	2	2	2	2	2
	Capture/Compare/PWM modules	1	1	1	1	1	1
	Serial Communications	USART	USART	USART	USART	USART	USART
	Internal Voltage Reference	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Interrupt Sources	10	10	10	10	10	10
Features	I/O Pins	16	16	16	16	16	16
	Voltage Range (Volts)	3.0-5.5	3.0-5.5	3.0-5.5	2.0-5.5	2.0-5.5	2.0-5.5
	Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Packages	18-pin DIP, SOIC, 20-pin SSOP, 28-pin GFN						

Figura 3.30: Características de la familia de PICS 16F6XXA

Fuente: Ortiz, A.

3.6.4. ESTRUCTURA DE LOS PICS UTILIZADOS

A continuación se muestra el diagrama de pines del PIC 16F628A disponible en la página web de Microchip:

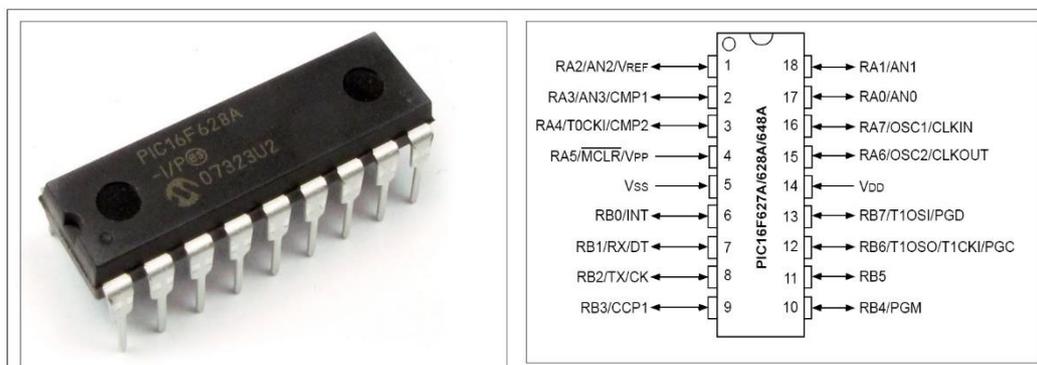


Figura 3.31: Diagrama de pines del PIC 16F628A

Fuente: Microchip, 2003

Se muestra también en la figura siguiente el diagrama de nomenclatura de pines del PIC 16F877A de la misma página web citada anteriormente:

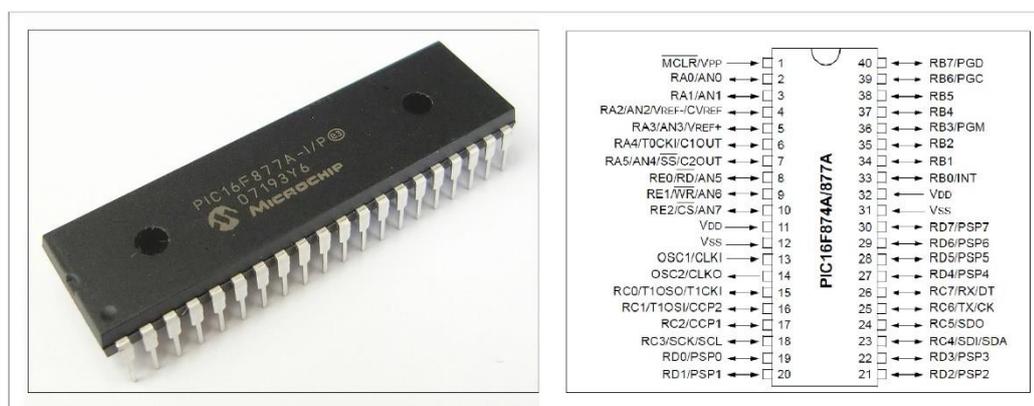


Figura 3.32: Diagrama de pines del PIC 16F877A

Fuente: Microchip, 2003

3.6.5. DISEÑO ELECTRÓNICO DE CONTROL

El control del DIS lo realizan 3 PIC's conectados por medio de comunicación en serie en 3 pasos que son:

- **Monitorización de parámetros:** consiste en la lectura de la variación de ancho de pulsos de la entrada (onda cuadrada) que nos entrega el captador óptico y las variaciones de 3 potenciómetros que simulan los sensores IAT, MAP, ECT.

A continuación se puede ver mediante un diagrama de flujo el funcionamiento y la secuencia del programa grabado en el PIC:

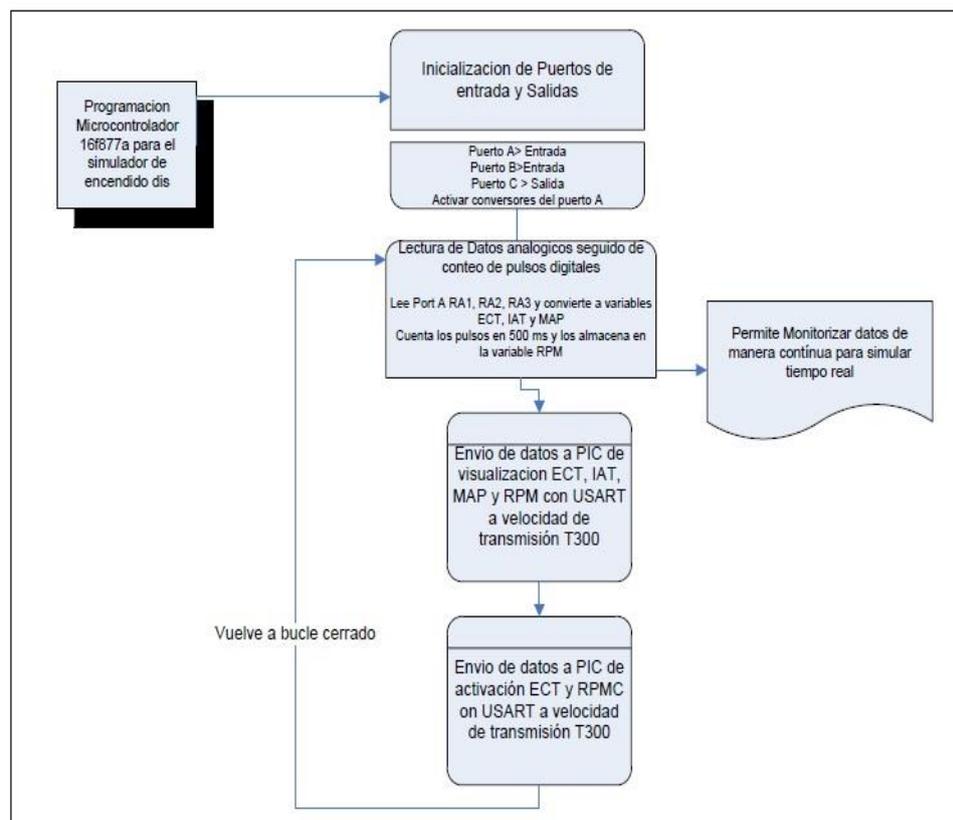


Figura 3.33: Flujograma de monitorización de parámetros

Fuente: Ortiz, A.

- **Activación de los paquetes de bobinas:** por medio de señales eléctricas en forma de pulsos que llegan a los IGBT del paquete de bobinas DIS.

A continuación también tenemos el flujograma de activación del DIS:

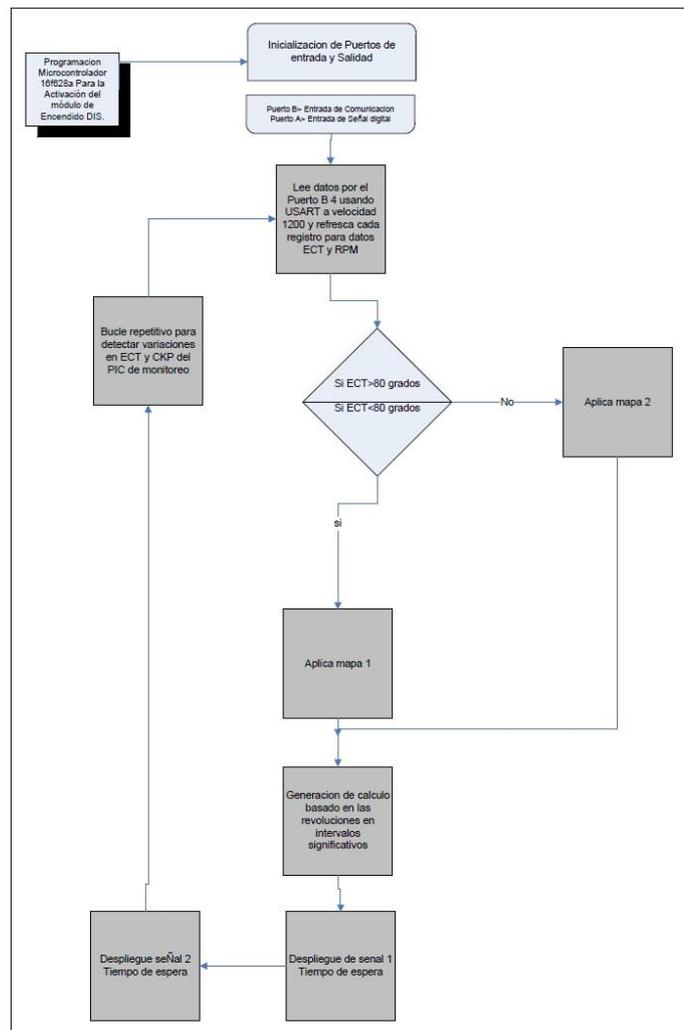


Figura 3.34: Flujograma de activación del DIS

Fuente: Ortiz, A.

- **Visualización en LCD:** a través de una pantalla de cristal líquido de 2 filas por 16 dígitos cada una se va a desplegar los datos de las variaciones del encendido.

Se detalla mediante el respectivo flujograma la programación en el PIC mencionado:

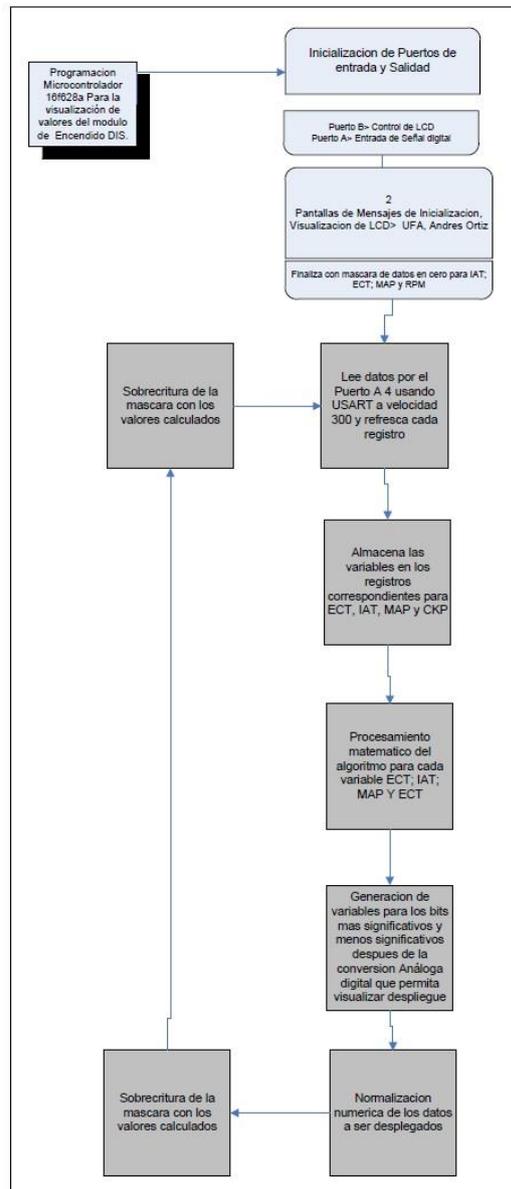


Figura 3.35: Flujograma de visualización de datos

Fuente: Ortiz, A.

En la figura a continuación podemos ver el circuito realizado en el software “PROTEUS 8 Professional”:

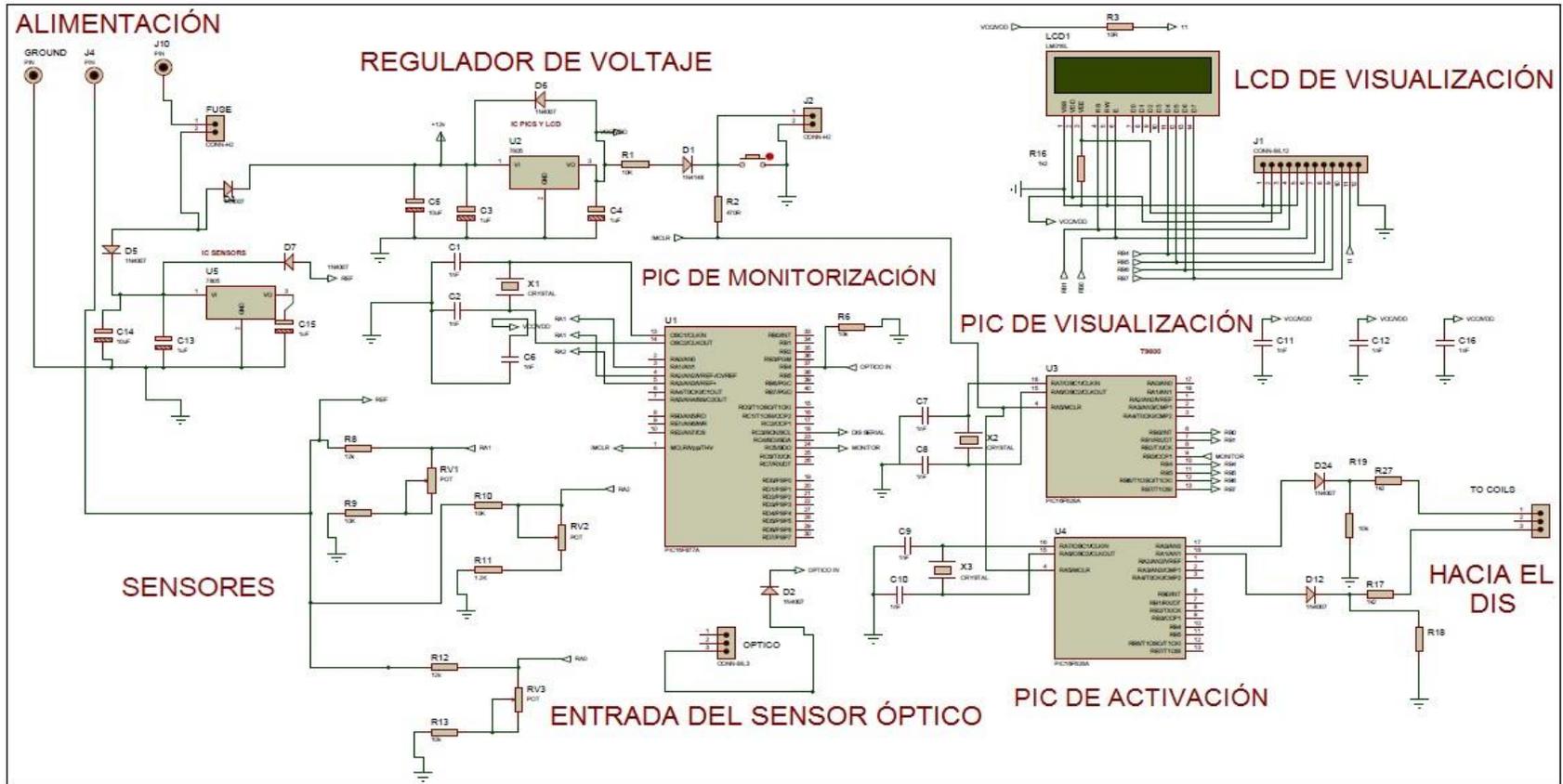


Figura 3.36: Simulación de encendido del DIS

Fuente: Ortiz, A.

3.6.6. MANEJO DE LA SEÑAL DEL PIC AL MÓDULO DIS

Una vez que el PIC ha procesado la señal proveniente del captador óptico y la ha acoplado con la variación de los tres sensores que simulan el IAT, ECT y MAP, se obtienen dos formas de onda cuadradas de 5 voltios, cada una de ellas ingresará al módulo de encendido DIS para que se lleve a cabo la repartición de la chispa de la manera cómo se vio en el capítulo teórico de este trabajo.

Para producir la chispa en las bujías el módulo DIS posee internamente un circuito conformado por unos transistores IGBT, los cuales se va a detallar a continuación:

a) EL TRANSISTOR IGBT

(Ibrahim, D. 2006) “El IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) es un semiconductor de cuatro capas que se alternan (PNPN), son controlados por un metal-óxido-semiconductor (MOS), estructura de la compuerta sin una acción regenerativa.

Un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT) se construye de manera similar a un MOSFET de canal N, excepto la N se sustituye con un drenaje + P + capa de colector, formando una línea vertical del transistor de unión bipolar de PNP.

Este dispositivo posee la características de las señales de puerta de los transistores de efecto campo con la capacidad de alta corriente y bajo voltaje de saturación del transistor bipolar, combinando una puerta aislada FET para la entrada de control y un transistor bipolar como interruptor en un solo dispositivo. El circuito de excitación del IGBT es como el del

MOSFET, mientras que las características de conducción son como las del BJT.

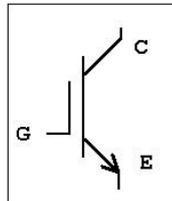


Figura 3.37: Símbolo del IGBT

Fuente: Ibrahim, D. 2006

Cuando se le aplica un voltaje V_{GE} a la puerta, el IGBT enciende inmediatamente, la corriente de colector I_C es conducida y el voltaje V_{CE} va desde el valor de bloqueo hasta cero. La corriente I_C persiste para el tiempo de encendido en que la señal en la puerta es aplicada. Para encender el IGBT, el terminal C debe ser polarizado positivamente con respecto a la terminal E. La señal de encendido es un voltaje positivo V_G que es aplicado a la puerta G.

Este voltaje, si es aplicado como un pulso de magnitud aproximada de 15 volts, puede causar que el tiempo de encendido sea menor a 1 s, después de lo cual la corriente de colector I_D es igual a la corriente de carga I_L (asumida como constante). Una vez encendido, el dispositivo se mantiene así por una señal de voltaje en el G. Sin embargo, en virtud del control de voltaje la disipación de potencia en la puerta es muy baja.

El IGBT se apaga simplemente removiendo la señal de voltaje V_G de la terminal G. La transición del estado de conducción al estado de bloqueo puede tomar apenas 2 microsegundos, por lo que la frecuencia de conmutación puede estar en el rango de los 50 kHz”.

b) ESTRUCTURA INTERNA DEL DIS CON IGBT

Como se puede ver, el IGBT es muy útil al momento de manejar corrientes altas, además de permitir conmutar a muy alta velocidad los ciclos de activación y desactivación de sistemas de encendido.

A continuación se presenta el circuito interno del DIS, al cual se le ha introducido las dos señales de onda cuadrada que emite el PIC de activación:

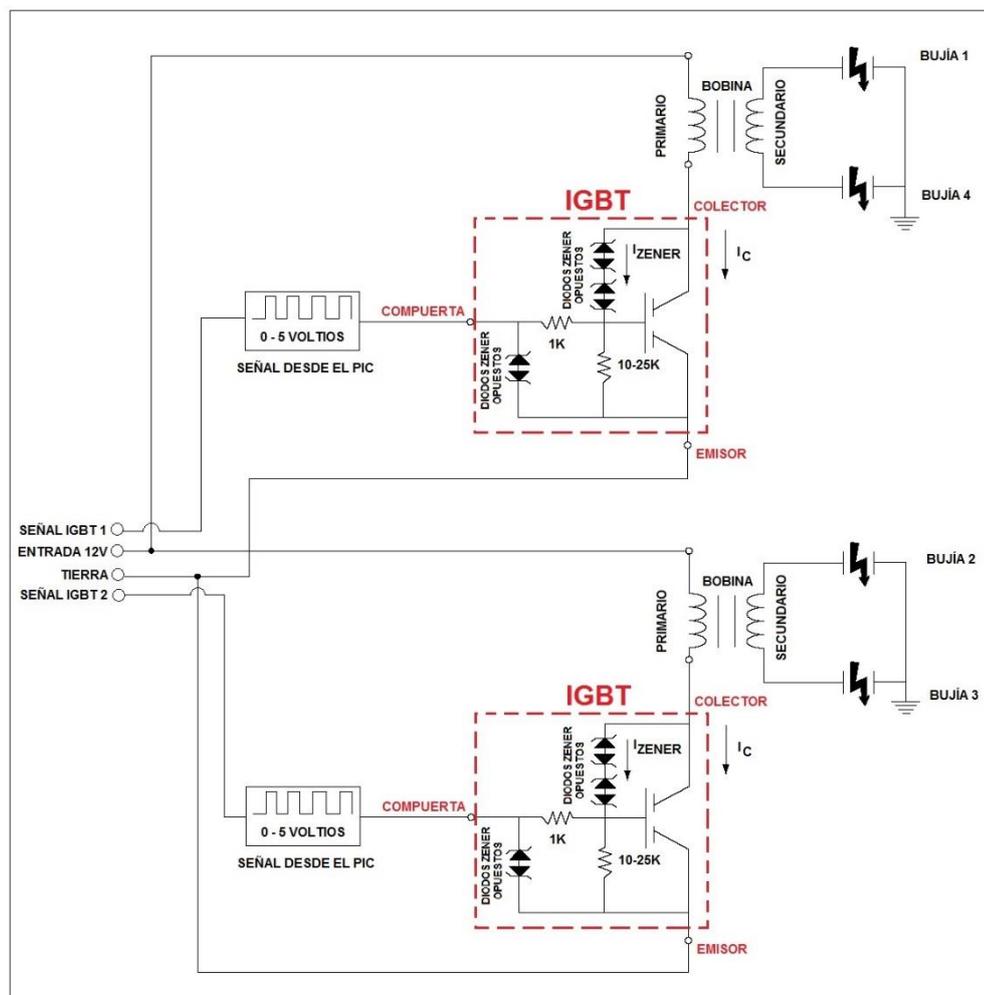


Figura 3.38: Circuito interno DIS

Fuente: Ibrahim, D. 2006

3.6.7. LISTA DE MATERIALES

Tenemos a continuación la lista de materiales utilizados para el control de encendido del DIS:

Tabla 3.7: Lista de materiales para el encendido del DIS

15 RESISTENCIAS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
1	R1	10K
1	R2	470
1	R3	10
3	R6, R18, R19	10K
2	R8, R12	12K
3	R9, R10, R13	10K
1	R11	1.2K
3	R16, R17, R27	1.2K
16 CAPACITORES		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
10	C1, C2, C6-C12, C16	1nF
4	C3, C4, C13, C15	1 μ F
2	C5, C14	10 μ F
5 CIRCUITOS INTEGRADOS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
1	U1	PIC16F877A
2	U2, U5	7805
2	U3, U4	PIC16F628A
8 DIODOS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
1	D1	1N4148
7	D2, D4-D7, D12, D24	1N4007
15 MISCELÁNEOS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
2	PORTA FUSIBLE J2	CONN-H2
3	TIERRA J4, J10	PIN
1	J1	CONN-SIL12
1	LCD1	LM016L
1	ÓPTICO	CONN-SIL13
3	RV1-RV3	POT
1	TO COILS	JUMPER
3	X1-X3	CRISTAL

Fuente: Ortiz, A.

3.7. CONTROL DE INGRESO DE FALLAS

3.7.1. SELECCIÓN DEL PIC 16F877A

Según se ha podido verificar en los manuales del fabricante, se ha seleccionado al PIC 16F877A para la aplicación del control de fallas, el mismo que va a manejar etapas como:

- Entradas de señal para teclado matricial
- Salidas para control de 10 tipos de fallas diferentes
- Despliegue para visualización en LCD

El microcontrolador seleccionado está dentro de la gama media de la familia a la que pertenece, un encapsulado de 40 pines y varias características que llevaron a cabo su elección:

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz			
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

Figura 3.39: Características de la familia 16F87XA

Fuente: Microchip, 2003

Puertos de entrada y salida (I/O PORTS): El PIC 16F877A posee la cantidad de puertos necesarios para la aplicación, en total se necesita 4 puertos de 8 bits.

Memoria de datos y programa: La memoria de programa es más amplia que sus predecesores, por lo tanto no se tendrá problemas con programas extensos.

Lenguaje de programación: Permite crear programas extensos con pocas instrucciones, además se cuenta con varios compiladores disponibles y de fácil manejo y acceso.

Nivel de procesamiento alto: Tiene la versatilidad de conectar un oscilador de cuarzo externo de 10MHz, el cual nos garantiza un nivel de procesamiento muy superior a los demás, aproximadamente una instrucción se la realizaría en 1 μ s.

Memoria reprogramable: La memoria en este PIC es la que se denomina FLASH; este tipo de memoria se puede borrar por medios electrónicos y es representada por la letra F en el modelo del PIC.

3.7.2. ESTRUCTURA DEL PIC UTILIZADO

Al momento previo de realizar la simulación debemos empezar conociendo la distribución de pines en la página web www.microchip.com, toda esta información se encuentra a libre acceso de usuarios.

En la figura a continuación se puede ver la configuración del encapsulado con su respectiva numeración:

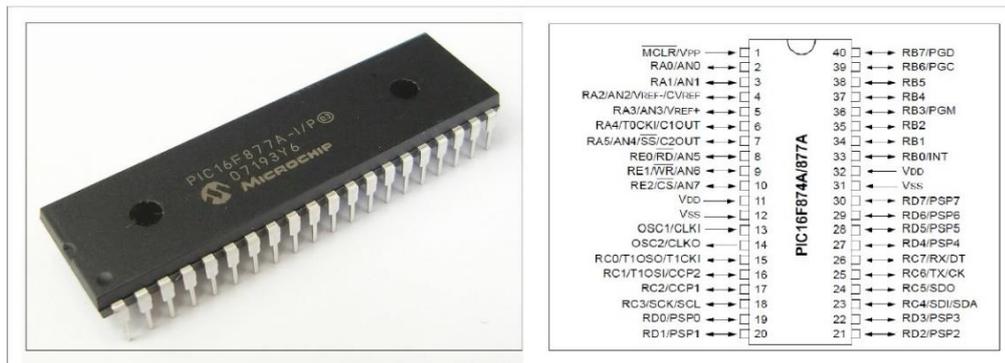


Figura 3.40: Diagrama de pines del PIC16F877A

Fuente: Microchip, 2003

3.7.3. PARÁMETROS DE DISEÑO Y SIMULACIÓN

En esta sección se van a colocar relés que van a ser programados para permanecer normalmente cerrados y se abran cuando se energice la salida del PIC, al abrirse desde luego ocasionarán que se interrumpa el paso de corriente en el conductor o cable que conecta alguno de los dispositivos del simulador, por ejemplo: el DIS, el captador óptico.

Se utilizará el display 16x2 para el despliegue de datos y el teclado matricial por el cual se ingresarán las fallas.

En la figura siguiente se puede ver el diagrama esquemático y simulación en el programa informático “PROTEUS 8 PROFESSIONAL”:

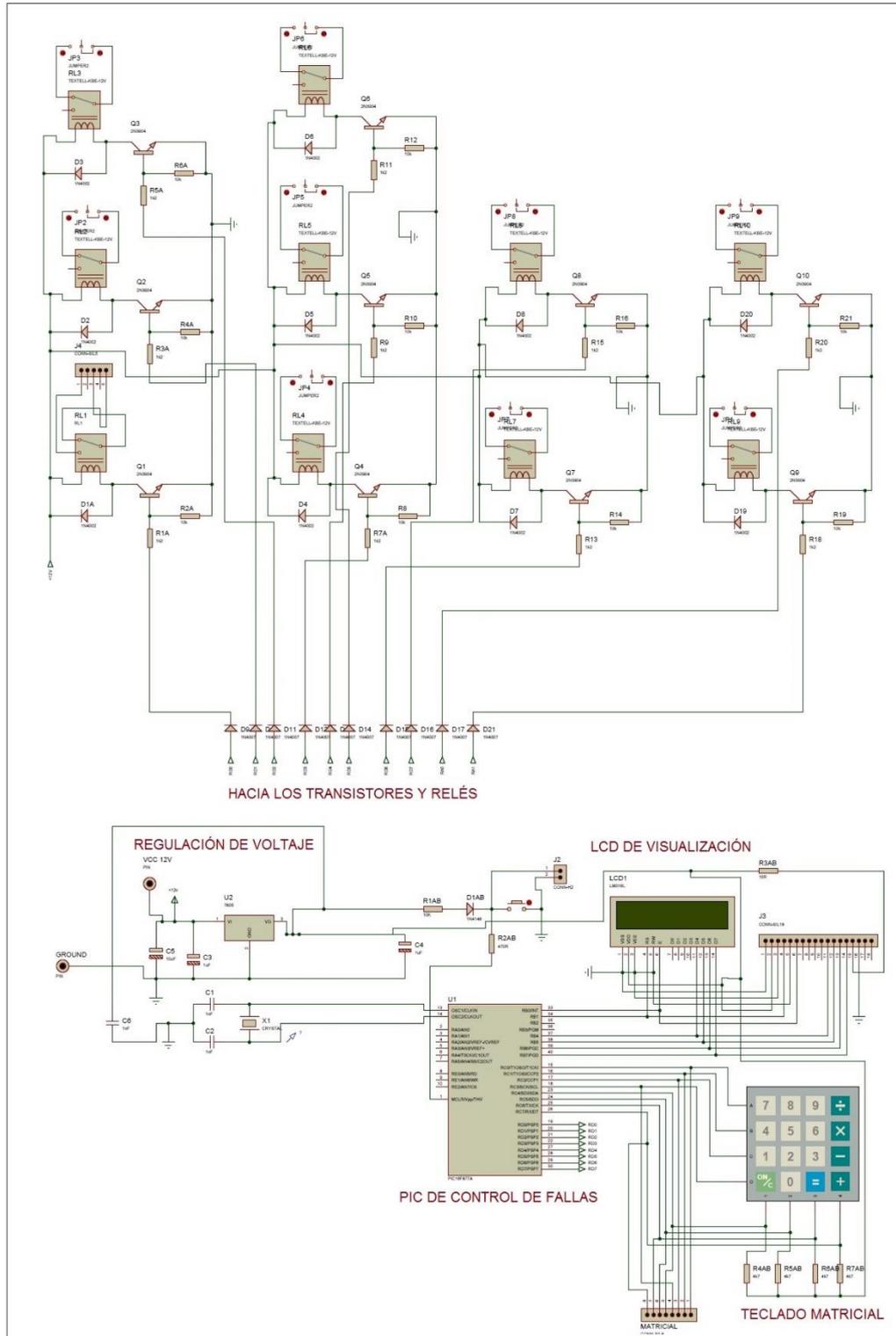


Figura 3.41: Diagrama y simulación del control de fallas

Fuente: Ortiz, A.

A continuación se detalla el procedimiento empleado en la placa de control de fallas:

- **Ingreso de datos:** el PIC recibe las órdenes de un teclado matricial de 4x4 donde estarán habilitadas varias teclas para el ingreso de las 10 posibles fallas.

(Ibrahim, D. 2006) “El teclado de matriz o matricial es una composición de botones conectados de manera que se conforme una ubicación de un pulsador mediante una fila y una columna, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos.

Un teclado matricial 4x4 solamente ocupa 4 líneas de un puerto para las filas y otras 4 líneas para las columnas, entonces con esta sencilla solución se pueden leer 16 teclas utilizando solamente 8 líneas de un microcontrolador.

Si asumimos que todas las columnas y filas inicialmente están en alto (1 lógico), la pulsación de un botón se puede detectar al poner cada fila a en bajo (0 lógico) y detectar cada columna en busca de un cero, si ninguna columna está en bajo entonces el cero de las filas se recorre hacia la siguiente y así secuencialmente hasta encontrarla y producirse la activación por medio de la tecla deseada”.

A continuación se puede ver un esquema eléctrico del teclado que se utilizó, así como una foto real del mismo:

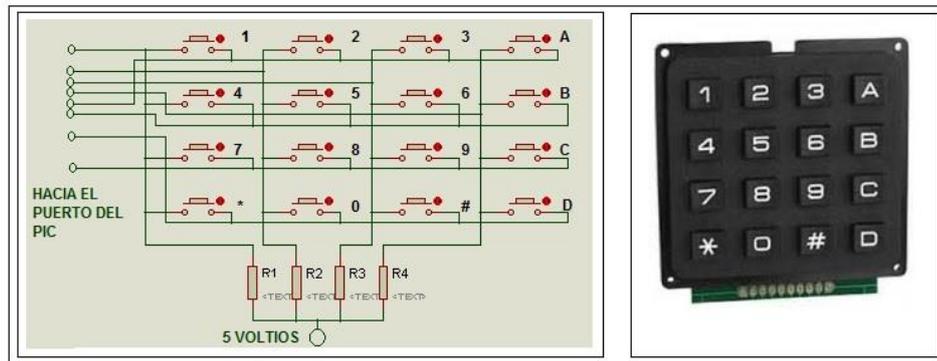


Figura 3.42: Teclado matricial

Fuente: Ortiz, A.

El circuito individual para cada tecla sería el siguiente:

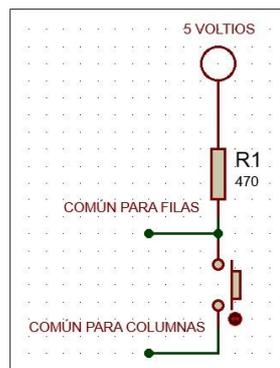


Figura 3.43: Circuito de una tecla individual

Fuente: Ortiz, A.

Necesariamente se debe limitar la corriente que va a ingresar al puerto del PIC y según podemos observar en la figura siguiente nos indica que el PIC soporta una corriente de alimentación máxima de 25mA por cada puerto:

PIC16F87XA	
17.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS	
Absolute Maximum Ratings †	
Ambient temperature under bias	-55 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to V _{SS} (except V _{DD} , $\overline{\text{MCLR}}$, and RA4)	-0.3V to (V _{DD} + 0.3V)
Voltage on V _{DD} with respect to V _{SS}	-0.3 to +7.5V
Voltage on $\overline{\text{MCLR}}$ with respect to V _{SS} (Note 2)	0 to +14V
Voltage on RA4 with respect to V _{SS}	0 to +8.5V
Total power dissipation (Note 1)	1.0W
Maximum current out of V _{SS} pin	300 mA
Maximum current into V _{DD} pin	250 mA
Input clamp current, I _{IK} (V _I < 0 or V _I > V _{DD})	+ 20 mA
Output clamp current, I _{OK} (V _O < 0 or V _O > V _{DD})	+ 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA

Figura 3.44: Características eléctricas de corriente de ingreso

Fuente: Microchip, 2003

Entonces simplemente con el uso de la ley de OHM se puede calcular el valor de resistencia para una corriente de 10mA que será suficiente para introducir al PIC.

Antes de proceder se tiene como datos en el circuito anterior que:

$$V_{\text{entrada}} = 5V$$

$$I_{\text{entrada}} = 10mA$$

Entonces:

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Ecuación (3.8)}$$

$$R = \frac{5V}{0.01A}$$

$$R = 500\Omega$$

Se puede utilizar entonces con toda seguridad una resistencia de 470Ω debido a que es muy común en el mercado.

- Procesamiento de información:** el PIC por su parte realiza la lectura de su programa cuyo funcionamiento se resume en el diagrama de flujo que se puede ver a continuación:

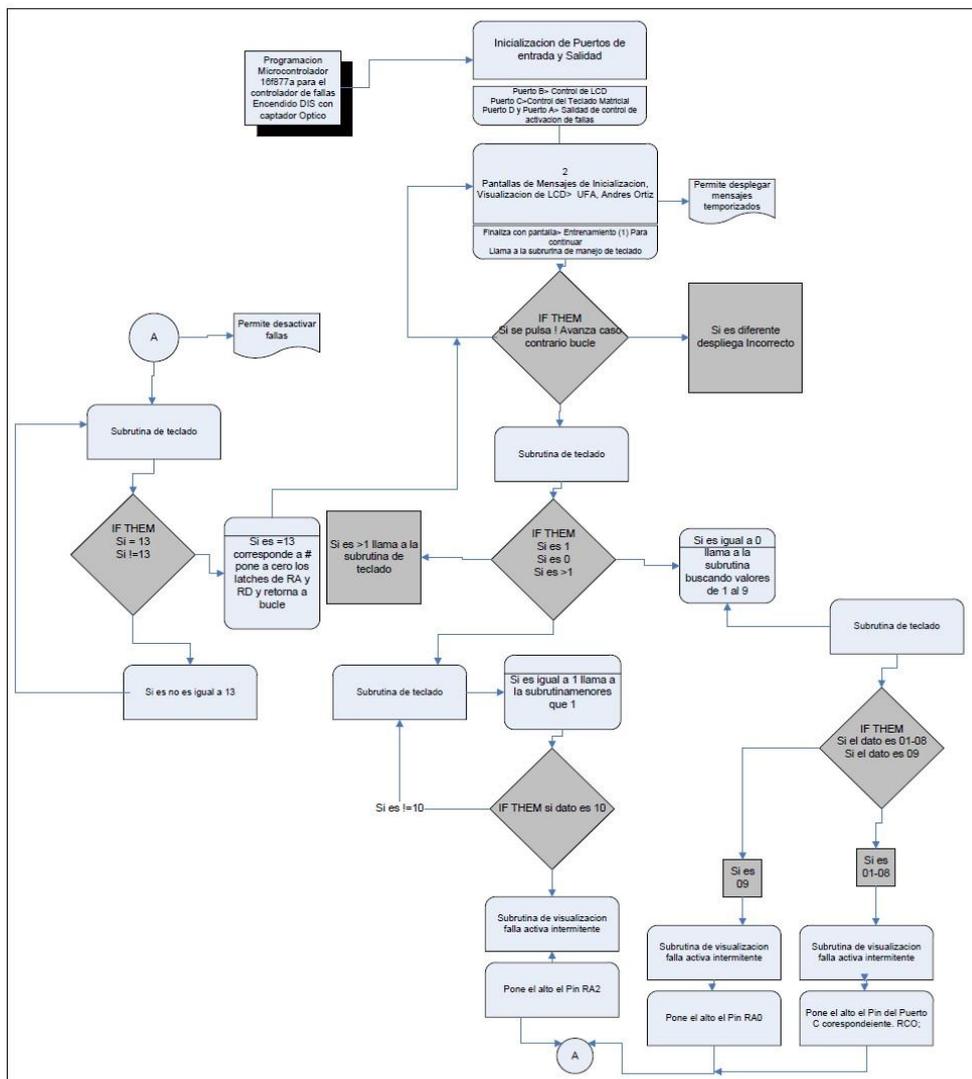


Figura 3.45: Diagrama de flujo control de fallas

Fuente: Ortiz, A.

3.7.4. MANEJO DE LA SEÑAL DEL PIC A LOS RELÉS

Para canalizar la información del trabajo realizado por el PIC, el mismo tiene conectado su respectivo puerto de salida hacia cada transistor, los mismos que constan de una resistencia de base para separar la parte de control de la de activación y una resistencia de tierra para asegurar que estén aterrizados a masa y evitar falsas activaciones. A continuación se puede ver el circuito implementado para el control del relé.

El relé se activará de acuerdo de la señal del PIC y depende únicamente de que si la necesidad es colocar una falla abierta o en cortocircuito. En este caso los terminales que necesitemos colocar este bypass que simule la falla irá conectado a los terminales B y C del relé, es decir en la posición normalmente cerrado; una vez que se energice este circuito los contactos del relé tomarán la posición A y C y de esta manera se provocara el corte del terminal elegido, produciéndose así la simulación de la falla.

Así se utilicen solo opciones con fallas de apertura, se deja la opción de cortocircuito para mejoras en investigaciones futuras.

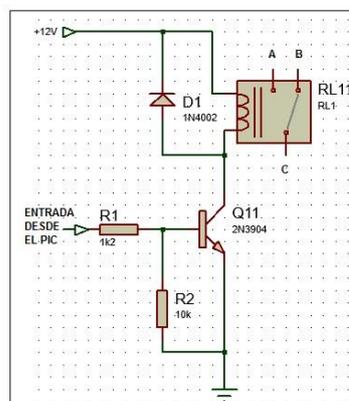


Figura 3.46: Circuito de control del relé de fallas

Fuente: Ortiz, A.

Si analizamos entonces el circuito implementado sabemos que:

$$V_{BE} = 0.7V$$

$$V_{Dx} = 0.7V$$

Donde:

V_{BE} es el voltaje base-emisor

V_{Dx} es el voltaje del diodo interno de la salida del PIC

Decimos que:

$$V_{RB} = V_{PIC} - V_{BE} - V_{Dx} \quad \text{Ecuación (3.9)}$$

Donde:

V_{RB} es voltaje de la resistencia de base

V_{PIC} es el voltaje de salida del pic

V_{BE} es el voltaje base-emisor

Podemos decir también que:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \text{Ecuación (3.10)}$$

Donde:

β es el factor de amplificación o ganancia del transistor

I_C es la la corriente de colector

I_B es la corriente de base

Se tiene los siguientes datos:

$$\beta = 180$$

$$VRC = 3.6V$$

Se calcula la corriente de colector que es la corriente de bobina:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{Ecuación (3.11)}$$

$$IC = \frac{V \text{ BOBINA}}{R \text{ BOBINA}}$$

$$IC = \frac{12V}{300\Omega}$$

$$IC = 0.04A = 40mA$$

De la *Ecuación (3.10)*:

$$IB = \frac{IC}{\beta}$$

$$IB = \frac{40mA}{18}$$

$$IB = 2.22mA$$

Se llega por último a calcular la resistencia de base que es lo que necesitamos para la elaboración del circuito:

$$RB = \frac{VRC}{IB}$$

$$RB = \frac{3.6V}{2.22A}$$

$$RB = 1.62K\Omega$$

Para asegurar la saturación elevamos I_B de 2.2mA a 3 mA y anclamos a tierra la base para eliminar ruidos de activación con una resistencia de 10K Ω .

En cuanto a la corriente que circula desde el PIC hacia la base del transistor se puede ver que éste la maneja con absoluta normalidad debido a que la corriente del puerto del PIC es de máximo 25mA como podemos ver en la figura a continuación. Para la aplicación estamos trabajando con apenas 3mA.

PIC16F87XA	
17.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS	
Absolute Maximum Ratings †	
Ambient temperature under bias	-55 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to V _{SS} (except V _{DD} , MCLR, and RA4)	-0.3V to (V _{DD} + 0.3V)
Voltage on V _{DD} with respect to V _{SS}	-0.3 to +7.5V
Voltage on MCLR with respect to V _{SS} (Note 2)	0 to +14V
Voltage on RA4 with respect to V _{SS}	0 to +8.5V
Total power dissipation (Note 1)	1.0W
Maximum current out of V _{DD} pin	300 mA
Maximum current into V _{DD} pin	250 mA
Input clamp current, I _{ik} (V _i = 0 or V _i > V _{DD})	± 20 mA
Output clamp current, I _{ok} (V _o = 0 or V _o > V _{DD})	± 20 mA
<u>Maximum output current sunk by any I/O pin</u>	<u>25 mA</u>
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA
Note 1: Power dissipation is calculated as follows: $P_{dis} = V_{DD} \times (\sum I_{OH} + \sum [(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}] + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$ 2: Voltage spikes below V _{SS} at the MCLR pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100 Ω should be used when applying a "low" level to the MCLR pin rather than pulling this pin directly to V _{SS} . 3: PORTD and PORTE are not implemented on PIC16F873A/876A devices.	
† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.	

Figura 3.47: Características eléctricas del PIC 16F877A

Fuente: Microchip, 2003

Se tomaron en cuenta además los siguientes parámetros:

- Cada relé tiene un diodo anti paralelo para contrarrestar la autoinducción.
- La fuente de 5V se coloca en la placa para alimentar al PIC.
- Los relés se energizan directamente de 12V de batería.

3.7.5. LISTA DE MATERIALES

Los materiales utilizados en el control de fallas del simulador son:

Tabla 3.8: Lista de materiales del control de fallas

27 RESISTENCIAS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
10	R1A, R3A, R5A, R7A, R9, R11, R13, R15, R18, R20	1.2K
1	R1AB	10K
10	R2A, R4A, R6A, R8, R10, R12, R14, R16, R19, R21	10K
1	R2AB	470
1	R3AB	10
4	R4AB, R5AB, R6AB, R7AB	4.7K
6 CAPACITORES		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
3	C1, C2, C6	1nF
2	C3, C4	1 μ F
1	C5	10 μ F
2 CIRCUITOS INTEGRADOS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
1	U1	PIC16F877A
1	U2	7805
10 TRANSISTORES		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
10	Q1-Q10	2N3904
21 DIODOS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
10	D1AD8, D19, D20	1N4002
1	D1AB	1N4148
10	D9-D17, D21	1N4007
27 MISCELÁNEOS		
<i>CANTIDAD</i>	<i>REFERENCIAS</i>	<i>VALOR</i>
2	GROUND, VCC 12V	PIN
1	J2	CONNH2
2	J3, J4	CONNSIL18
9	JP1JP9	JUMPER2
1	LCD1	LM016L
1	MATRICIAL	CONNSIL8
1	RL1	RL1
9	RL2RL10	TEXTELLKBE 12V
1	X1	CRISTAL

Fuente: Ortiz, A.

CAPÍTULO IV

ENSAMBLAJE Y PRUEBAS

4.1. REALIZACIÓN DEL CIRCUITO IMPRESO

Resulta muy importante la correcta realización del circuito impreso, pues es necesario primeramente elaborar el dibujo con las pistas conductoras en donde se van a soldar cada uno de los componentes electrónicos del circuito impreso. Lo podemos realizar entonces con la ayuda del mismo "PROTEUS 8 PROFESSIONAL" en el subprograma ARES ya que nos permite trazar de manera automática el camino más viable para la unión de elementos según el diagrama eléctrico que se haya dibujado.

Existen varias normas que han sido tomadas en cuenta para el diseño de los conductores de la placa y son las siguientes:

- Utilizar un adecuado espesor para las pistas, sabiendo que nos encontraremos normalmente con tres tipos de líneas que un circuito deben tener. Línea delgada: para interconexión de dispositivos o conducción de señales o datos. Línea más gruesa: para alimentación de voltajes y líneas de masa.
- No prolongar el uso repetitivo de la herramienta de auto-ruteado ya que ella no garantiza un control del espacio entre los componentes y sus conexiones.
- Crear un bosquejo de distribución de los componentes, de forma ordenada, por ejemplo las tres placas montadas en el mismo anaquel, se debe pensar en cómo llegarían los cableados de nuestros conectores, y ubicarlos de una manera adecuada.
- Evitar los trazados con esquinas a 90 grados ya que no se logra buena conducción de electricidad.

- Evitar trazados espirales que puedan producir inducido magnético y consecuente generación de ruidos.

A continuación se puede ver el circuito impreso de las 3 placas:

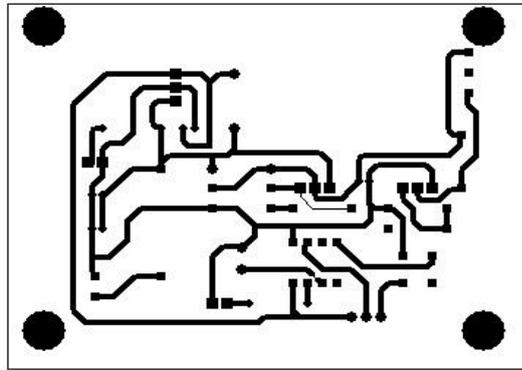


Figura 4.1: Circuito impreso de control de velocidad del motor

Fuente: Ortiz, A.

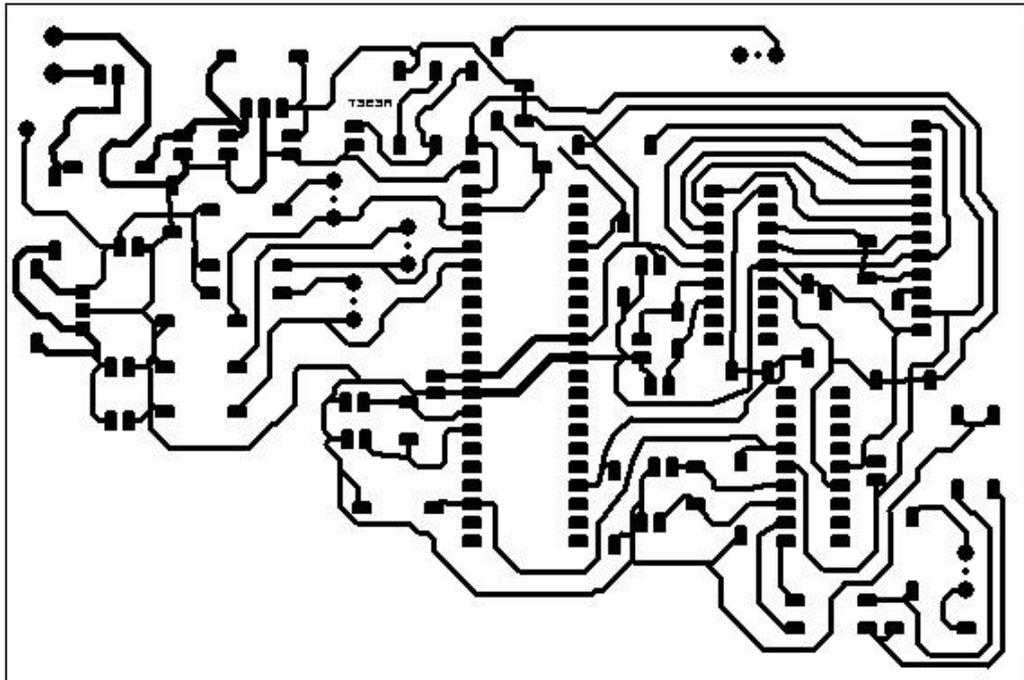


Figura 4.2: Circuito impreso para el control del DIS

Fuente: Ortiz, A.

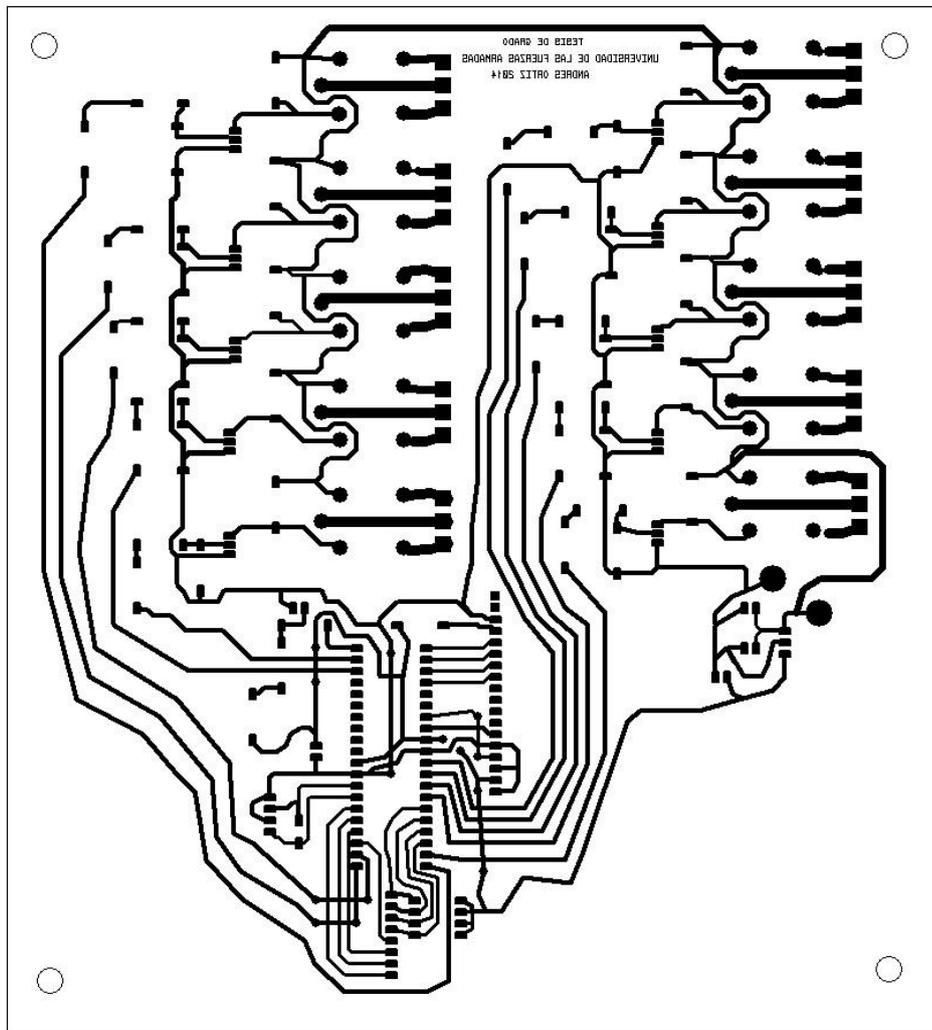


Figura 4.3: Circuito impreso para el control de fallas

Fuente: Ortiz, A.

Se obtiene finalmente el diagrama de las pistas de los diferentes elementos, que con la ayuda de los métodos de transferencia termo-química, fotograbado, o dibujando directamente en la placa, se transfiere el esquema a la placa de baquelita. Se han resumido a continuación los pasos para la elaboración de la placa con las pistas:

1. Imprimir el modelo del circuito con una impresora láser en papel Couche (papel normalmente usado para revistas)

2. Pasar rápidamente la hoja impresa sobre la parte de cobre de la placa con una fuente de calor, similar a una plancha de estampado de prendas.
3. Inmediatamente después de este estampado de la figura del circuito impreso, colocar la placa con la hoja adherida en una fuente con agua, al paso de unos minutos se puede ver como el tóner de la impresión láser va quedándose adherida a la placa de cobre mientras la hoja Couche va abandonando dicha adhesión.
4. Introducir la placa con los caminos ya plasmados en la parte de cobre a una fuente de ácido clorhídrico mezclado con una pequeña cantidad de agua y batir la fuente de manera que se le dé un baño continuo a la placa para que el ácido vaya desplazando al cobre y quede únicamente la parte protegida con el tóner.
5. Una vez obtenido el desprendimiento del cobre no utilizable se procede a lustrar los caminos hasta que queden lo más brillante posibles.
6. Con el uso de un taladro y una broca de 1 milímetro se procede a hacer los orificios de los componentes a ser soldados.

4.2. UBICACIÓN DE COMPONENTES EN LAS PLACAS

Una vez que se ha realizado el circuito impreso se procede a ubicar los componentes electrónicos en la placa para poder soldarlos con un cautín de máximo 30 vatios, aplicando pasta de soldar y estaño de no más de 1.5 milímetros de diámetro.

Para este montaje se ha tenido en cuenta como guía la visualización en 3D que nos permite realizar el programa PROTEUS en el subprograma ARES como se puede ver a continuación:

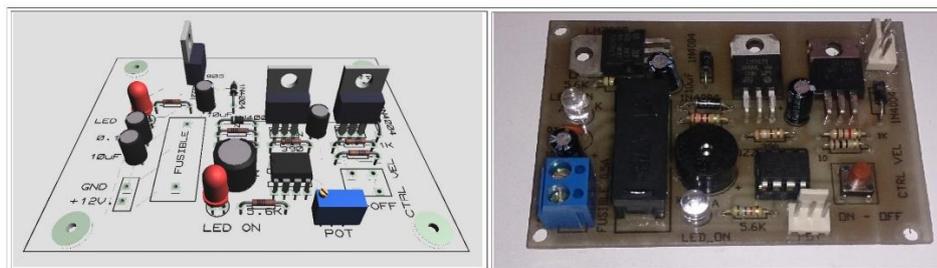


Figura 4.4: Placa de control de velocidad del motor

Fuente: Ortiz, A.

Como siempre un detalle a tomar muy en cuenta es el montaje de los circuitos integrados sobre unos sócalos que permitan la fácil extracción y ensamblaje de los chips en caso de volver a programar, además con esto se evita el contacto directo del calor del cautín al momento de soldar, ya que cualquier afectación excesiva de calor podría quemar al dispositivo.

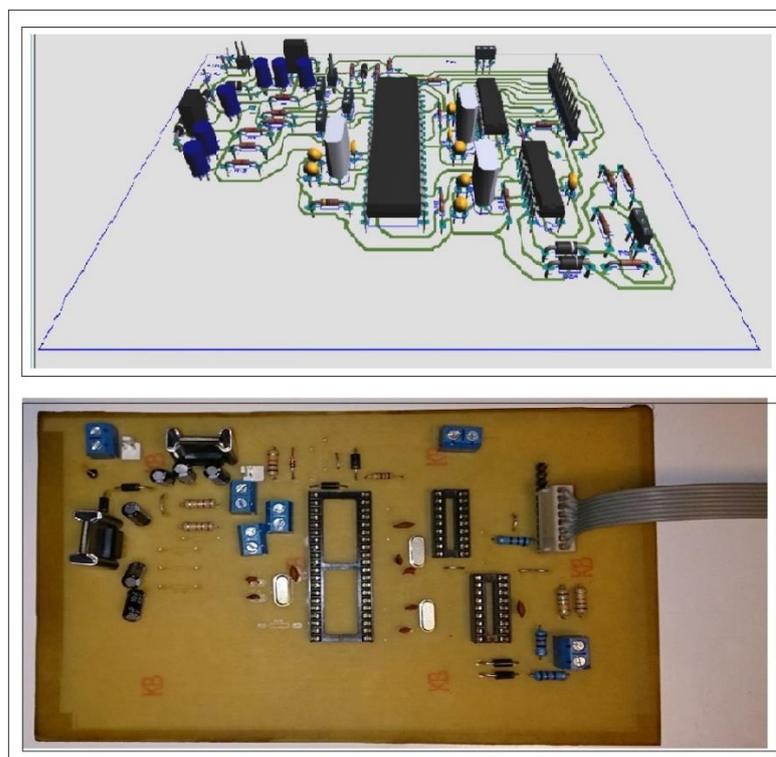


Figura 4.5: Placa de control de encendido del DIS

Fuente: Ortiz, A.

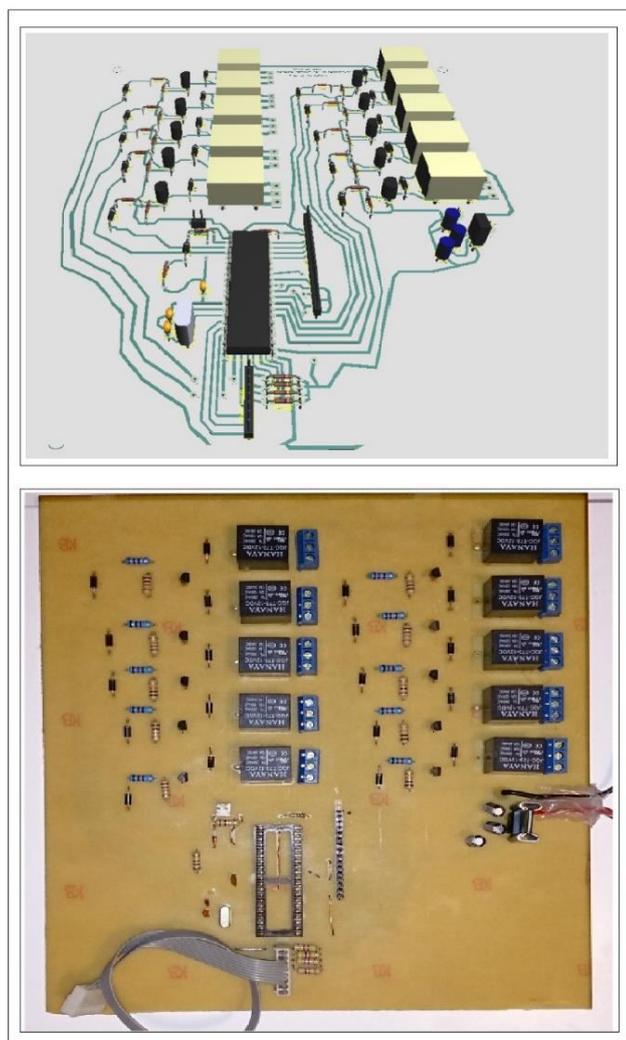


Figura 4.6: Placa de control de fallas

Fuente: Ortiz, A.

4.3. ANÁLISIS EN UN VEHÍCULO DE ENCENDIDO ÓPTICO

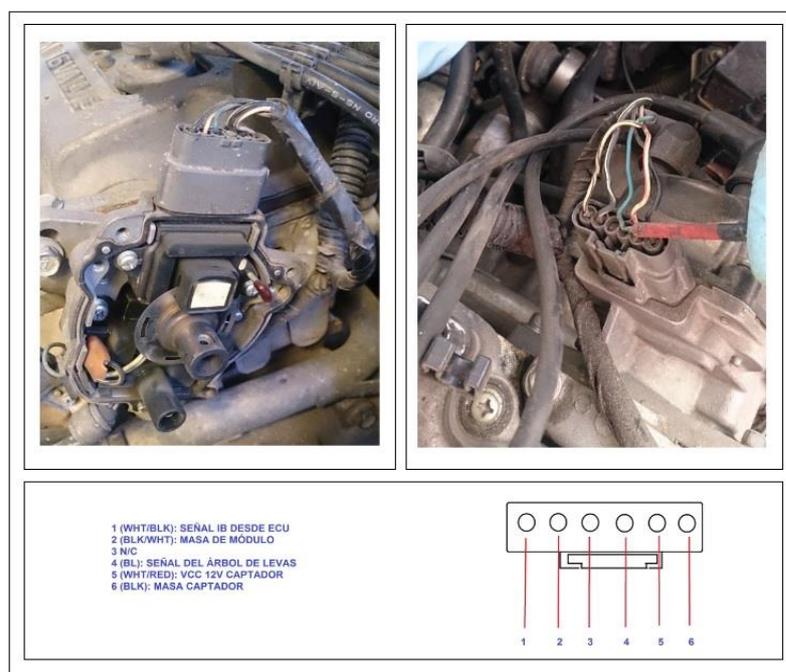
Para tomar como referencia las señales resultantes del tipo de encendido analizado en este proyecto se ha tomado en cuenta el análisis del sistema de encendido óptico, mediante oscilogramas, en un vehículo de las siguientes características:

Tabla 4.1: Características del vehículo analizado

MARCA	NISSAN
MODELO	SENTRA 1.6
AÑO FABRICACIÓN	2008
SERIE MOTOR	GA16
N° CILINDROS	4

Fuente: Ortiz, A.

El vehículo en mención posee un sistema de encendido que integra en un mismo distribuidor al captador óptico, al módulo de encendido y a la bobina, en total existen 5 terminales que llegan al distribuidor y son los siguientes:

**Figura 4.7: Diagrama de pines del distribuidor Nissan Sentra B13**

Fuente: Bosch, 2003

Con la ayuda de un osciloscopio automotriz, en este caso el Osciloscopio OTC de 2 canales, se ha procedido a revisar las señales de los pines del socket del distribuidor.

En primera instancia se puede ver la forma de onda en el terminal 5 respecto a masa, y según el catalogo Bosch nos indica la señal que debería obtenerse es la siguiente:

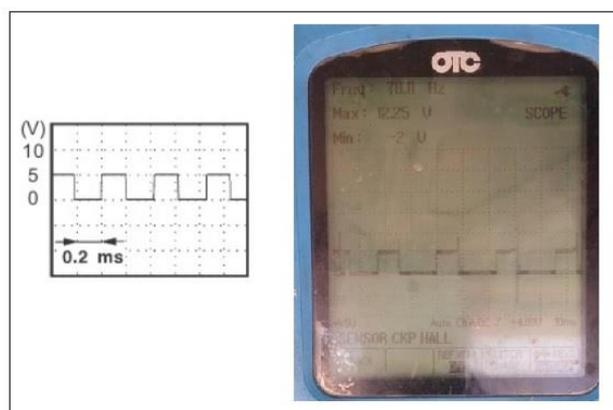


Figura 4.8: Oscilograma del captador óptico

Fuente: Ortiz, A., Bosch, 2003

En efecto se constata la forma de onda y la tensión de la onda cuadrada de 5 voltios y aproximadamente el periodo es de 1mS (arriba) y la señal proveniente de la ECU hacia el módulo integrado de encendido (abajo).

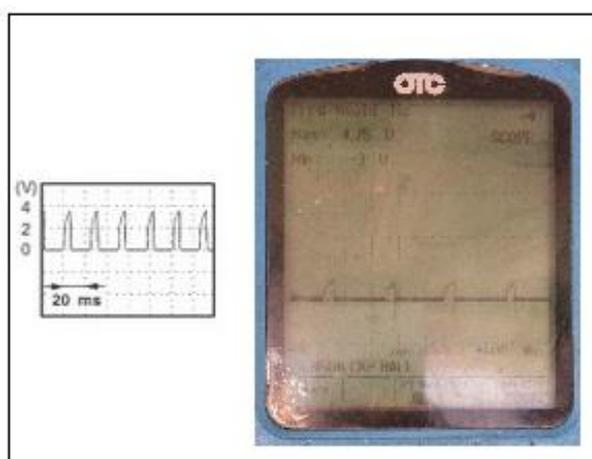


Figura 4.9: Señal de activación del módulo de encendido

Fuente: Ortiz, A., Bosch, 2003

4.4. ANÁLISIS EN EL SIMULADOR

4.4.1. LOCALIZACIÓN DE COMPONENTES

A continuación se muestran los componentes del simulador para su fácil manejo y familiarización:

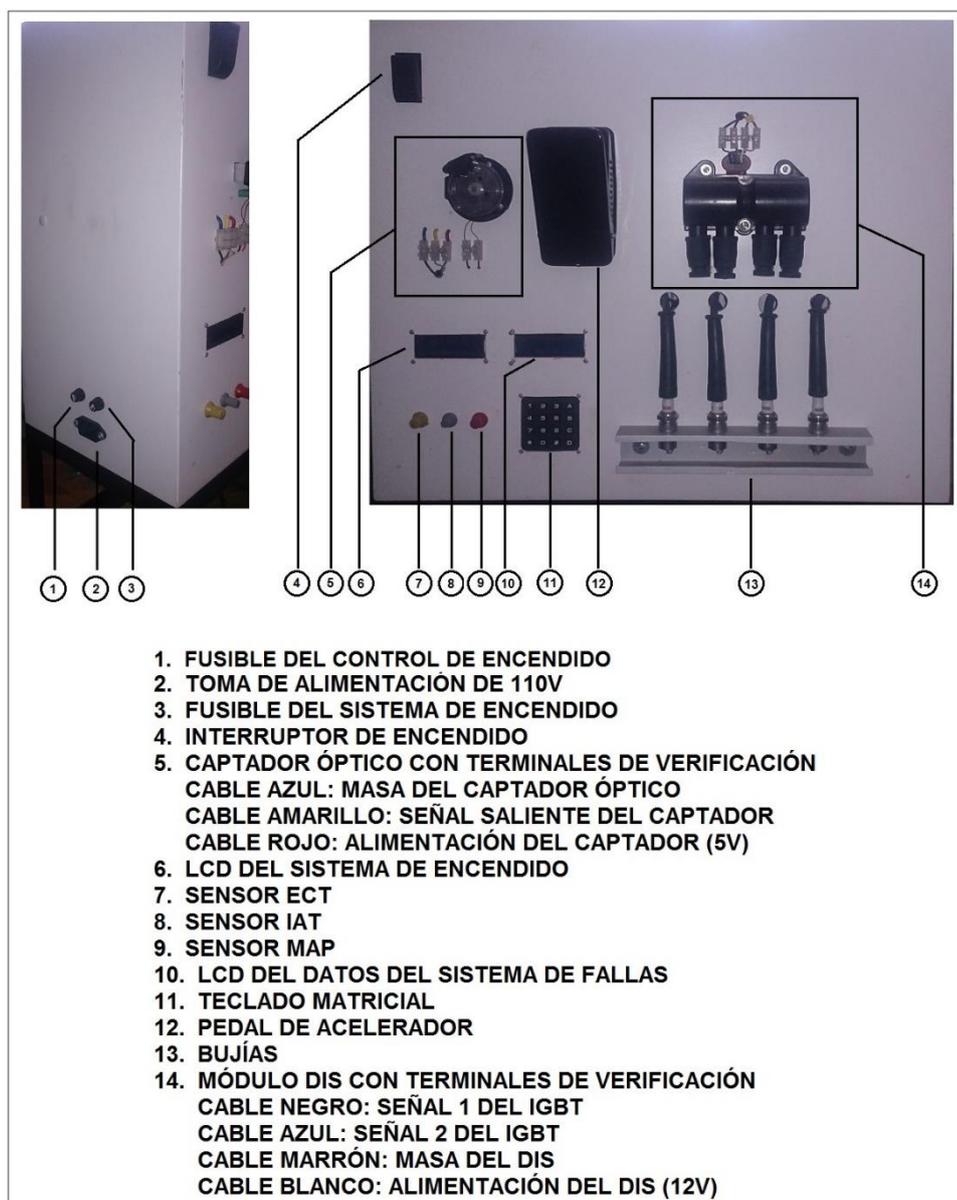


Figura 4.10: Localización de componentes

Fuente: Ortiz, A.

4.4.2. VERIFICACIÓN DEL CONTROL DE VELOCIDAD

Por medio de un multímetro se puede comprobar la variación de voltaje en el motor de corriente directa según la posición del pedal del acelerador. Se ha tomado en cuenta dicha posición en forma de porcentaje y los resultados son los siguientes:

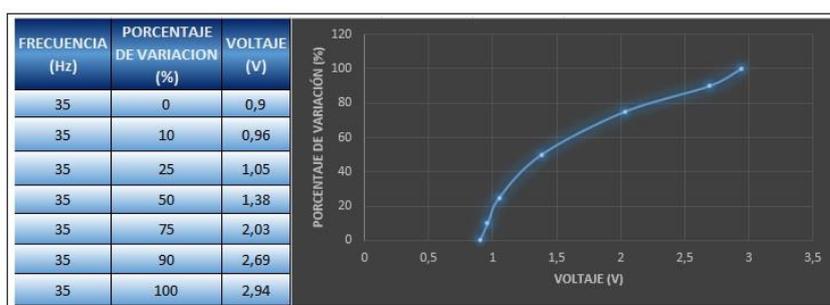


Figura 4.11: Análisis del control de velocidad del motor

Fuente: Ortiz, A.

La frecuencia es un parámetro que va a ser constante en el pulso generado por el modulador PWM y se ha tomado en forma de porcentaje la variación en la posición del pedal de acelerador implementado en el simulador. Todo esto genera una caída de tensión en el motor que está dentro del rango de operación del mismo.

4.4.3. COMPROBACIÓN DEL SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO

Partiendo de la observación de resultados en el vehículo NISSAN Sentra, se ha puesto en marcha el funcionamiento del simulador y las formas de onda y señales que genera son las siguientes:

En la primera señal se puede ver la onda cuadrada que ingresa al DIS produciendo la chispa en 2 bujías (1 y 3), y después de aproximadamente 15 milisegundos el PIC está enviando la señal cuadrada al segundo IGBT

y se está emitiendo la chispa en las otras dos bujías (2 y 4). Con el acelerador se puede variar las RPM, por consiguiente la rapidez del salto de chispa en las bujías.

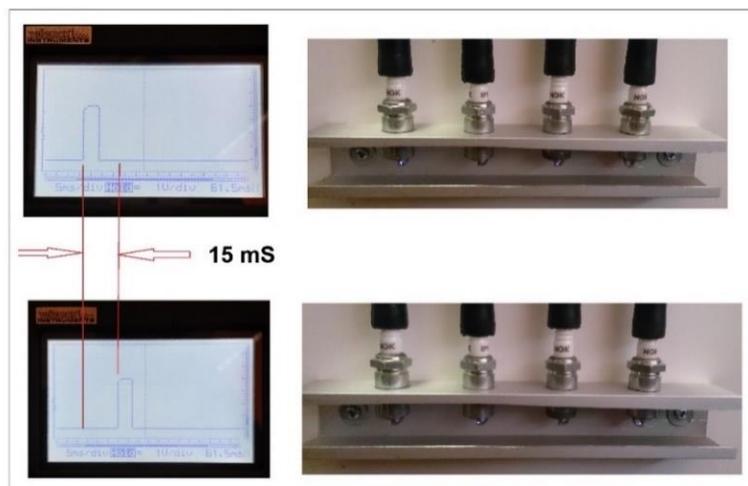


Figura 4.12: Oscilogramas en la entrada a los IGBT del DIS

Fuente: Ortiz, A.

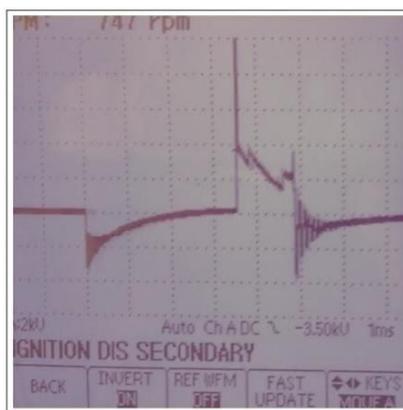


Figura 4.13: Oscilograma de encendido en el secundario

Fuente: Ortiz, A.

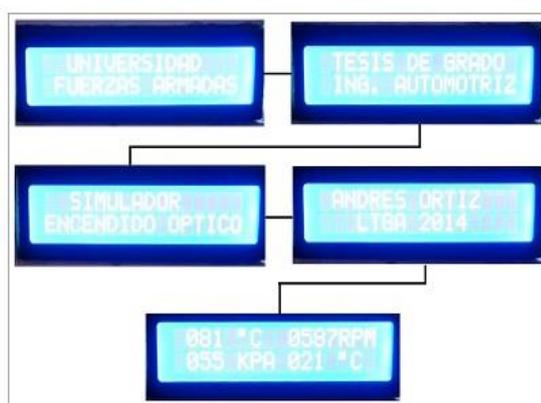
Según el oscilograma a baja velocidad tenemos los siguientes valores en la comprobación del salto de chispa y sus características:

Tabla 4.2 Resultados oscilograma secundario DIS

VOLTAJE SECUNDARIO (KV)	15
TIEMPO DE QUEMADO (mS)	1.5
TIEMPO DE SATURACION (mS)	3.5

Fuente: Ortiz, A.

En la figura siguiente se puede ver los textos de visualización en el LCD hasta llegar a los datos actuales del simulador:

**Figura 4.14: Secuencia de visualización en LCD**

Fuente: Ortiz, A.

El procedimiento de utilización del simulador de encendido óptico es el siguiente:

1. Conectar el cable de alimentación a cualquier toma de 110 voltios
2. Activar el interruptor de encendido
3. Visualizar el LCD de control de encendido
4. Establecer las variaciones por medio del acelerador y los sensores implementados en el tablero
5. Con el uso de un osciloscopio tomar las respectivas señales que se tienen en los puntos de medición situados cerca a los componentes del encendido

4.4.4. FUNCIONAMIENTO DE LA ETAPA DE FALLAS

La etapa de fallas del simulador despliega información y secuencia de procesos que se indica en el gráfico:

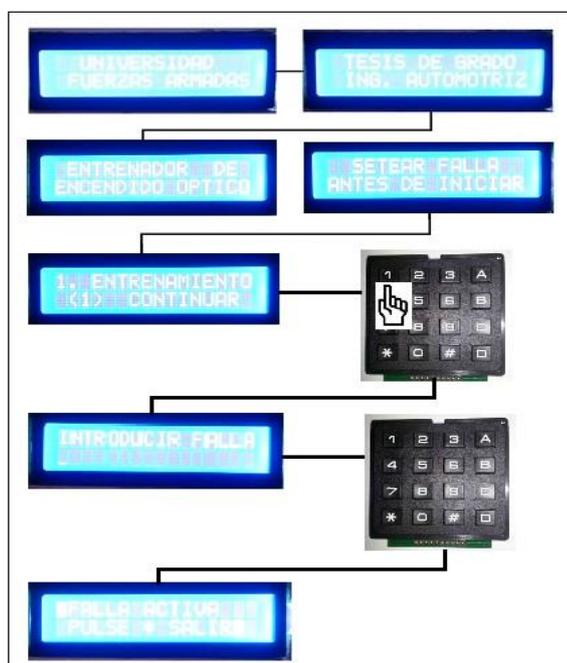


Figura 4.15: Secuencia de funcionamiento de ingreso de fallas

Fuente: Ortiz, A.

El procedimiento de utilización del simulador de fallas es:

1. Conectar el cable de alimentación a cualquier tomacorriente de 110 voltios
2. Activar el interruptor principal
3. Luego de ver la presentación del proyecto en el LCD, la misma se detiene en la pantalla que dice: “ENTRENAMIENTO (1) CONTINUAR”
4. Pulsar la tecla número 1 del teclado para ingresar al sistema de fallas
5. Ingresamos el código deseado de acuerdo a la tabla 4.2

6. El sistema accionará al relé y de esta manera se activará la falla correspondiente
7. Aparecerá el indicador: “FALLA ACTIVA, PULSE * SALIR”, presionamos la tecla * y el sistema regresará a la condición del paso numero 2
8. Podemos repetir el proceso para verificar todos los códigos de falla

Las posibles fallas a introducirse en el sistema pueden ser ingresadas con las combinaciones de números del teclado que se pueden ver en la siguiente tabla con su respectiva afectación:

Tabla 4.3: Códigos de activación e ingreso de fallas

CÓDIGO	FALLA
03	<i>Corta la señal proveniente del captador óptico</i>
05	<i>Elimina el terminal de masa del módulo DIS</i>
06	<i>Corta el paso de corriente del terminal positivo del DIS</i>
07	<i>Suspende el paso de corriente a la señal 1 del DIS</i>
08	<i>Interrumpe la señal 2 que llega al módulo DIS</i>

Fuente: Ortiz, A.

CAPÍTULO V

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

 <p style="text-align: center;">DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ PRÁCTICA DEL SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO</p>		
PRÁCTICA N° 1	NOMBRE DEL ALUMNO:	
TEMA:	PRUEBAS DE CARGA DE LA BATERÍA	
FECHA DE REALIZACIÓN:	PRESENTACIÓN INFORME:	CALIFICACIÓN:

OBJETIVOS

- Determinar los niveles de carga óptima en la batería mediante el uso del densímetro
- Definir el rango de valores de voltaje que debe poseer la batería al momento ser utilizada
- Establecer parámetros y características que influyen en la carga de la batería de uso automotriz
- Medir el nivel de electrolito dentro de la batería

EQUIPO NECESARIO

- Simulador de encendido óptico

- Densímetro
- Multímetro
- Destornillador
- Regla

REVISIÓN TEÓRICA

La Batería

Es un dispositivo que convierte la energía química en energía eléctrica y está formado por varias celdas que generan alrededor de 2 volts cada una, dando un total de 12 voltios. Cada celda está formada por 2 juegos de placas o electrodos de peróxido de plomo y plomo poroso inmersos en una solución de agua y ácido sulfúrico llamado electrolito.

La batería es la encargada de proporcionar energía eléctrica para encender el motor del vehículo. Todas las baterías tienen una vida útil de 2 a 4 años.

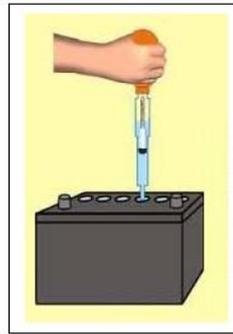
Para obtener el mejor rendimiento es necesario:

- Chequear el nivel del electrolito, el cual debe estar a 1cm aproximadamente arriba de las placas
- Mantener los terminales libres de sulfatos y bien apretados
- Que se encuentre limpio para evitar fugas de corriente producidas por humedad o suciedad

PROCEDIMIENTO

1. Evitando que existan salpicaduras de ácido de la batería del simulador, extraerla mediante la desconexión de sus terminales con la ayuda de un destornillador
2. Ubíquela en un lugar plano, fijo y seguro

3. Retire la tapa de los vasos que contiene la batería y con la ayuda de un densímetro mida el porcentaje de carga de la misma. Anote los valores medidos en la tabla



DENSIDAD POR VASO (Kg/dm ³)					
1	2	3	4	5	6

4. Introduciendo una regla o por medio de una medición indirecta verifique el nivel del electrolito (distancia medida entre el nivel del electrolito y la placa de cada vaso). Anote los valores medidos en la tabla siguiente
5. Con la ayuda de un multímetro en la opción de voltímetro mida el voltaje que presenta la batería
6. Anotados ambos resultados coloque nuevamente la batería con las respectivas conexiones en sus bornes
7. Encienda el simulador del interruptor principal y anote nuevamente la medida del voltaje
8. Desconecte el borne positivo de la batería y con la ayuda del multímetro en la posición amperímetro de corriente directa conecte en serie el mismo, mida y anote el valor de corriente consumida

VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	NIVEL DE ELECTROLITO (cm)

CUESTIONARIO

- ¿Cuáles son los rangos de densidad para determinar el estado de una batería?
- ¿Cuál es el rango de voltaje para comprobar la funcionalidad de la batería?
- ¿Qué tipos de baterías de uso automotriz existen en la actualidad?
- Elabore una tabla de mantenimiento que se le debe dar a una batería
- De acuerdo al flujo de corriente que consume el simulador, ¿considera usted apropiado el uso de la batería con las características que presenta la misma?
- ¿Cuáles son las funciones de la batería dentro del vehículo?

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA		
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ PRÁCTICA DEL SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO		
PRÁCTICA N° 2	NOMBRE DEL ALUMNO:	
TEMA:	EL SENSOR ÓPTICO	
FECHA DE REALIZACIÓN:	PRESENTACIÓN INFORME:	CALIFICACIÓN:

OBJETIVOS

- Graficar las señales que se obtienen en el captador del sistema de encendido óptico en instancias diferentes de velocidad de giro

EQUIPO NECESARIO

- Simulador de encendido óptico
- Osciloscopio automotriz

REVISIÓN TEÓRICA

El encendido óptico

Este tipo de encendido utiliza un sensor de captación óptico - electrónico dentro del distribuidor, compuesto por un diodo emisor de luz infrarroja y un fototransistor receptor, además comprende un disco de no más de 1 milímetro de espesor el cual tiene ranuras y pantallas, comprende un arnés eléctrico y un módulo electrónico convencional para hacer conducir o interrumpir la corriente por el primario de la bobina de encendido.

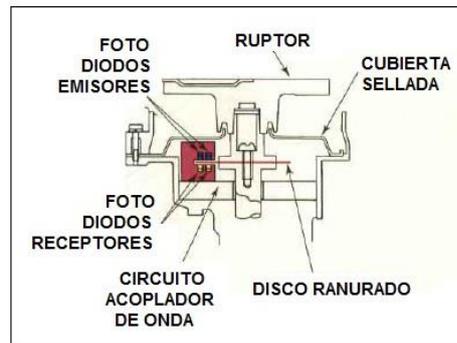


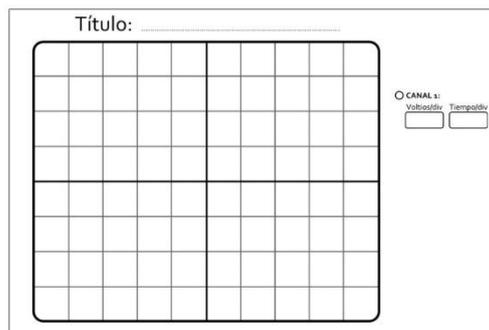
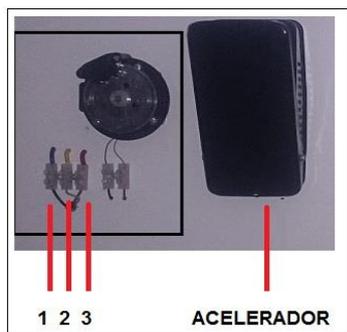
Figura 5.1: Captador óptico

El disco posee un orificio en el centro, dichas pantallas en la circunferencia del disco son perpendiculares al mismo. El orificio central del disco se acopla con el eje central del distribuidor de encendido del auto, para que el disco ranurado coincida en su parte inferior con la base de leva, de esta forma las salientes o pantallas del volante giratorio interrumpen el paso de la luz infrarroja del diodo emisor al foto transistor detector.

El módulo electrónico sirve para canalizar las señales entre estos elementos, con lo cual bloquea de manera eficiente la corriente primaria de la bobina de encendido que dará como efecto el origen de la chispa en la bujía.

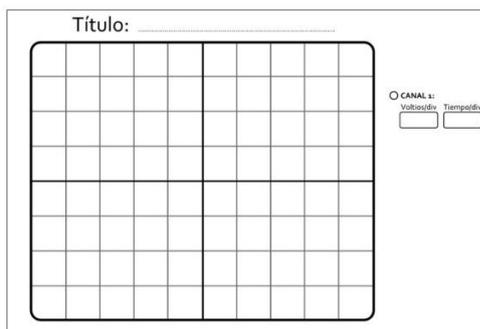
PROCEDIMIENTO

1. Conecte el cable de alimentación a una toma de 110 voltios y encienda el simulador desde el interruptor principal
2. Grafique la forma de onda en los terminales 1 y 3 según la figura que se observa a continuación:

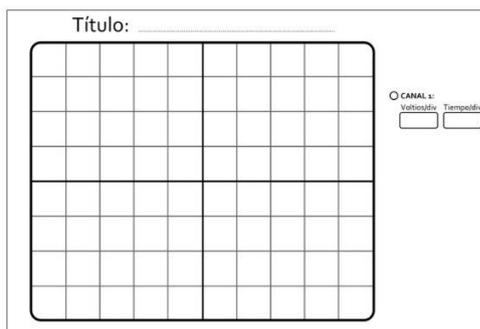


3. Dibuje la forma de onda obtenida para los terminales 2 y 3 de la figura anterior con el acelerador en la posiciones que se indican:

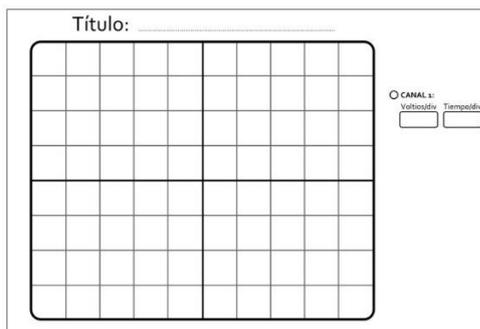
ACELERADOR EN RALENTÍ



ACELERADOR AL 50%



ACELERADOR AL 100%



CUESTIONARIO

- ¿En qué se basa el funcionamiento del sistema de encendido óptico?
- ¿Qué tipo de señales se generan en el captador óptico?
- ¿Cuáles son las características del conjunto del captador óptico?
- ¿Qué función cumplen las aberturas del disco ranurado?
- ¿Qué circuitos electrónicos se puede encontrar dentro del captador óptico?
- ¿Cuál es el manejo que se le da a la señal óptica para producir la chispa en las bujías?
- ¿Cuál es la diferencia con la señal del captador Hall e inductivo?

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

		
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ PRÁCTICA DEL SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO		
PRÁCTICA N° 3	NOMBRE DEL ALUMNO:	
TEMA:	COMPONENTES DE ALTO VOLTAJE	
FECHA DE REALIZACIÓN:	PRESENTACIÓN INFORME:	CALIFICACIÓN:

OBJETIVOS

- Medir la apertura del electrodo central de las bujías
- Comprobar la resistencia de los cables de alta tensión
- Compilar los principales daños producidos en las bujías

EQUIPO NECESARIO

- Simulador de encendido óptico
- Playo de presión
- Llave de bujías 13/16"
- Multímetro
- Calibrador de bujías

REVISIÓN TEÓRICA

Las bujías

En los motores de gasolina, las bujías son el elemento encargado de provocar la combustión de la mezcla, y lo hacen mediante el salto de un arco voltaico (chispa) entre sus electrodos.

Existen diferentes tipos y marca de bujías, y es fácil que una cualquiera, se pueda utilizar en nuestro motor. Sin embargo es importante saber que cada vehículo, tiene ciertas especificaciones que obligan a poner la bujía adecuada a nuestro motor, para garantizar su correcto funcionamiento.

Grado térmico de las bujías

- El grado térmico es una medida de la capacidad de la bujía para disipar el calor desde la cámara de combustión hacia la culata.
- No tiene relación con el voltaje de funcionamiento.
- La medida del grado térmico se determina por diversos factores; ante todo la longitud del aislante central de cerámica y su capacidad para absorber y transferir el calor de combustión, el material del aislador y el material del electrodo central.

Cables de bujías

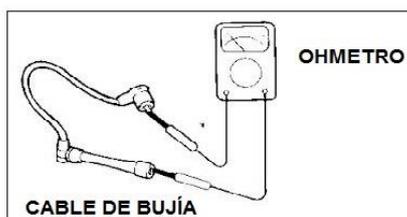
Los cables de bujía son un enlace esencial en el sistema eléctrico del vehículo. Son responsables de transportar energía eléctrica de la batería del vehículo a los enchufes de las bujías del motor y deben funcionar adecuadamente para garantizar un funcionamiento normal del motor. Cuando se dañan los cables de bujías, pueden presentarse una serie de problemas en el motor.

PROCEDIMIENTO

1. Desconecte los cables de las bujías del simulador
2. Con la ayuda del playo de presión apretando los adaptadores súpflex y la llave de bujías 13/16" extraiga las 4 bujías del simulador
3. Por medio del calibrador de láminas revise y anote en la tabla la medida de la apertura del electrodo de cada bujía como se puede ver en la figura siguiente



4. Apunte la clasificación de la bujía
5. Con la ayuda de un multímetro en la opción de óhmetro mida la resistencia de cada uno de los cables de bujías, anote los valores



6. Coloque nuevamente las bujías en el simulador

CALIBRACIÓN DE BUJÍAS (in)		RESISTENCIA DE CABLES (KΩ)	
Bujía N°		Cable N°	
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	

- ¿Cuál es la vida útil de las bujías?
- ¿Qué síntomas se tiene al encontrarse una o más bujías en mal estado?
- ¿De qué material están hechos los cables de bujías?
- ¿Cuál es la vida útil de los cables de bujías?
- ¿Cuál es la forma de manipulación en la extracción de los cables de bujías?

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA		
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ PRÁCTICA DEL SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO		
PRÁCTICA N° 4	NOMBRE DEL ALUMNO:	
TEMA:	EL MÓDULO DE ENCENDIDO DIS	
FECHA DE REALIZACIÓN:	PRESENTACIÓN INFORME:	CALIFICACIÓN:

OBJETIVOS

- Diagnosticar los oscilogramas que presenta la parte de alto y bajo voltaje del sistema de encendido óptico con módulo DIS
- Establecer las medidas de resistencia en devanados de las bobinas del módulo DIS
- Analizar las etapas del encendido a partir de los oscilogramas generados en el circuito primario y secundario del sistema de encendido óptico

EQUIPO NECESARIO

- Simulador de encendido óptico
- Osciloscopio automotriz
- Multímetro

REVISIÓN TEÓRICA

El sistema de encendido DIS (Direct Ignition System) también llamado sistema de encendido sin distribuidor se diferencia del sistema de encendido tradicional en suprimir el distribuidor, con esto se consigue eliminar los elementos mecánicos. Las ventajas del sistema DIS frente al sistema convencional son:

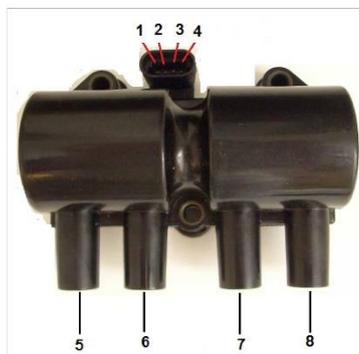
- Mayor tiempo para que la bobina genere el suficiente campo magnético para hacer saltar la chispa que inflame la mezcla, lo que reduce el número de fallos de encendido a altas revoluciones en los cilindros por no ser suficiente la calidad de la chispa que impide inflamar la mezcla.
- Menor interferencias eléctricas del distribuidor por lo que se mejora la fiabilidad del funcionamiento del motor, las bobinas pueden ser colocadas cerca de las bujías con lo que se reduce la longitud de los cables de alta tensión, incluso se llegan a eliminar estos en algunos casos como ya veremos.
- Mayor margen para el control del encendido, por lo que se puede jugar con el avance al encendido con mayor precisión.

A este sistema de encendido se le denomina también de "chispa perdida" debido a que salta la chispa en dos cilindros a la vez, por ejemplo, en un motor de 4 cilindros saltaría la chispa en el cilindro nº 1 y 4 a la vez o nº 2 y 3 a la vez. En un motor de 6 cilindros la chispa saltaría en los cilindros nº 1 y 4, 2 y 5 o 3 y 6. Al producirse la chispa en dos cilindros a la vez, solo una de las chispas será aprovechada para provocar la combustión de la mezcla, y será la que coincide con el cilindro que está en la carrera de final de "compresión", mientras que la otra chispa no se aprovecha debido a que se produce en el cilindro que se encuentra en la carrera de final de "escape".

PROCEDIMIENTO

1. Desconectar el socket del primario del DIS y los 4 cables de bujías del mismo
2. Con el uso de un multímetro en la posición de óhmetro mida la resistencia entre los terminales que se menciona a continuación y serán anotados en la tabla de análisis de datos:

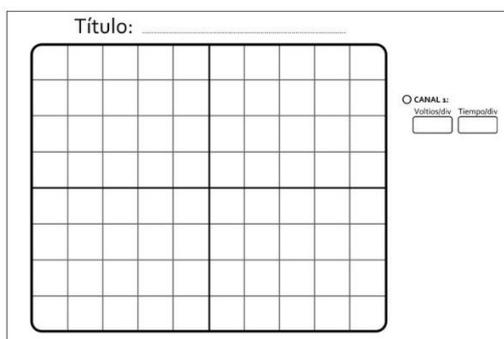
RESISTENCIA EN PRIMARIO				RESISTENCIA EN SECUNDARIO	
1-2	2-3	3-4	4-MASA	5-6	7-8



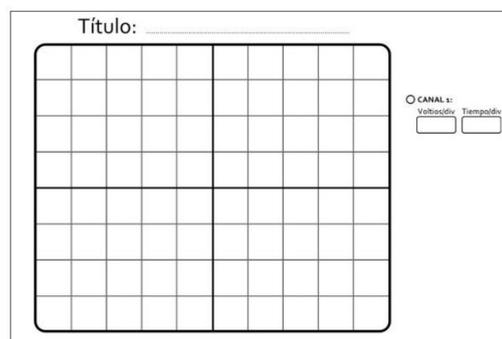
3. Conectar los cables del DIS nuevamente y encienda el simulador
4. Conecte el osciloscopio de la siguiente manera:
 INPUT A: al terminal 1 del DIS,
 INPUT B: al terminal 2 del DIS
 COM: al terminal 3 del DIS.
5. Grafique las formas de onda
6. Por medio de la pinza inductiva grafique el oscilograma representado en la parte de alto voltaje del DIS

Oscilograma de alto voltaje:

BAJA VELOCIDAD



MÁXIMA VELOCIDAD



7. Según los oscilogramas, especifique los parámetros de la tabla siguiente:

	BAJA VELOCIDAD	MÁXIMA VELOCIDAD
TIEMPO DE SATURACIÓN (mS)		
TIEMPO DE QUEMADO (mS)		
VOLTAJE MÁXIMO (KV)		
RELACIÓN VOLTAJE MÁXIMO-VOLTAJE ZONA DE QUEMADO		

CUESTIONARIO

- ¿Cuál es el tiempo de quemado óptimo?
- ¿Cuál es la relación de voltaje máximo versus el voltaje de la zona de quemado normal para tener un buen encendido?
- ¿Qué sucede si se tiene un voltaje de secundario demasiado alto?
- ¿Qué es el ángulo dwell y como se lo llama en los encendido electrónicos?

- ¿Cuál es la diferencia entre un sistema de encendido DIS y un sistema convencional transistorizado? Justifique su análisis graficando oscilogramas de ambos sistemas
- ¿Qué aporte genera la utilización de elementos electrónicos en el sistema de encendido?
- ¿Cuál es su análisis respecto al oscilograma de encendido con módulo DIS y que ventajas genera en la eficiencia de un motor?
- ¿Qué comportamiento tiene este sistema electrónico frente a un sistema convencional al hablar de altas rpm y vida útil?
- ¿Qué tipo de transistores se utiliza en el módulo DIS? Resuma brevemente las características de los mismos
- ¿Cuáles son las principales averías que se podrían producir en este sistema? y ¿de qué manera se las puede detectar?

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

 ESPE UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA		
DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ PRÁCTICA DEL SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO		
PRÁCTICA N° 5	NOMBRE DEL ALUMNO:	
TEMA:	SIMULADOR DE FALLAS DEL ENCENDIDO ÓPTICO	
FECHA DE REALIZACIÓN:	PRESENTACIÓN INFORME:	CALIFICACIÓN:

OBJETIVOS

- Diagnosticar por medio del uso de herramientas y equipos de comprobación las diferentes fallas generadas en el simulador de encendido óptico

EQUIPO NECESARIO

- Simulador de encendido óptico
- Osciloscopio
- Multímetro

REVISIÓN TEÓRICA

Sensores Ópticos

Este tipo de sensores están integrados dentro del cuerpo de los distribuidores, tienen un disco rotor y un circuito de formas de onda. El disco rotor tiene 360 perforaciones, separadas un grado entre sí, para determinar

la posición del cigüeñal estos discos rotores también tienen 4 perforaciones a 90 grados para motores de 4 cilindros, o 6 perforaciones a 60 grados para motores de 6 cilindros, para determinar la velocidad de giro del motor. La perforación más grande le corresponde al cilindro número 1 para permitirle a la PCM determinar la posición del cilindro 1. El sensor consiste en un arreglo de diodos LED y fotodiodos que envían y reciben señales luminosas, respectivamente.

Cuando la señal del disco rotor pasa entre el Diodo Emisor de Luz (LED) y el Diodo Receptor de Luz (Fotodiodo), las ranuras en el disco rotor van cortando alternativamente la luz que viaja desde el LED hasta el fotodiodo. Esto genera una señal de voltaje pulsante, la cual es convertida a una señal digital de prendido/apagado por el circuito de forma de onda enviada a la PCM. Un problema recurrente en este tipo de sensores es el deterioro del anillo O en la base del distribuidor, pues al dañarse permite el paso de aceite dentro del sensor, manchando al diodo LED e impidiéndole enviar sus destellos al fotodiodo receptor, provocando así que el motor no encienda. Otro problema muy común se encuentra en el circuito del manejador de potencia que depende de la señal de distribuidor. La PCM utiliza esta señal para controlar y operar al sistema de encendido.

Diagnóstico

La rutina comienza verificando la presencia de chispa con comprobadores especiales. Bajo ninguna circunstancia deberá aterrizar cable de bujía o bobina alguna a masa. Utilícese al comprobador de chispa como si se tratase de una bujía y este sí, con toda confianza conectar a masa de motor; de no hacerlo así, se corre el riesgo del salto de chispa a algún sitio no deseado cercano a algún componente electrónico, lo cual en muchas ocasiones destruye la PCM. Cuando el módulo de encendido está integrado al cuerpo de la bobina, no es posible realizar las antiguas pruebas de resistencia al circuito primario de la bobina.

Un embobinado primario defectuoso deberá comprobarse indirectamente, mediante la reproducción manual con instrumentos apropiados, de las funciones externas del circuito de activación. También deberán comprobarse las señales provenientes de los sensores, así como sus circuitos hasta la PCM y el módulo de encendido.



En el gráfico anterior se puede ver las partes del simulador de encendido óptico las cuales se deben analizar antes de proceder con cualquier prueba o medición en el mismo.

PROCEDIMIENTO

1. Conecte el cable de alimentación y encienda el simulador
2. En la pantalla de visualización de fallas encontrará el siguiente mensaje:



3. Pulsar la tecla 1 para ingresar al sistema de fallas

4. Presione seguidamente la 0 y luego la tecla 3 (mantener presionado alrededor de 1 segundo cada tecla)
5. En la pantalla de visualización aparecerá "FALLA ACTIVA"
6. Compruebe la falla obtenida, analice, justifique su posible avería y emita su criterio de solución
7. Complete el cuadro siguiente

8. FALLA	CAUSA	SOLUCIÓN
03:		
05:		
06:		
07:		
08:		

9. Pulse la tecla " * " para volver a ingresar fallas
10. Repita el proceso desde el numeral 4 para las fallas: 05, 06, 07 y 08, anote sus resultados en la tabla

CUESTIONARIO

- ¿Qué efecto produce en el vehículo un sistema de encendido defectuoso?

- ¿Cuál sería el mantenimiento periódico a aplicarse en los sistemas de encendido en general?
- ¿De qué manera ayuda la utilización correcta de herramientas y equipos de diagnóstico en la comprobación de fallas del sistema de encendido?
- ¿Cree usted conveniente contar con un equipo que permita la comprobación directa de distribuidores de encendido exclusivamente?
- ¿Cómo influye el ruido eléctrico sobre los equipos de medición y análisis?, ¿Cuál es su criterio para mejorar estas apreciaciones al momento de manipular dichos equipos?
- ¿Es posible diseñar y aplicar el sistema de encendido óptico a vehículos con sistemas anteriores de encendido?, ¿Cuáles serían los parámetros que usted tomaría muy en cuenta? Y ¿Qué beneficios obtendría con una eventual implementación del mismo?

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO VI

MARCO ADMINISTRATIVO

6.1. PARÁMETROS DE LA INVESTIGACIÓN

Se establecen parámetros económicos y administrativos en el presente proyecto, los cuales tienen lineamientos hacia la factibilidad y viabilidad con la que se desarrolla el mismo.

Para lograr el objetivo planteado se recurre a diversos recursos, entre los cuales se puede mencionar y caracterizar a los siguientes:

6.1.1. RECURSOS HUMANOS

El talento humano que lleva a cabo el proyecto es un punto muy importante a tomar en cuenta ya que depende de la interrelación de los integrantes para cumplir las metas planteadas. A continuación se clasifica al personal que interviene en el trabajo planteado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA”.

Tabla 6.1: Recursos humanos

N°	NOMBRE	DETALLE
1	ANDRÉS ORTIZ	
2	ING. GERMÁN ERAZO	GRUPO DE INVESTIGACIÓN
3	ING. STALIN MENA	

Fuente: Ortiz, A.

El trabajo de investigación tiene como su principal al Sr. Andrés Mauricio Ortiz Villamarín con el asesoramiento del Sr. Ing. Germán Erazo como Director del proyecto y el Sr. Ing. Stalin Mena como Codirector del mismo.

6.1.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS

Por tratarse de un proyecto en el que intervienen distintos métodos de investigación se puede señalar que se utilizaron herramientas, máquinas y cierto tipo de elementos tecnológicos de uso cotidiano.

Tabla 6.2: Recursos tecnológicos

N°	NOMBRE
1	INTERNET
2	COMPUTADORA PERSONAL
3	OSCILOSCOPIO AUTOMOTRIZ
4	MULTÍMETRO
5	CÁMARA DIGITAL

Fuente: Ortiz, A.

6.1.3. RECURSOS MATERIALES

A continuación se visualizan los elementos constitutivos del proyecto, los mismos que permitieron la culminación del trabajo.

Tabla 6.3: Recursos materiales

ORDEN	ÍTEM
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
1	PERFIL ANGULAR DE 1 PULGADA X 3 MM DE ESPESOR
2	TABLERO DE MDF CHAPADO
3	JUEGO DE TORNILLOS Y TUERCAS TAMAÑO PEQUEÑO
4	PINTURA Y ACABADO
5	RUEDAS
MATERIAL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	
1	FUENTE DE PODER
2	CABLE N°18
3	BORNERAS
4	CABLE DE ALIMENTACIÓN
5	INTERRUPTORES
6	ELEMENTOS ELECTRÓNICOS PASIVOS
7	CIRCUITOS INTEGRADOS
8	PLACAS DE BAQUELITA
9	CAUTÍN Y ESTAÑO

Fuente: Ortiz, A.

6.1.4. PRESUPUESTO

El proyecto que tiene como título: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA” requiere de una estimación económica para cumplir con todos los requerimientos de elaboración citados en el plan analítico.

En la siguiente tabla se detallan con un precio aproximado los elementos que conforman la adecuación del trabajo.

Tabla 6.4: Presupuesto

N°	ÍTEM	CANT.	UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
1	ESTRUCTURA DEL SIMULADOR	1	100	100
2	TABLERO DE MDF CHAPADO	1	100	100
3	JUEGO DE TORNILLOS Y TUERCAS PEQUEÑAS	1	10	10
4	PINTURA Y ACABADO	1	55	55
5	RUEDAS	4	5	20
MATERIAL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO				
1	FUENTE DE PODER	1	25	25
2	CABLE N°18 (POR METROS)	20	1	20
3	BORNERAS	10	1	10
4	CABLE DE ALIMENTACIÓN	1	5	5
5	INTERRUPTORES	1	8	8
6	CONJUNTO ELEMENTOS ELECTRÓNICOS PASIVOS	1	50	50
7	MICROCONTROLADORES Y TRANSISTORES	5	10	50
8	CIRCUITOS INTEGRADOS	6	15	90
9	PLACAS DE BAQUELITA	2	5	10
10	CAUTÍN Y ESTAÑO	1	30	30
HERRAMIENTAS				
1	PELADOR DE CABLES	1	30	30
2	MULTÍMETRO	1	25	25
TOTAL				623

Fuente: Ortiz, A.

6.1.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de realización del proyecto se muestra en la siguiente figura:

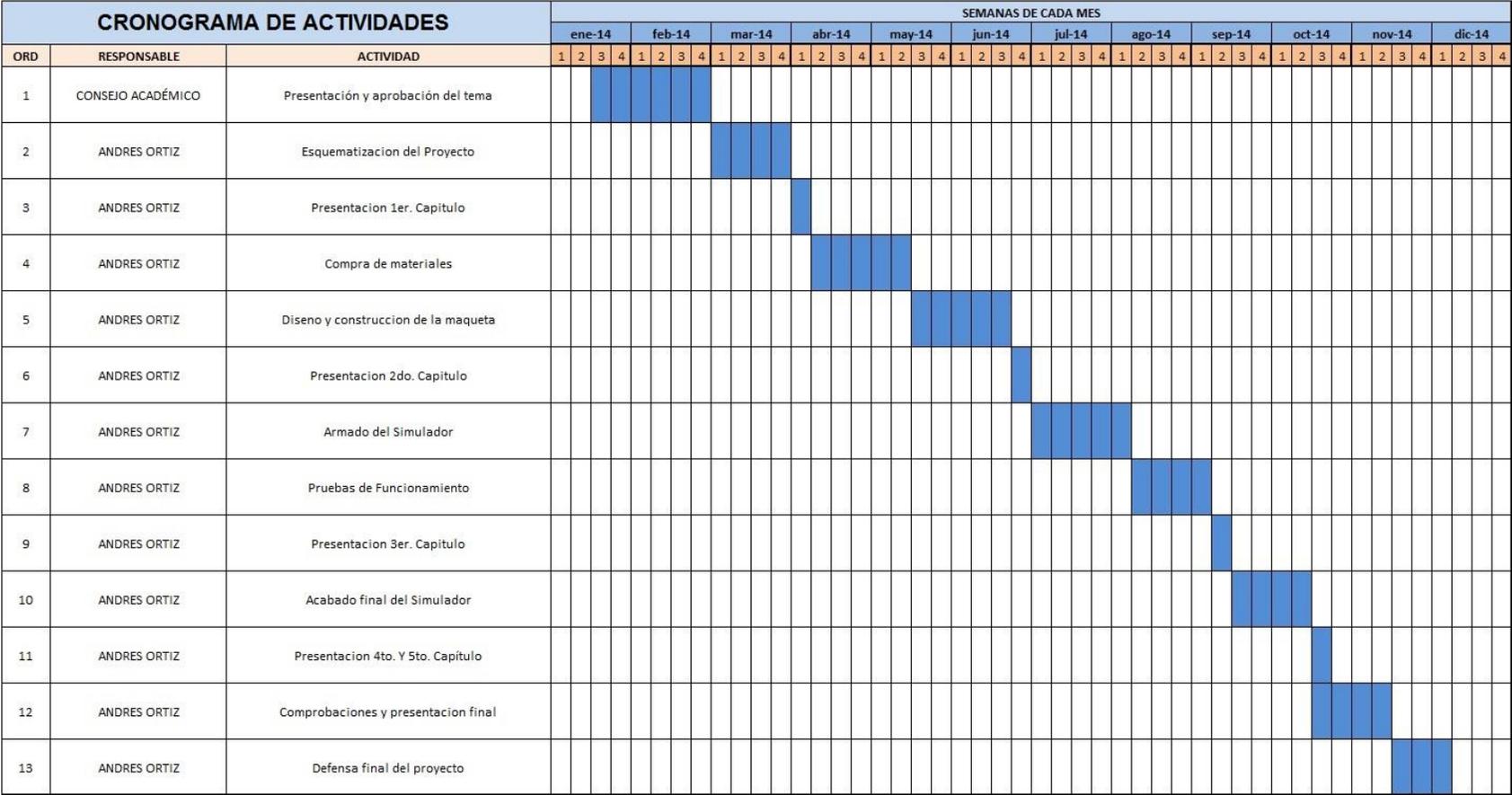


Figura 6.1: Cronograma de actividades

Fuente: Ortiz, A.

CONCLUSIONES

Culminada la presente investigación mediante el análisis de resultados generados durante el desarrollo del proyecto, así como también con las limitantes y posibles mejoras encontradas a lo largo del trabajo titulado: “SIMULADOR DE ENCENDIDO ÓPTICO PARA EL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA”, se puede concluir que:

- Se diseñó y se construyó el simulador de encendido óptico para el laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga con los parámetros necesarios y en el software adecuado, permitiendo de esta manera adquirir un mayor campo real de lo proyectado en el presente trabajo de investigación.
- Se empleó software de diseño en la implementación de los circuitos eléctricos y electrónicos del proyecto, optimizando así recursos que normalmente intervienen en el análisis operacional previo a la construcción y ensamblaje de los sistemas creados en la presente tesis de grado.
- Se seleccionó los microcontroladores adecuados en base a la simulación y cálculos electrónicos que permitieron la implementación y el correcto funcionamiento del sistema generador de movimiento, control, visualización, monitoreo y simulación de fallas.
- Se efectuó las pruebas de funcionamiento y valoración del proyecto utilizando instrumentos de medición y diagnóstico, con el fin de

comprobar la correspondencia entre la variación de los sensores con el despliegue de los datos de visualización, además de la verificación de los tiempos de control para activación de las bobinas del módulo de encendido DIS.

RECOMENDACIONES

- Revisar las condiciones de seguridad en el medio en donde se va a trabajar, especialmente si se trata de equipos electrónicos y de alto voltaje como es el encendido del automóvil.
- Verificar si los instrumentos de medición poseen alta impedancia de entrada para que de esta forma se obtenga una mayor precisión en el análisis de resultados y se proteja también los componentes sensibles como en este caso son los microcontroladores.
- Aislar el equipo de cualquier fuente de ruido electromagnético mediante la utilización de un cortapicos u otro elemento de protección y estabilización de línea de energía eléctrica.
- Buscar aplicabilidad de los elementos usados en la presente tesis y ampliar el desarrollo de nuevas tecnologías con elementos mejorados e inmunes a cierto tipo de amenazas físicas presentes en el comportamiento y desempeño de sus funciones.
- Fortalecer conocimientos en cuanto al uso de herramientas y equipos de diagnóstico que permitan la verificación de sistemas electrónicos de aplicación vehicular.
- Considerar la creación y/o adquisición de nuevos simuladores de sistemas de gestión electrónica en los vehículos porque permiten desarrollar destrezas para la verificación en panoramas reales de averías automotrices.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. (2000). *Técnicas del Automovil*. Madrid: Paraninfo.
- Booster, B. (2005). *Los 10 pasos para reparar autos que no encienden*. México: NUK.
- Crouse. (2005). *Puesta a punto y rendimiento del motor*. Mexico D.F.: Alfaomega.
- Ibrahim, D. (2006). *Microcontroller Based Applied Digital Control*. London: John Wiley & Sons.
- López Martínez, J. M. (2007). *El medio ambiente y el automóvil*. Madrid: CIE INVERSIONES EDITORIALES DOSSAT 2000.
- Muhammad, R. (2004). *Electrónica de Potencia: Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones*. Mexico D.F.: Pearson Educación.
- Pérez Belló, M. Á. (2011). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: Paraninfo.
- Vicente, M. d. (2000). *Nueva Enciclopedia del Automovil - Inyección y Encendido*. Barcelona: CEAC.

NETGRAFÍA

- Sistemas de encendido. Disponible en: www.catalogobosch.com. Consultado el 15 de Febrero del 2014

- IRFZ44N Datasheet. Disponible en www.fairchild.com. Consultado el 12 de Abril del 2014
- 16F877A, 12F675, 16F628A Datasheet. Disponible en www.microchip.com. Consultado el 1 de Mayo del 2014
- *Sistemas de encendido electrónico* .Disponible en www.aficionadosalamecanica.net. Consultado el 2 de Mayo del 2014
- *DC 3V motor catalog*. Disponible en www.jameco.com. Consultado el 4 de Septiembre del 2014

ANEXOS