

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE TURBO
TIMER PARA MOTORES SOBREALIMENTADOS, EN UN
VEHÍCULO MITSUBISHI CANTER”**

**ROBERTO XAVIER LARA LARA
ESTEBAN ANDRÉS LORA MENA**

**Tesis presentada como requisito previo a la obtención del
grado de:**

INGENIERO AUTOMOTRIZ

MAYO DE 2013

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, ROBERTO JAVIER LARA LARA y ESTEBAN ANDRÉS LORA MENA,

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE TURBO TIMER PARA MOTORES SOBREALIMENTADOS, EN UN VEHÍCULO MITSUBISHI CANTER”, fue desarrollado con la debida investigación científica, sabiendo respetar todos los derechos intelectuales de terceros, acorde con las citas que se hacen al pie de página correspondiente, las fuentes se añaden a la bibliografía. Por lo que se puede afirmar que este trabajo es de nuestra exclusiva autoría.

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

Latacunga, Mayo de 2013.

Roberto Javier Lara L.
CC. 1002854576

Esteban Andrés Lora M.
CC. 1003205711

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
CERTIFICADO

ING. NESTOR ROMERO (DIRECTOR)

ING. LUIS MENA (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo denominado “DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE TURBO TIMER PARA MOTORES SOBREALIMENTADOS, EN UN VEHÍCULO MITSUBISHI CANTER”, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas y estatutos establecidos, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Es un proyecto de excelente calidad y contenido científico que servirá para la enseñanza/aprendizaje, la aplicación de conocimientos y el desarrollo profesional, por lo que sí se recomienda su publicación.

Latacunga, Abril de 2013.

Ing. Néstor Romero
DIRECTOR

Ing. Luis Mena
CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
AUTORIZACIÓN

Nosotros, ROBERTO JAVIER LARA LARA y ESTEBAN ANDRÉS LORA MENA,

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército para que publique en la biblioteca virtual de la Institución el trabajo denominado “DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE TURBO TIMER PARA MOTORES SOBREALIMENTADOS, EN UN VEHÍCULO MITSUBISHI CANTER”, en el que se encuentran contenidos ideas y criterios que hemos desarrollado bajo nuestra exclusiva autoría.

Latacunga, Mayo de 2013.

Roberto Javier Lara L.

CC. 1002854576

Esteban Andrés Lora M.

CC. 1003205711

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado en primer lugar a Dios, por las fuerzas que me brindaba día a día para salir adelante durante los cinco años de estudio y no desistir, es difícil esta etapa de la vida y aún más difícil cuando la afrontas lejos de casa, y la única compañía que tienes es el señor. Se la dedico también a la Virgen Dolorosa que es parte de mi inspiración y la que le dedico cada uno de los días de mi vida.

A mi madre por todas esas palabras de aliento y esfuerzos incontables por ayudar me y tratar de brindarme lo mejor para que saliera adelante, en la mayoría de ocasiones dejando de lado ciertas cosas y poniéndome a mí como lo primordial.

A mi padre de una u otra manera me apoyo para salir adelante y me sirvió de apoyo en momentos en los que uno solo pensaba en salir corriendo y no mirar atrás, la tensión era tan fuerte que en ocasiones me sentía rendido y asfixiado entre las cuatro paredes de mi cuarto.

A mis hermanas, ellas fueron un pilar más en mi carrera ya que siempre me esforzaba para que ellas observaran en mí un modelo de superación, y así permitir que se superen y lleguen a ser igual o mejor que uno.

A mis amigos aunque uno no lo crea son parte fundamental ya que siempre aunque sea con un simple y noble gesto me apoyaban y me daban fuerzas para regresar cada semana y dar lo mejor de mí en la carrera.

Roberto Javier

DEDICATORIA

Esta tesis de grado la dedico principalmente a mis Padres los mismos que han sabido aconsejarme y guiarme para ser una persona correcta, que gracias a sus consejos y comprensión han sido el apoyo necesario para poder cumplir todos los objetivos propuestos a lo largo de la carrera, por ese gran pilar que ha sido muy útil en los momentos de adversidad y por apoyarme con los recursos necesarios para poder estudiar.

A mis hermanas que han sido una fuente de inspiración para cumplir las metas trazadas a lo largo de la carrera, por el gran apoyo que he recibido por parte de ellas, y por las palabras de aliento que siempre han estado presentes para surgir como un profesional.

A mi familia, que siempre me han estado pendientes de como se ha ido desarrollando mi carrera estudiantil, demostrando una gran preocupación y el apoyo que demostraron en el transcurso de mis estudios.

ESTEBAN ANDRES

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por brindarme salud y sabiduría durante este largo camino, de igual forma a mis padres que siempre me apoyaron y estuvieron hay para darme la mano cuando lo necesite y nunca dejarme caer.

A mi profesores que supieron guiar y enseñar de la manera más profesional indicándonos día a día las guías y pasos para poder llegar a conocer , e interpretar de una manera correcta la Mecánica aplicada al Automóvil.

A mis colaboradores científicos por la paciencia y ayuda durante el desarrollo de este proyecto.

Agradezco de manera especial al Sr. Santiago A. por su apoyo y ayuda, me supo ayudar de manera desinteresada, aportando de esta manera un granito de arena más para alcanzar el sueño tan anhelado.

A todos mi mayor reconocimiento y gratitud.

Roberto Javier

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre Inés por el apoyo incondicional, por todos los consejos y palabras que ha sabido expresarme en todo momento, las mismas que han sido de gran ayuda y apoyo para culminar con mis estudios.

A mi padre Luis una persona ejemplar, que gracias a todos sus consejos me ha sabido guiar por el camino del bien y ha sido la persona quien me ha apoyado a pesar de todas las situaciones.

A mis hermanas Diana y Pamela que han estado siempre conmigo a pesar de todas las circunstancias que hemos pasado, han sido de mucha ayuda para poder culminar con mi carrera.

A mis maestros por los conocimientos impartidos a lo largo de toda la carrera, que serán de gran ayuda a lo largo de toda mi vida profesional.

A mis amigos que siempre han estado apoyándome y que han sido de gran ayuda en los buenos y malos momentos, han sido fundamentales en todo este proceso.

A todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

ESTEBAN ANDRES

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	I
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	II
CERTIFICADO	III
AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE ECUACIONES	XV
ÍNDICE DE ANEXOS	XVI
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
PRESENTACIÓN	XIX
CAPÍTULO 1	1
EL PROBLEMA	1
ANTECEDENTES	1
PLANTEAMIENTO	2
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
JUSTIFICACIÓN EN IMPORTANCIA	3
CAPÍTULO 2	4
MARCO TEÓRICO	4
MOTORES SOBREALIMENTADOS	4
INTRODUCCIÓN	4
SOBREALIMENTACIÓN EN MOTORES OTTO	5
SOBREALIMENTACIÓN EN MOTORES DIESEL	7
TIPOS DE SOBREALIMENTADORES	8
TURBOCOMPRESOR	9
CONSTITUCIÓN DE UN TURBOCOMPRESOR	11
TURBO TIMER	15

FUNCIONAMIENTO DEL TURBO TIMER	16
CAPÍTULO 3	18
PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS	18
HIPOTESIS	18
HIPOTESIS GENERAL	18
HIPOTESIS ESPECIFICA	18
VARIABLES DE INVESTIGACION	18
VARIABLE INDEPENDIENTE	18
VARIABLE DEPENDIENTE	19
OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	19
CAPÍTULO 4	21
DELIMITACIÓN DE REQUISITOS DEL DISPOSITIVO	21
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA	21
REQUISITOS DEL SISTEMA	21
AMBIENTE DE TRABAJO	22
DESEMPEÑO SOLICITADO	22
ESPECIFICACIONES DE POTENCIA	22
APROXIMACIÓN EN BLOQUES	23
SUBSISTEMA DE SENSADO	23
SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO	24
SUBSISTEMA DE INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA	24
SUBSISTEMA DE RESPUESTA	25
SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN	25
CAPÍTULO 5	26
DISEÑO DEL SISTEMA	26
CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE	26
SUBSISTEMA DE SENSADO	26
SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO	30
SUBSISTEMA DE INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA	34
SUBSISTEMA DE RESPUESTA	38
SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN	39
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL	40
DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO	42
DESCRIPCIÓN DEL FIRMWARE	43

PROGRAMA PRINCIPAL	43
SUBROUTINAS ESPECIALES	46
INTERRUPCIONES	53
DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	58
INSTRUMENTO VIRTUAL PARA OBSERVACIÓN DE VARIABLES TIEMPO REAL	58
INSTRUMENTO VIRTUAL PARA OBSERVACIÓN DEL HISTORIAL DE MEDICIONES	59
CAPÍTULO 6	61
IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS	61
MONTAJE FÍSICO DEL SISTEMA	61
CALIBRACIÓN DEL MECANISMO	66
CALIBRACIÓN DE VELOCIDAD ANGULAR	66
CALIBRACIÓN DE TEMPERATURA	69
RESUMEN DE CALIBRACIONES	71
PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	72
DETERMINACIÓN DE PRECISIÓN EN LA ADQUISICIÓN DE VARIABLES	72
VERIFICACIÓN DE APAGADO ANTE PARÁMETROS INSEGUROS O FINALIZACIÓN DE TIEMPO	78
PRESUPUESTO REFERENCIAL	79
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Funcionamiento de un motor sobrealimentado	4
Figura 2.2. Tipos de compresores para sobrealimentar un motor	9
Figura 2.3. Funcionamiento del turbocompresor	10
Figura 2.4. Partes principales de un turbocompresor	12
Figura 2.5. Temperaturas de funcionamiento de un turbocompresor	12
Figura 2.6. Instalación de un TURBO TIMER comercial	16
Figura 4.1. Diagrama de bloques del sistema	23
Figura 5.1. Circuito de medición de voltaje	26
Figura 5.2. Circuito de medición de temperatura	27
Figura 5.3. Adquisición de señales lógicas desde el sistema de gestión del automóvil	28
Figura 5.4. Interfaz de señal de freno de estacionamiento	28
Figura 5.5. Interfaz de señal de contacto	29
Figura 5.6. Conformador de pulsos para lectura de velocidad angular del motor	30
Figura 5.7. Diagrama de bloques del PIC18F2550	32
Figura 5.8. Conexión del microcontrolador	33
Figura 5.9. Conexión del teclado	35
Figura 5.10. Conexión del módulo de visualización	36
Figura 5.11. Diagrama de conexión del transceptor TTL – RS232	37
Figura 5.12. Cable adaptador USB – RS232	38
Figura 5.13. Conexión de los elementos de potencia	39
Figura 5.14. Circuito de alimentación	40
Figura 5.15. Diagrama esquemático general del módulo	41
Figura 5.16. PCB de la placa del TURBO TIMER	42
Figura 5.17. Diagrama de flujo del programa principal	44
Figura 5.18. Diagrama de flujo de la subrutina de grabación de lecturas	48
Figura 5.19. Rutina especial de interrupción por recepción UART	54
Figura 5.20. Diagrama de flujo de la interrupción por desbordamiento del TIMER0	55
Figura 5.21. Diagrama de flujo de la interrupción por desbordamiento del TIMER1	55
Figura 5.22. Diagrama de flujo de la interrupción por flanco activo en CCP1	57
Figura 5.23. Instrumento virtual para observación de variables en tiempo real	59
Figura 5.24. Instrumento virtual para observación del historial de mediciones	60
Figura 6.1. Placa del sistema electrónico	61
Figura 6.2. Montaje de los elementos electrónicos dentro de la caja de acrílico	62

Figura 6.3. Pruebas previas de laboratorio sobre el sistema	62
Figura 6.4. Búsqueda de señal de contacto	63
Figura 6.5. Búsqueda de señal de velocidad angular	63
Figura 6.6. Diagrama de montaje del módulo sobre el sistema eléctrico del vehículo	64
Figura 6.7. Montaje del módulo electrónico en el tablero de instrumentos del vehículo	65
Figura 6.8. Montaje del Dispositivo en el Vehículo	65
Figura 6.9. Gráfica velocidad angular – frecuencia del camión JAC	67
Figura 6.10. Gráfica velocidad angular – frecuencia del camión MITSUBISHI	68
Figura 6.11. Gráfica temperatura – voltaje del camión JAC	70
Figura 6.12. Gráfica temperatura – voltaje del camión Mitsubishi	71
Figura 6.13. Medición de Voltaje	73
Figura 6.14. Gráfica de dispersión de valores de voltaje	74
Figura 6.15. Medición de Temperatura	75
Figura 6.16. Gráfica de dispersión de valores de temperatura	76
Figura 6.17. Medición de Velocidad Angular	76
Figura 6.18. Gráfica de dispersión de valores de velocidad angular	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Operacionalización de la variable independiente	19
Tabla 3.2. Operacionalización de la variable dependiente	20
Tabla 5.1. Conexión de puertos del microcontrolador	33
Tabla 5.2. Configuraciones de los distintos módulos del microcontrolador	46
Tabla 5.3. Parámetros modificables en el menú de configuración	47
Tabla 5.4. Características del búfer de historial	49
Tabla 5.5. Trama de datos usada para enviar el historial	49
Tabla 5.6. Trama de datos usada para enviar las lecturas en tiempo real	50
Tabla 6.1. Características Vehículo 1	66
Tabla 6.2. Características Vehículo 2	66
Tabla 6.3. Lecturas de frecuencia y velocidad angular en los dos camiones	67
Tabla 6.4. Lecturas de voltaje y temperatura en los dos camiones	69
Tabla 6.5. Resumen de configuraciones realizadas para los dos camiones	72
Tabla 6.6. Mediciones de voltaje en los camiones	73
Tabla 6.7. Mediciones de temperatura en los camiones	75
Tabla 6.8. Mediciones de velocidad angular en los camiones	77
Tabla 6.9. Pruebas de apagado ante parámetros inseguros	78
Tabla 6.10. Error máximo de cada prueba ejecutada	79
Tabla 6.11. Costos de los componentes del sistema	80
Tabla 6.12. Costo total del diseño y construcción del sistema	80

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 5.1. Digitalización una señal analógica	51
Ecuación 5.2. Función de transferencia de la temperatura del motor	52
Ecuación 5.3. Función de transferencia de la velocidad angular del motor	52
Ecuación 5.4. Función de transferencia del retardo de apagado	53
Ecuación 5.5. Período de conteo del TIMER1	56
Ecuación 5.6. Temporización máxima obtenida en el TIMER1	56
Ecuación 5.7. Obtención de frecuencia en función de período	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Artículo del Proyecto	87
Anexo B. Planos Turbo Compresor	95
Anexo C. Análisis de Temperaturas del Eje de la Turbina	101

RESUMEN

El proyecto a presentar como parte del proceso de obtención del título de tercer nivel, se relaciona básicamente con la electrónica aplicada en el automóvil, detalla el diseño e implementación de un dispositivo microprocesado configurable para el control del retardo de apagado en motores de combustión interna turboalimentados; el Turbo Timer será un dispositivo que para su funcionamiento se basa en las señales emitidas tanto por el sensor de temperatura como de revoluciones del vehículo; este dispositivo ayudara a controlar los tiempos de apagado del motor, permitiendo así conservar y alargar la vida útil de los componentes del turbo compresor, ya que cuando el motor se apaga el turbo sigue en marcha pero sin la lubricación necesaria proveniente de la bomba de aceite la cual funciona mientras el motor se encuentra girando.

Sus funciones adicionales incluyen el almacenamiento interno de parámetros de funcionamiento y la visualización gráfica en tiempo real de variables medidas, en cualquier PC, este dispositivo utiliza un modelo matemático con puntos de ajuste configurables, para calcular la duración del retardo de apagado del motor. La función determina el tiempo en relación al historial de revoluciones medido en los últimos segundos.

Un microcontrolador de alta gama se encarga de la adquisición y procesamiento de la velocidad angular del motor y su temperatura de funcionamiento; mientras que una LCD alfanumérica y un instrumento virtual para PC cumplen la función de interfaz humano – máquina.

Luego de probar el dispositivo para condiciones severas de funcionamiento, se llegó a determinar que es eficaz y eficiente, posee gran capacidad de almacenamiento (diez minutos) y presenta facilidad de configuración.

ABSTRACT

The project to be presented as part of the process to obtain the title of the third level, is basically related applied electronics in the car, details the design and implementation of a configurable microprocessed device, for the control of ignition shutdown delay of internal combustion engines turbocharged, as the Turbo Timer is a device for its operation is based on the signals emitted by both the temperature sensor as the vehicle speed, this device help control the time of engine shutdown, allowing preserve and extend the useful life of turbocharger components, as when the engine shuts down the turbo is still going but without the necessary lubrication from the oil pump which works when the engine is turning.

Additional features include internal storage of operating parameters in real-time graphic display of measured variables in any PC, this device uses a mathematical model with configurable set points to calculate the duration of engine shutdown delay. The function determines the time in relation to the history of revolutions measured in the last seconds.

A high performance microcontroller is responsible for the acquisition and processing of the engine angular velocity and its operating temperature; while an alphanumeric LCD and a PC virtual instrument play the role of human - machine interface.

After testing the device for severe operating conditions, it was determined that it is effective and efficient, has great storage capacity (ten minutes) and provides ease of configuration.

PRESENTACIÓN

El presente documento recopila tanto el sustento teórico como el fundamento científico y de metodología, usados en el diseño e implementación del controlador de retardo de apagado de motores de combustión interna turboalimentados.

En el primer y tercer capítulos, se presenta tanto el análisis del problema a resolver, como el planteamiento de las hipótesis y la operacionalización de las variables.

En el segundo capítulo, se detalla el marco teórico usado para la elaboración del sistema.

El cuarto capítulo muestra la arquitectura aproximada del hardware, en función del cumplimiento de requisitos de desempeño.

En el quinto capítulo, se realiza la caracterización del hardware y la descripción del firmware y software, usando criterios y procedimientos de ingeniería.

Por último, en el capítulo seis se detalla la implementación del dispositivo para dos vehículos diferentes, con las respectivas pruebas y análisis.

CAPÍTULO 1

1. EL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

Con el transcurso del tiempo y el avance de la tecnología, la incursión de la electrónica ha sido más notoria en el campo automotriz. Así, la ingeniería de aplicación ha tomado nuevos rumbos en el desarrollo de dispositivos para el mejoramiento continuo de los sistemas del automóvil, logrando óptimos desempeños de los mismos.

El sistema de sobrealimentación del cual se encuentran provistos los motores turboalimentados opera en todos los regímenes, tanto es en bajas como en altas revoluciones. Cada vez que el conductor apaga el motor, el turbo cargador sigue girando por efecto de la inercia hasta detenerse por cuenta propia; el tiempo que tarda en detenerse depende de las revoluciones en las que se encontraba funcionando previamente. Como ejemplo tenemos que si el vehículo a estado funcionando en un régimen de giro de aproximadamente 1500 rpm constantes durante un lapso de 30s, el timer se programara automáticamente en un tiempo de aproximadamente 100s para el retardo del apagado del motor.

En el período de tiempo comprendido entre el apagado del motor de combustión y el parado del turbo, éste último opera sin lubricación porque la bomba de aceite se detiene conjuntamente con el motor. Por esta razón, es necesario asegurar que el turbo cargador se haya estabilizado en regímenes bajos, para que el tiempo que gire por inercia sea mínimo y se disminuya así el desgaste por fricción.

1.2. PLANTEAMIENTO

En cuanto a la electrónica aplicada en el automóvil se refiere, no se ha diseñado un sistema de temporización a bordo del vehículo, que permita controlar los tiempos de apagado del motor a diesel teniendo como referencia el historial de sus parámetros de funcionamiento.

Además, no existen parámetros y tiempos establecidos, con los cuales un sistema de temporización de apagado trabaje eficientemente. Es necesario realizar un estudio de criterios para determinar estos valores.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e instalar un sistema configurable basado en microprocesadores, para realizar rutinas de retardo de apagado y control de parámetros seguros en tiempo real, de motores diesel sobrealimentados.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un sistema de temporización que permita mantener las condiciones óptimas de funcionamiento del turbo, para alargar su vida útil.
- Utilizar controladores digitales para calcular y controlar el tiempo óptimo de retardo de apagado del motor.

- Diseñar una interfaz con el usuario que permita configurar puntos de ajuste, observar lecturas en tiempo real y controlar la activación del temporizador.
- Realizar pruebas de conducción reales para determinar las condiciones bajo las cuales el sistema temporizador trabajará oportunamente.

1.4. JUSTIFICACIÓN EN IMPORTANCIA

- Es necesaria la elaboración de una aplicación que permita retardar eficientemente el apagado de los motores diesel sobrealimentados, para estabilizar la velocidad angular del turbo en regímenes seguros.
- El tiempo de disminución del régimen del turbo, antes administrado irregularmente por el conductor, sería gobernado de mejor manera por un sistema automático. Este dispositivo tendría la ventaja de verificar el historial de parámetros de funcionamiento del motor y determinar cuál es el período de retardo óptimo.
- El diseño y construcción de este sistema se basa en conocimientos, habilidades, capacidades, destrezas y aptitudes, vinculadas a la competencia profesional de los ingenieros automotrices. Para ello, se aplican conocimientos adquiridos en las áreas de Sistemas Digitales, Sistemas Microprocesados y Autotrónica, todos estos vinculados con la teoría y la práctica en Motores de Combustión Interna y Motores Diesel.

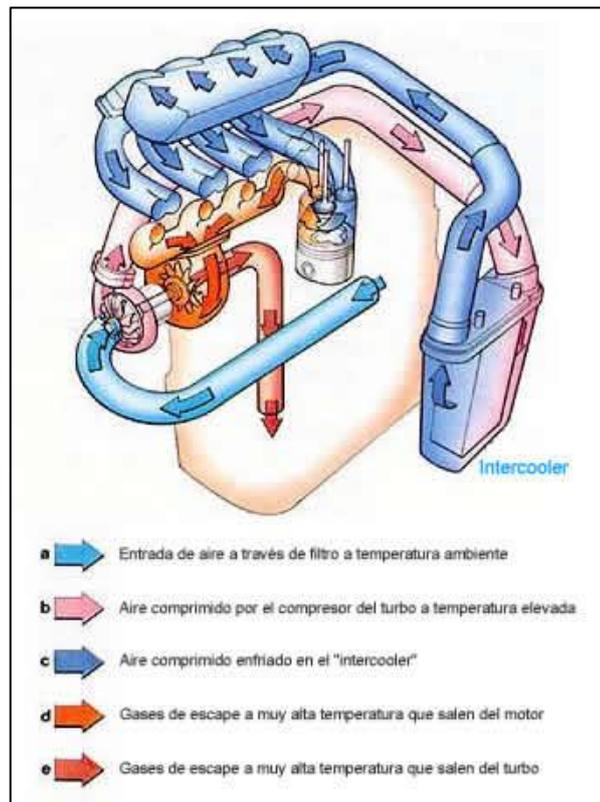
CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. MOTORES SOBREALIMENTADOS

2.1.1. INTRODUCCIÓN

El uso de elementos que sirvan para sobrealimentar los motores viene dado por la necesidad de aumentar la potencia, sin tener que incrementar la cilindrada o el régimen máximo del motor¹.



FUENTE: <http://www.aficionadosalamecanica.net/turbo.htm>

Figura 2.1. Funcionamiento de un motor sobrealimentado

¹ <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/1125464/Motores-Sobrealimentados.html>

Una de las maneras consiste en incrementar la cantidad de combustible quemado en cada ciclo de trabajo. Pero por mucho que se aumente el combustible, no se consigue mayor resultado si no existe aire suficiente para favorecer la combustión.

Entonces, se puede aumentar la potencia al colocar en el interior del cilindro, un volumen de aire (motores Diesel) o de mezcla aire – combustible (motores Otto), mayor que el que ingresa nominalmente (motores atmosféricos)².

Por otro lado, en condiciones de densidad de aire no favorable, como grandes altitudes (disminución de la presión atmosférica) o climas calurosos (disminución de las moléculas de oxígeno por el aumento de temperatura), surge también la necesidad de sobrealimentar los motores.

2.1.2. SOBREALIMENTACIÓN EN MOTORES OTTO

El problema que se encuentra con la sobrealimentación de estos motores, consiste en que al sobrepasar una cierta presión de compresión, esto puede ocasionar problemas de autoencendido o detonación. Esto se debe al incremento de temperatura de la mezcla de aire – combustible dentro del cilindro, en la carrera de compresión del motor.

Para evitar el problema mencionado, se debe reducir la relación de compresión por debajo de 10:1. De esta forma, se impide el aumento de presión y consecuentemente de temperatura de la mezcla.

- Otro problema que se encuentra con la sobrealimentación en estos motores, es el aumento de las cargas térmicas y mecánicas. Debido a

² <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/1125464/Motores-Sobrealimentados.html>

que las presiones durante el ciclo de trabajo en un motor sobrealimentado son mayores, estas conllevan a un incremento en los esfuerzos mecánicos y térmicos por parte del motor. Los motores sobrealimentados desde la fábrica, están constituidos partes mecánicas mejoradas contra el desgaste y el incremento de temperatura³.

- Otra cosa a tener en cuenta es la variación en el diagrama de distribución. Así para un motor sobrealimentado, cuanto mayor sea el avance a la apertura de la válvula de escape, tanto mejor será el funcionamiento de la turbina⁴. También la regulación al avance del encendido debe ser mucho más precisa, por eso es necesario un motor con encendido electrónico. Además de todo ello, la sobrealimentación de gasolina ha de tener en cuenta los siguientes factores:
- La bomba de gasolina debe ser de mayor caudal y presión, por lo que se opta generalmente por bombas eléctricas.
- En el circuito de admisión de aire se debe instalar un sistema de filtrado perfectamente estanco.
- A fin de optimizar el llenado del cilindro, se precisa de un dispositivo INTERCOOLER que enfríe el aire que se ha calentado al comprimirlo por el sistema de sobrealimentación, antes de entrar en los cilindros del motor.
- Se debe aumentar la riqueza de la mezcla aire – combustible, para disminuir la temperatura de escape y proteger la turbina del cargador.

³ <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/1125464/Motores-Sobrealimentados.html>

⁴ <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/1125464/Motores-Sobrealimentados.html>

- En el escape, la sección de las canalizaciones una vez superada la turbina, se agranda para reducir en lo posible las contrapresiones que se originan en este punto.
- La contaminación que provocan los motores sobrealimentados de gasolina es comparable a la de un motor atmosférico, aunque los óxidos de nitrógeno son mayores debido a las mayores temperaturas.

2.1.3. SOBREALIMENTACIÓN EN MOTORES DIESEL

En estos motores, el hecho de utilizar solamente aire en el proceso de compresión y no introducir el combustible sino hasta el momento final de la carrera de compresión, no crea problemas de picado en el motor.

Al introducir un exceso de aire en el cilindro, se aumenta la compresión y se facilita el encendido y el quemado completo del combustible inyectado. Por otro lado, la mayor presión de entrada de aire favorece la expulsión de los gases de escape y el llenado del cilindro con aire fresco. Con esto se consigue un aumento del rendimiento volumétrico⁵.

Todo el aire que entra en el cilindro del motor hay que comprimirlo; cuanto más sea el volumen de aire de admisión, mayor será la presión en el interior de los cilindros. Esto trae como consecuencia la presencia de mayores esfuerzos mecánicos que pueden ser soportados sin problema, ya que este tipo de motor es muy robusto.

⁵ <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/1125464/Motores-Sobrealimentados.html>

2.1.4. TIPOS DE SOBREALIMENTADORES

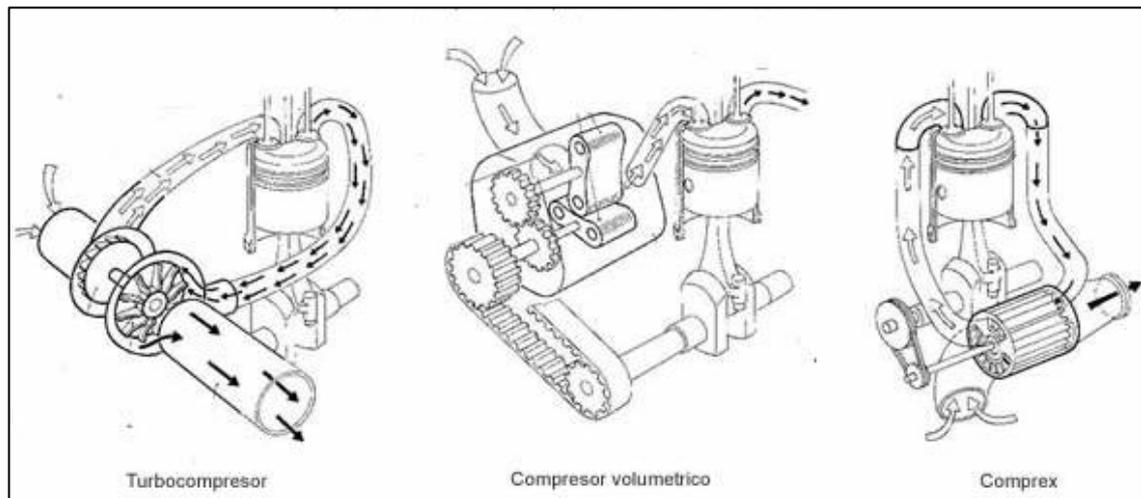
Los compresores se clasifican en tres grupos:

- Volumétricos o de desplazamiento positivo: compresores de mando mecánico (accionados por el cigüeñal mediante piñones o correa).
- Dinámicos o de no desplazamiento positivo: turbocompresores (accionados por los gases de escape).
- De onda de presión: se tiene exclusivamente al COMPREX.

En el terreno de la sobrealimentación de motores, tanto en gasolina como en diesel, los mejores resultados obtenidos hasta ahora se han llevado a cabo con la ayuda de los turbocompresores. Estos elementos, a pesar de algunos inconvenientes, tienen la gran ventaja de que no consumen energía efectiva del motor, además de que pueden girar a velocidades angulares elevadísimas⁶.

Su facilidad para ser aplicados debido a su pequeño tamaño y las ventajas nombradas anteriormente, hacen que el turbocompresor se haya difundido exitosamente para usos comerciales y de competición.

⁶ <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/1125464/Motores-Sobrealimentados.html>



FUENTE: MOTOR DIESEL TURBO: SOBREALIMENTACION DEL MOTOR; MIGUEL DE CASTRO; EDICIONES CEAC.

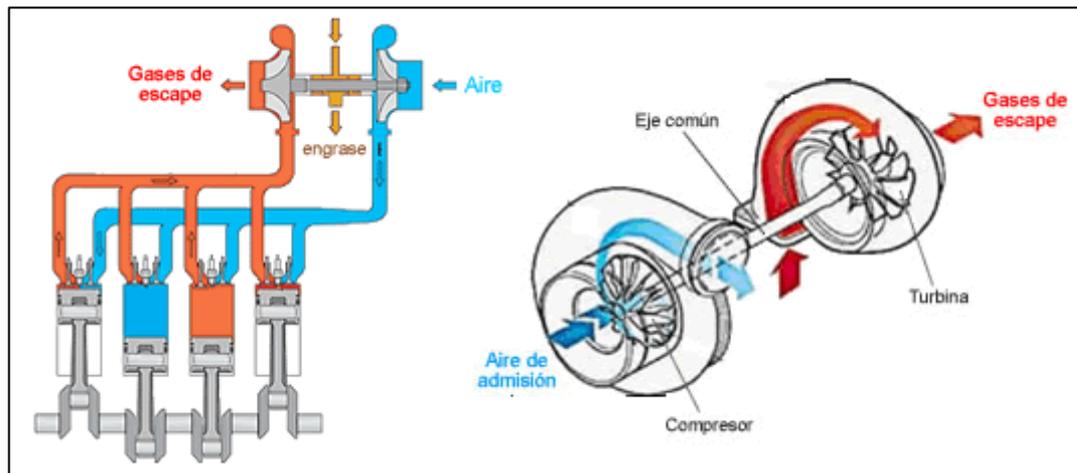
Figura 2.2. Tipos de compresores para sobrealimentar un motor

2.2. TURBOCOMPRESOR⁷

Tiene la particularidad de aprovechar la fuerza con la que salen los gases de desecho a través de una turbina colocada en el colector de escape, solidaria mediante un eje a un compresor. Este último, está ubicado en la entrada del colector de admisión y con el movimiento giratorio que le transmite la turbina, eleva la presión del aire de alimentación del motor.

El turbocargador alcanza velocidades por encima de las 100000rpm. Por tanto, hay que tener muy en cuenta la eficiencia del sistema de engrase de los cojinetes donde se apoya el eje. También es necesario conocer que las temperaturas a las que se somete, son muy elevadas (alrededor de 750°C).

⁷ <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/1125464/Motores-Sobrealimentados.html>



FUENTE: <http://www.aficionadosalamecanica.net/turbo2.htm>

Figura 2.3. Funcionamiento del turbocompresor

a. Funcionamiento a ralentí y carga parcial inferior

En estas condiciones el rodete de la turbina de los gases de escape es impulsado por medio de la baja energía de los gases de escape. El aire fresco aspirado por los cilindros no es pre comprimido por el rodete del compresor.

b. Funcionamiento a carga parcial media

Cuando la presión en el colector de aspiración (entre el turbo y los cilindros) se acerca a la atmosférica, se impulsa la rueda de la turbina a un régimen de revoluciones más elevado. El aire fresco aspirado por el rodete del compresor es pre comprimido y conducido hacia los cilindros a presión atmosférica o ligeramente superior. Aquí el turbo empieza su función de sobrealimentación del motor.

c. Funcionamiento a carga parcial superior y plena carga

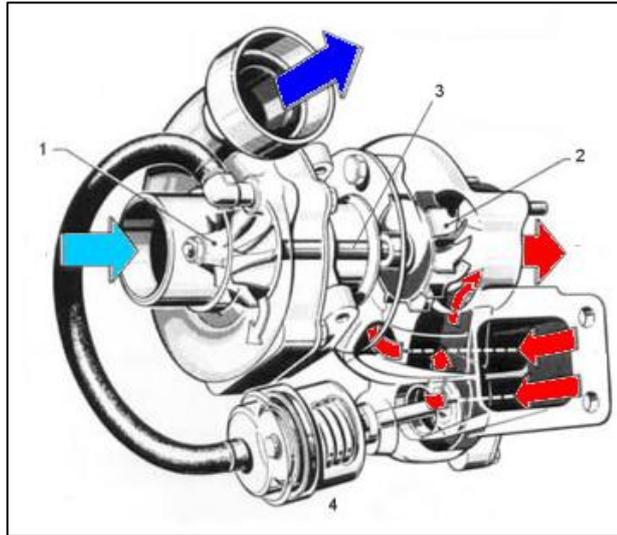
En esta fase continúa aumentando la energía de los gases de escape sobre la turbina, y se alcanza el valor máximo de presión en el colector de admisión. La sobrepresión es limitada a través de una válvula de descarga.

El aire fresco aspirado por el rodete del compresor es comprimido a la máxima presión que no debe sobrepasar los 0.9bar en los turbos normales y 1.2bar en los turbos de geometría variable.

2.2.1. CONSTITUCIÓN DE UN TURBOCOMPRESOR⁸

Como se puede observar en la siguiente figura, los elementos principales que forman un turbo son el eje común (3), que tiene en sus extremos los rodetes de la turbina (2), y el compresor (1). Este conjunto gira sobre los cojinetes de apoyo, los cuales trabajan en condiciones extremas y dependen necesariamente de un circuito de engrase que los lubrica. Por otra parte, el turbo sufre una constante aceleración a medida que el motor sube de revoluciones; como no hay control en el giro de la turbina, la presión en el colector de admisión se limita a través de una válvula de descarga (4). Esta válvula está situada en derivación y manda parte de los gases de escape directamente a la salida del escape, sin pasar por la turbina.

⁸ <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/1125464/Motores-Sobrealimentados.html>

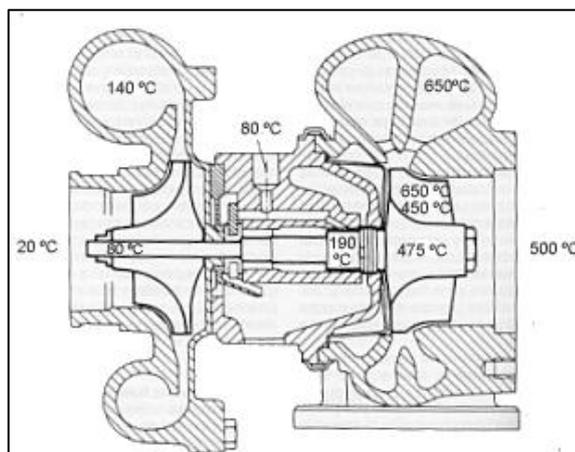


FUENTE: <http://www.aficionadosalamecanica.net/turbo2.htm>

Figura 2.4. Partes principales de un turbocompresor

a. Temperatura de funcionamiento

Los componentes que están en contacto con los gases de escape pueden alcanzar temperaturas muy altas (650°C), mientras que los que están en contacto con el aire de aspiración solo alcanzan alrededor de 80°C .



FUENTE: MOTOR DIESEL TURBO: SOBREALIMENTACION DEL MOTOR; MIGUEL DE CASTRO; EDICIONES CEAC.

Figura 2.5. Temperaturas de funcionamiento de un turbocompresor

El turbo se refrigera por el aceite de engrase, por el aire de aspiración y en algunos casos a través del líquido refrigerante del motor. El calentamiento del aire de aspiración no resulta favorable para el motor, ya que se dilata y disminuye su densidad y con ello su riqueza en oxígeno. Un aire demasiado caliente en el interior del cilindro, también dificulta la refrigeración de la cámara de combustión durante el barrido.

En los motores gasolina, las temperaturas de los gases de escape son entre 200 y 300°C más altas que en los motores diesel. Estos motores suelen ir equipados con carcasas centrales refrigeradas por agua. Cuando el motor está en funcionamiento, la carcasa central se integra en el circuito de refrigeración del motor. Tras pararse el motor, el calor que queda se expulsa utilizando un pequeño circuito de refrigeración, que funciona mediante una bomba eléctrica de agua controlada por un termostato.

Hoy en día los cárteres de los cojinetes de los turbocompresores para motores Otto, se refrigeran exclusivamente con agua. Además se aplican materiales más resistentes al calor en su fabricación, y los fondos de los pistones se refrigeran por medio de inyección de aceite.

b. Engrase del turbo

El engrase de los cojinetes deslizantes es muy comprometido, ya que existen temperaturas de operación elevadas y desequilibrios dinámicos de los dos rodets en caso de que se le peguen restos de aceites o carbonillas. Esto produce vibraciones con distintas frecuencias que entrando en resonancia pueden romper la película de engrase produciendo micro gripajes.

El eje del turbo también está sometido en todo momento a altos contrastes de temperaturas en donde el calor del extremo caliente se transmite al lado más frío. Esto acentúa las exigencias de lubricación porque se puede carbonizar el aceite, debiéndose utilizar aceites homologados por el API.

Se recomienda después de una utilización severa del motor con recorridos largos a altas velocidades, no parar inmediatamente el motor sino dejarlo encendido en ralentí un mínimo de 30 segundos para garantizar una lubricación y refrigeración óptima.

El engrase en los turbos de geometría variable es más comprometido aún, porque además de los rodamientos tiene que lubricar el conjunto de varillas y palancas que son movidas por el depresor neumático. Al recolectarse suciedades (barnices por deficiente calidad del aceite), se agarrotan las guías y compuertas, y el turbo deja de trabajar correctamente con pérdida de potencia por parte del motor.

c. Recomendaciones de mantenimiento y cuidado para los turbocompresores

El turbocompresor está diseñado para durar lo mismo que el motor. No precisa de mantenimiento especial y sus inspecciones se limitan a comprobaciones periódicas. Para garantizar que la vida útil sea igual que la del motor, deben cumplirse de forma estricta las siguientes instrucciones de mantenimiento:

- Cumplimiento de los intervalos de cambio de aceite.
- Mantenimiento del sistema de filtro de aceite.
- Control de la presión de aceite.
- Mantenimiento del sistema de filtro de aire.

El 90% de todos los fallos que se producen en turbocompresores se debe a las siguientes causas:

- Penetración de cuerpos extraños en la turbina o en el compresor.
- Suciedad en el aceite.
- Suministro de aceite poco adecuado (presión de aceite / sistema de filtro).
- Altas temperaturas de gases de escape (deficiencias en el sistema de encendido / sistema de alimentación).

2.3. TURBO TIMER

Es un dispositivo microprocesado y configurable que permite el retardo de apagado del motor de manera automática, basándose en señales analógicas y digitales (sensor de temperatura, sensor de rpm, voltaje, freno de mano, contacto), permitiendo así conservar en un estado óptimo los componentes del turbo compresor.

Los automóviles equipados con motores turboalimentados requieren de ciertos cuidados especiales. Las dos principales recomendaciones que hacen las más importantes fábricas automotrices mundiales son:

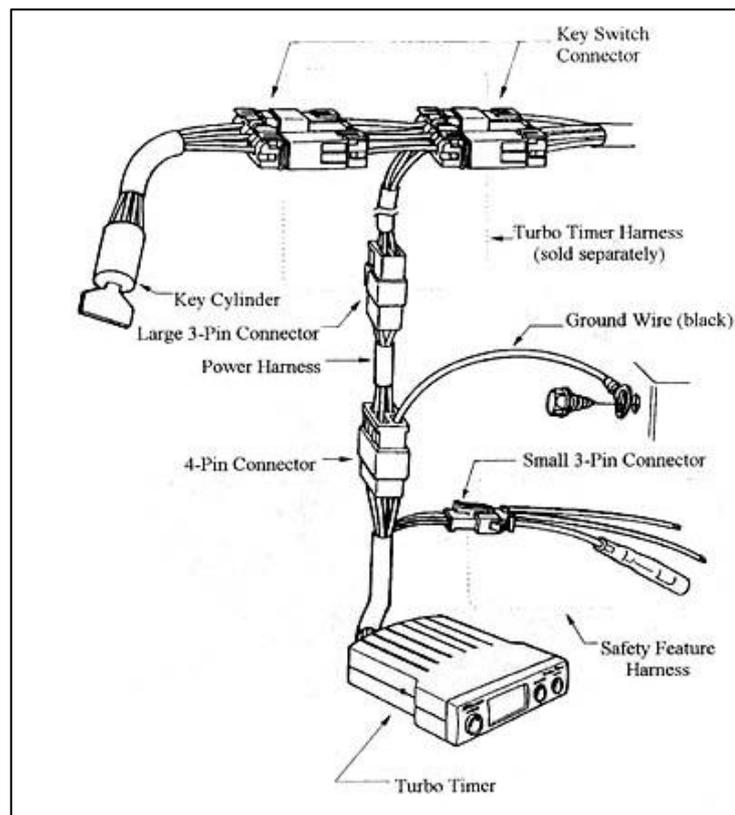
- Dejar el automóvil, durante al menos 1 minuto, regulando a marcha lenta antes de proceder a detener el motor.
- Elegir un lubricante apropiado.

Cuando no se respetan estas recomendaciones, los daños sobre el turbo son graduales y acumulativos, generando un importante acortamiento de su vida útil. Además, un turbo es una pieza de alto costo y complejidad de reemplazo.

Muchos usuarios son conscientes de que deben dejar su automóvil turboalimentado, regulando a marcha lenta antes de apagar el motor. Pero al llegar a su destino, casi siempre se olvidan de esta precaución, apagando muchas veces sin pensarlo, el motor de su automóvil.

2.3.1. FUNCIONAMIENTO DEL TURBO TIMER

Al llegar al destino y cortar la ignición del automóvil retirando la llave, el mecanismo del TURBO TIMER mantiene encendido el motor por cierto tiempo en función de su algoritmo de trabajo. Pasado este período, una vez que el turbo haya bajado su inercia y temperatura, el dispositivo apaga el motor del modo habitual.



FUENTE: <http://www.valvulita.com/>

Figura 2.6. Instalación de un TURBO TIMER comercial

Las ventajas de mantener el auto encendido usando un TURBO TIMER o AUTO TIMER es una mayor duración de los componentes mecánicos del turbocompresor. Considerando que su costo es relativamente bajo, resulta un accesorio muy conveniente y útil para instalar. Las marcas más populares generalmente han sido las japonesas, entre ellas se puede encontrar APEXI, GREDDY, HKS, BLITZ, entre otras.

CAPÍTULO 3

3. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL

¿Permitirá el diseño e implementación de un sistema TURBO TIMER mantener las prestaciones del turbo en su totalidad y proteger sus componentes móviles, evitando la falta de lubricación de los mismos?

3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- El uso de diagramas de flujo, software de programación de microcontroladores y software de simulación, permite realizar el diseño, construcción e implementación del sistema de temporización del retardo de apagado de motores de combustión interna.
- La determinación de los elementos y módulos electrónicos es necesaria para realizar la caracterización del dispositivo de control.
- La naturaleza y cantidad de pruebas a realizar sobre el dispositivo terminado, dependen de cuáles son las prestaciones requeridas.

3.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseñar e implementar un sistema de TURBO TIMER para motores sobrealimentados, en un vehículo MITSUBISHI CANTER.

3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Mantener las prestaciones del turbo en condiciones óptimas de funcionamiento, evitando la falta de lubricación del eje de la turbina mientras se encuentra en movimiento.

3.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

a. Variable independiente

Tabla 3.1. Operacionalización de la variable independiente

FUENTE PROPIA

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Diseñar e implementar un sistema de TURBO TIMER para motores sobrealimentados, en un vehículo MITSUBISHI CANTER.	Académica / Tecnológica	Elementos de procesamiento = 1	¿Cuántos elementos de procesamiento posee el sistema?
		Número de señales analógicas = 2	¿Cuál es el número de señales analógicas que puede leer el sistema electrónico?
		Número de señales digitales = 3	¿Cuál es el número de señales digitales que puede leer el sistema electrónico?
		Número de pre – actuadores = 3	¿Cuál es el número de pre – actuadores que posee el sistema?
		Número de localidades de memoria = 600	¿Cuántas localidades de memoria posee el sistema para el almacenamiento de la información leída?

b. Variable dependiente

Tabla 3.2. Operacionalización de la variable dependiente
FUENTE PROPIA

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Mantener las prestaciones del turbo en condiciones óptimas de funcionamiento, evitando la falta de lubricación del eje de la turbina mientras se encuentra en movimiento.	Académica / Tecnológica	Tiempo de grabación de historial = 600seg.	¿Cuánto tiempo se puede grabar el historial de lecturas del motor?
		Número de variables leídas = 5	¿Cuántas variables lee en tiempo real el sistema de TURBO TIMER?
		Número de variables = 1	¿De cuántas variables depende la temporización del retardo de apagado?
		Número de variables = 3	¿De cuántas variables depende la seguridad del vehículo durante la temporización?

CAPÍTULO 4

4. DELIMITACIÓN DE REQUISITOS DEL DISPOSITIVO (TURBO TIMER)

4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El Turbo Timer cuenta con un sistema configurable y adaptable para cualquier tipo de vehículo, ya sea que este trabaje a doce o veinte y cuatro voltios respectivamente.

El dispositivo es un sistema digital para el cálculo y control del retardo de apagado en motores de combustión interna turboalimentados. Sus subsistemas embebidos permiten que el mecanismo realice las siguientes funciones:

- Utilizar una interfaz amigable para configurar los parámetros de funcionamiento seguro del motor, así como las funciones de transferencia de los sensores.
- Grabar los parámetros de funcionamiento del motor en los últimos minutos, antes de su apagado, para mostrarlo posteriormente en una interfaz gráfica en PC.
- Observar en tiempo real, en una interfaz gráfica en PC, las variables medidas.

4.2. REQUISITOS DEL SISTEMA

Los requisitos del dispositivo se describen en función del ambiente de trabajo, desempeño solicitado y especificaciones de potencia.

4.2.1. AMBIENTE DE TRABAJO

- Impacto moderado en los sistemas eléctricos del vehículo y del motor.
- Capacidad de funcionamiento en altas temperaturas de trabajo.
- Inmunidad a la interferencia eléctrica generada por elementos inductivos conectados en el vehículo.
- Capacidad de trabajo eficiente bajo vibraciones producidas por la inestabilidad del motor o por las irregularidades del terreno.

4.2.2. DESEMPEÑO SOLICITADO

- Interfaz gráfica explícita y legible para el control manual (pulsadores) de las opciones de ajuste.
- Exactitud en la base de tiempo utilizada como referencia para la temporización del encendido y el muestreo de las variables medidas.
- Alta velocidad de adquisición, procesamiento y ejecución de tareas.
- Robustez en el manejo de datos y eventos que impida que el sistema se congele.

4.2.3. ESPECIFICACIONES DE POTENCIA

- Consumo eléctrico reducido en estado de espera (ausencia de señal de contacto), para evitar que la batería del vehículo se descargue.
- Protección contra conexión invertida y picos de voltaje, para evitar daños prematuros y permanentes en el dispositivo.
- Manejo de potencia adecuada para conmutar los pre-actuadores (relé) y actuadores administrados por el sistema.

4.3. APROXIMACIÓN EN BLOQUES

El dispositivo de control se concibe a través de subsistemas con funciones específicas y constituidos por bloques.

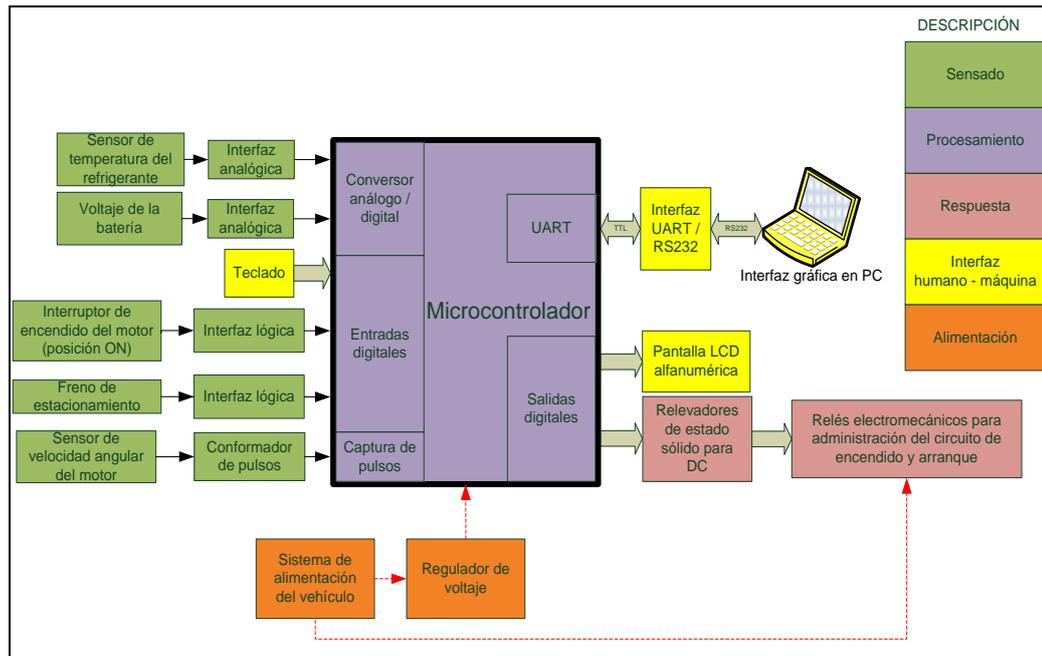


Figura 4.1. Diagrama de bloques del sistema

4.3.1. SUBSISTEMA DE SENSADO

El subsistema de sensado permite que el subsistema de procesamiento adquiera el valor de las variables implicadas en el funcionamiento seguro del turbo y el motor.

Se adquieren las señales digitales de velocidad angular, contacto y posición del freno de estacionamiento, así como también señales analógicas de voltaje y temperatura.

4.3.2. SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO

Se basa fundamentalmente en un microcontrolador de alta gama que contiene algunos algoritmos para realizar las siguientes funciones:

- Establecer comunicación serial asincrónica con la interfaz gráfica en la PC.
- Guardar las variables medidas en un búfer de memoria.
- Establecer comunicación paralela con el módulo de visualización alfanumérica para manejar las visualizaciones en éste.
- Controlar las señales lógicas de activación de los actuadores, con las temporizaciones pertinentes, para retardar el apagado del motor.

4.3.3. SUBSISTEMA DE INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA

Su funcionamiento consiste en emular la interfaz de entrada – salida de información, que permite al usuario configurar parámetros de funcionamiento del dispositivo y facilitar su comprensión sobre el estado actual de actividad. Otra función importante es la de enviar la información obtenida hacia un computador, para su visualización en tiempo real.

Este subsistema consta básicamente de una pantalla alfanumérica, un teclado y una interfaz de comunicación serial con el computador personal.

El interfaz de comunicación serial es el *puerto* (circuito físico) a través del que se envían o reciben señales desde un sistema o subsistemas hacia otros. No existe una interfaz universal, sino que existen diferentes estándares (Interfaz USB, interfaz SCSI, etc.). Una interfaz es una Conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas

independientes⁹. Es la forma en la que se interpretara las diferentes curvas de funcionamiento del vehículo.

4.3.4. SUBSISTEMA DE RESPUESTA

Comprende los relevadores de potencia con sus correspondientes interfaces. Su función es transformar las salidas digitales provenientes del microcontrolador, en suministros de corriente considerable. De esta manera se puede administrar el suplemento de potencia necesario para activar / desactivar los pre – actuadores inmersos en el control del sistema de encendido.

4.3.5. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Se basa principalmente en un regulador que suministra el voltaje y amperaje requeridos por los componentes lógicos del sistema de control. Posee protecciones que garantizan la protección de la circuitería ante condiciones desfavorables de funcionamiento.

⁹ http://es.wikipedia.org/wiki/Interfaz_%28electr%C3%B3nica%29

CAPÍTULO 5

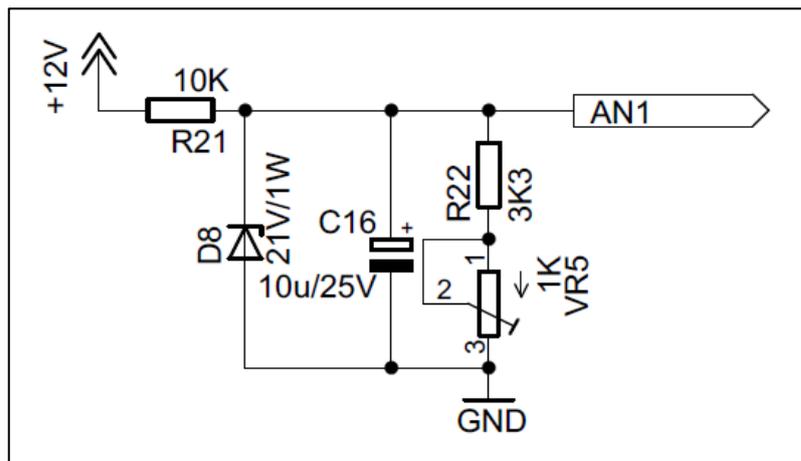
5. DISEÑO DEL SISTEMA

5.1. CARACTERIZACIÓN DEL HARDWARE

5.1.1. SUBSISTEMA DE SENSADO

a. Lectura de voltaje del acumulador

Este valor se lee directamente desde el acumulador a través de un divisor de tensión. El siguiente esquema aclara lo indicado.



FUENTE PROPIA

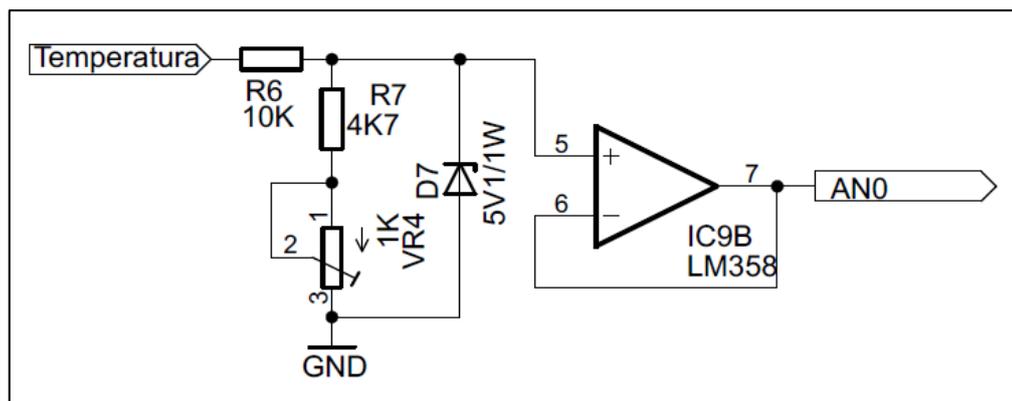
Figura 5.1. Circuito de medición de voltaje

En la figura anterior, el divisor de voltaje formado por R21, R22 y VR5 mitiga en 4 veces el voltaje hacia el conversor análogo digital del microcontrolador. Esto permite medir un máximo de 20V, antes del divisor. R21 y C16 forman un filtro pasabajos, para hacer que el circuito sea más resistente a la interferencia.

La misma resistencia R21 en conjunto con el diodo zener D8, forma un regulador de tensión que no permite el paso de voltajes mayores al valor nominal del diodo.

b. Sensado de temperatura del refrigerante

En la figura 5.2, el amplificador operacional LM358 en configuración de seguidor de voltaje, trabaja como un acoplador de impedancias (elevada impedancia en la entrada y baja impedancia en la salida). Este elemento protege el sistema ante picos de voltaje generados en el sistema eléctrico del automóvil.



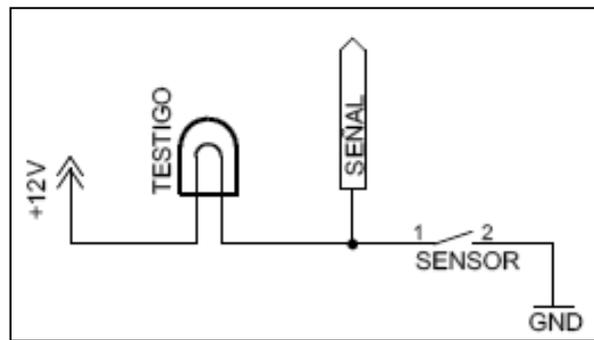
FUENTE PROPIA

Figura 5.2. Circuito de medición de temperatura

El divisor de voltaje formado por R6, R7 y VR4, con división de 3, puede admitir un máximo de 15V en su entrada. D7 asegura que hacia el amplificador y por lo tanto al microcontrolador, no pase un voltaje mayor al valor nominal del diodo.

c. Detección de señales lógicas del vehículo

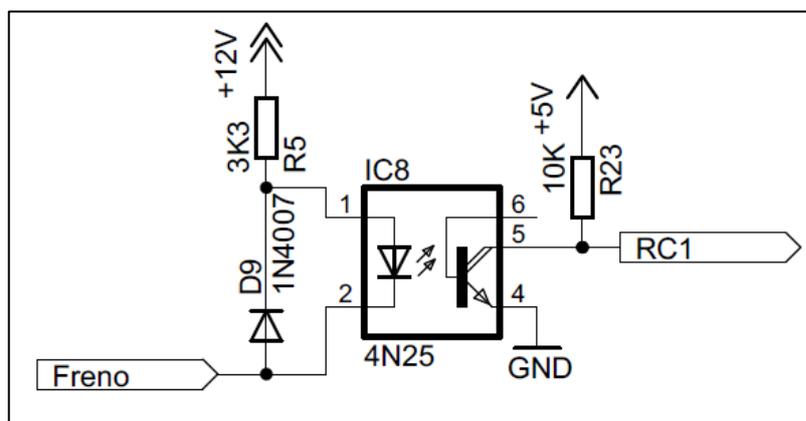
La señal de activación del freno de estacionamiento es tomada directamente desde del sistema de gestión del vehículo. La configuración mostrada en la siguiente figura aclara lo mencionado.



FUENTE PROPIA

Figura 5.3. Adquisición de señales lógicas desde el sistema de gestión del automóvil

Cuando el freno de estacionamiento se activa, se cierra también el circuito del IRLED del optoacoplador IC8. El diodo en antiparalelo protege al LED infrarrojo de picos de voltaje provocados por la conmutación de bobinas de relés, situación muy común en cualquier automóvil.

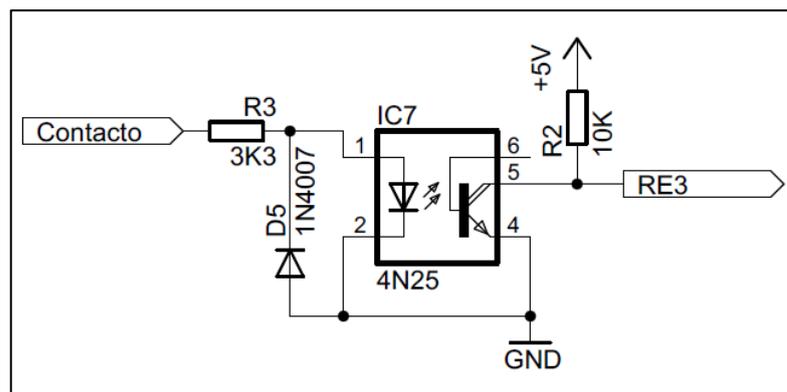


FUENTE PROPIA

Figura 5.4. Interfaz de señal de freno de estacionamiento

Es necesario indicar que la interfaz anterior trabaja con lógica invertida. Cuando existe señal, el LED se enciende y excita al optotransistor, provocando que éste conduzca. Al conducir deriva tierra ya que su configuración es de tipo sumidero. Con las condiciones contrarias, el optotransistor se coloca en alta impedancia, permitiendo que la resistencia R23 coloque un estado lógico alto.

En la siguiente figura, cuando el usuario coloca la llave en el arnés de encendido y la gira hacia la posición ON, activa el IRLED del optoacoplador 4N25, en serie con la resistencia limitadora de corriente R3. El resto del circuito es similar al analizado para detectar la activación del freno de estacionamiento.

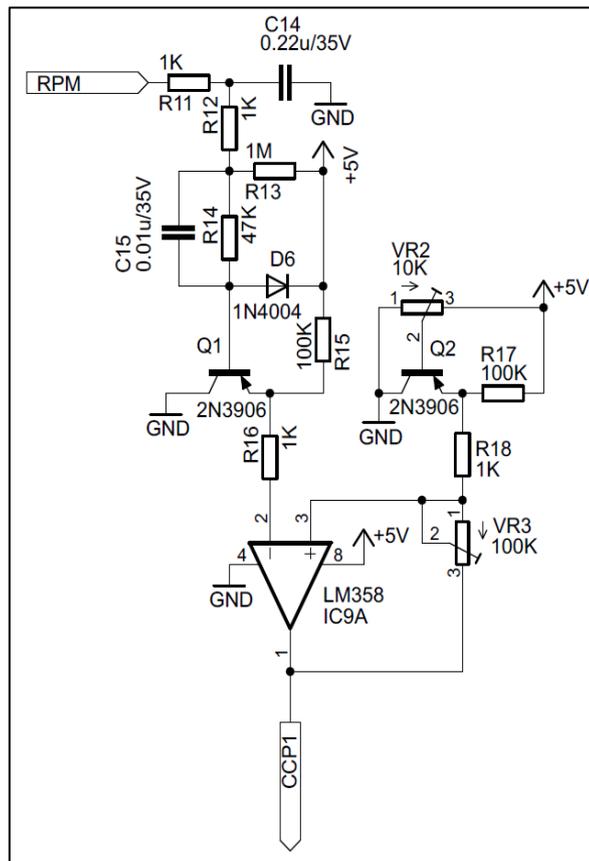


FUENTE PROPIA

Figura 5.5. Interfaz de señal de contacto

d. Sensado de velocidad angular del motor

El circuito conformador de la siguiente figura, está diseñado para trabajar tanto con señales cuadradas, como con senoidales de cualquier amplitud.



FUENTE PROPIA

Figura 5.6. Conformador de pulsos para lectura de velocidad angular del motor

Haciendo una descripción breve, el circuito observado toma la señal, disminuye su amplitud, elimina la interferencia existente, y permite la calibración del punto de cruce por cero y del punto de disparo. Como resultado, transforma la onda ingresada en una señal cuadrada apta para ser leída por el detector de pulsos del microcontrolador.

5.1.2. SUBSISTEMA DE PROCESAMIENTO

A pesar de que varias familias de microcontroladores son eficaces en aplicaciones específicas, los microcontroladores PIC de MICROCHIP son

una buena solución para el presente proyecto. Las siguientes son varias características convenientes en la concepción del sistema:

- Buen promedio de parámetros velocidad, consumo, tamaño, alimentación.
- Temporizadores – contadores programables, con predivisores y postdivisores.
- Puerto de comunicación serie asincrónico UART.
- EEPROM interna accesible por código.
- Fuentes de interrupción externas e internas.
- Conversor análogo – digital de varios canales.
- Sencillez de manejo gracias a su set de instrucciones tipo RISC; pocas pero muy poderosas.
- Información y herramientas de desarrollo fáciles de conseguir y económicas.

El microcontrolador 18F2550, perteneciente a la gama mejorada de MICROCHIP, tiene ciertas particularidades que se apegan a los requisitos del sistema. Estas son las más relevantes:

- Memoria FLASH de 32Kbytes.
- Memoria RAM de 1.536Kbytes.
- Cuatro módulos temporizadores (TIMER0 a TIMER3).
- Dos módulos de captura, comparación y PWM.
- Módulo USART (Transmisor receptor sincrónico asincrónico universal).
- Conversor análogo – digital de hasta 13 canales con resolución de 10bits, con tiempo de adquisición programable.
- Oscilador interno de ocho frecuencias seleccionables (desde 31Khz hasta 8Mhz).
- Multiplicación en hardware de 8x8 en un ciclo de instrucción.

- Niveles de prioridad para las interrupciones.
- Arquitectura optimizada para compilación en lenguaje C, con set extendido de instrucciones.
- Rango de voltajes de operación entre 4.2V y 5.5V.

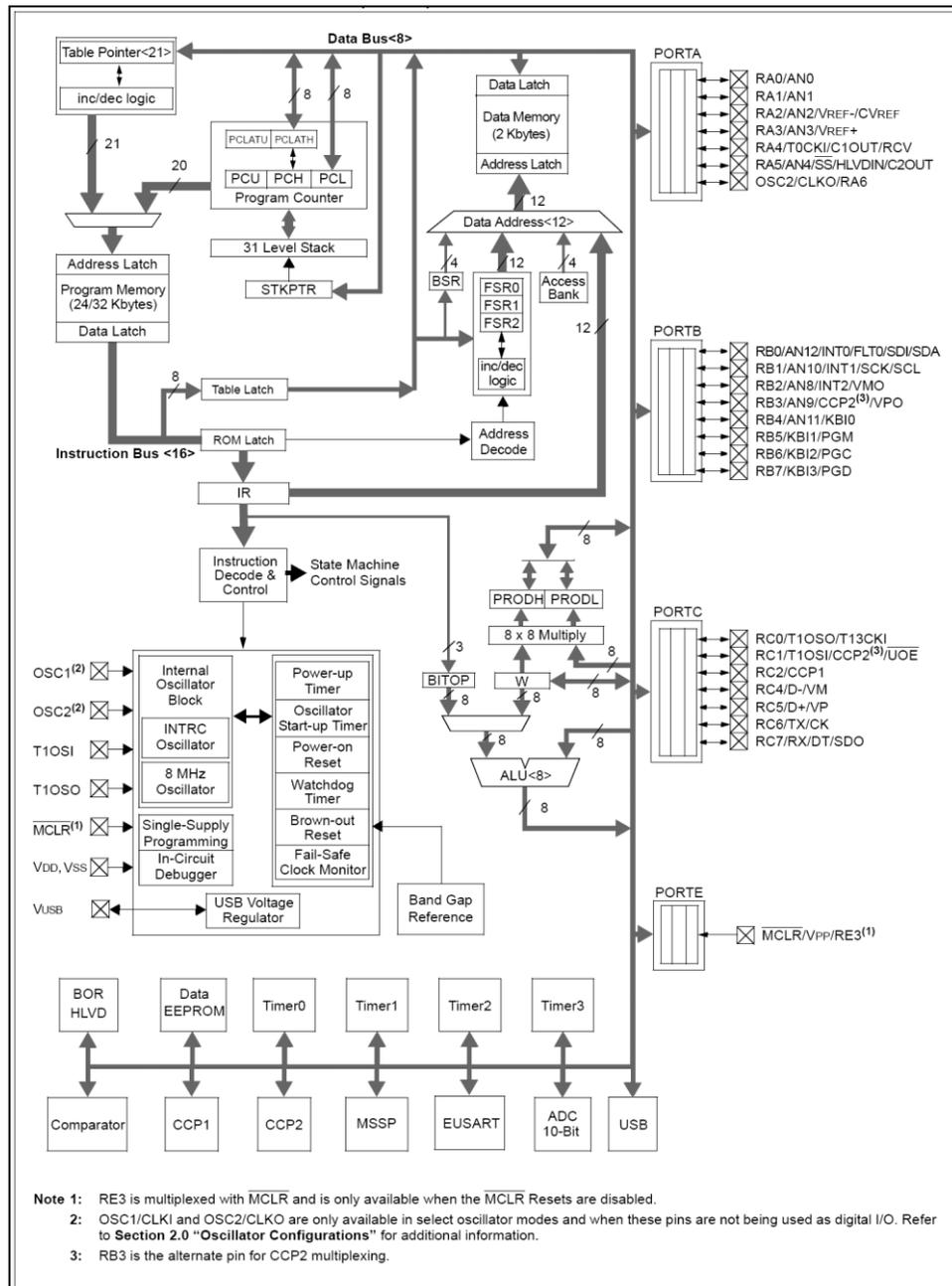
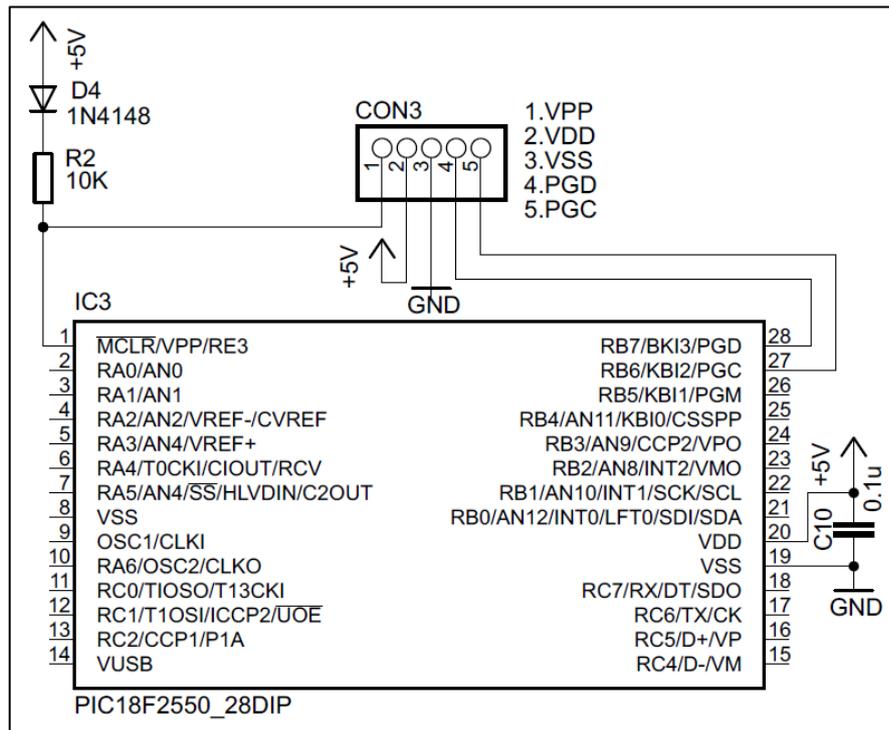


Figura 5.7. Diagrama de bloques del PIC18F2550

La siguiente figura muestra el circuito principal de conexión del microcontrolador. Existe el circuito para programación serial, el cual es usado para actualizar el firmware sin necesidad de sacar el microcontrolador de la placa de control.



FUENTE PROPIA

Figura 5.8. Conexión del microcontrolador

La siguiente tabla indica el destino de conexión de cada uno de los pines del microcontrolador.

Tabla 5.1. Conexión de puertos del microcontrolador

FUENTE PROPIA

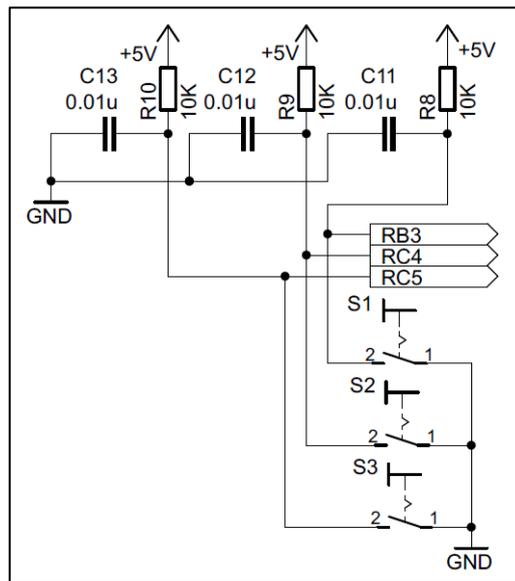
	NOMBRE	PIN	E/S	A/D	FUNCIÓN / OBSERVACIÓN
PORTA	RA0/AN0	2	E	A	SEÑAL TEMPERATURA
	RA1/AN1	3	E	A	SEÑAL VOLTAJE
	RA2/AN2	4	-	-	-
	RA3/AN3	5	S	D	ACTIVACIÓN BACKLIGHT LCD
	RA4/T0CKI	6	S	D	ACTIVACIÓN RELÉ CONTACTO
	RA5/AN4	7	S	D	ACTIVACIÓN RELÉ AUXILIAR 1

	OSC2/RA6	10	S	D	ACTIVACIÓN RELÉ AUXILIAR 2
PORTB	RB0/SDA	21	S	D	RS LCD
	RB1/SCL	22	S	D	RW LCD
	RB2/INT2	23	S	D	E LCD
	RB3/CCP2	24	E	D	BOTÓN INCREMENTO
	RB4/KBIO	25	S	D	D4 LCD
	RB5/PGM	26	S	D	D5 LCD
	RB6/PGC	27	S	D	D6 LCD
	RB7/PGD	28	S	D	D7 LCD
PORTC	RC0/T1OSO	11	S	D	ACTIVACIÓN BUZZER
	RC1/T1OSI/CCP2	12	E	D	SEÑAL FRENO ESTACIONAMIENTO
	RC2/CCP1	13	E	D	SEÑAL VELOCIDAD ANGULAR
	RC4/D-	15	E	D	BOTÓN DECREMENTO
	RC5/D+	16	E	D	BOTÓN AJUSTE
	RC6/TX	17	S	D	TX SERIAL
	RC7/RX	18	E	D	RX SERIAL
PORTE	MCLR/RE3	1	E	D	SEÑAL CONTACTO

5.1.3. SUBSISTEMA DE INTERFAZ HUMANO – MÁQUINA

a. Teclado

El teclado está conformado por tres pulsadores normalmente abiertos, en configuración sumidero. Si cualquiera de los botones se encuentra desactivado, cada resistencia asegura un estado de 1L; con su activación, se coloca 0L en la entrada del microcontrolador. Los capacitores eliminan transientes que puedan provocar falsas señales de tecla presionada, en las entradas del controlador.



FUENTE PROPIA

Figura 5.9. Conexión del teclado

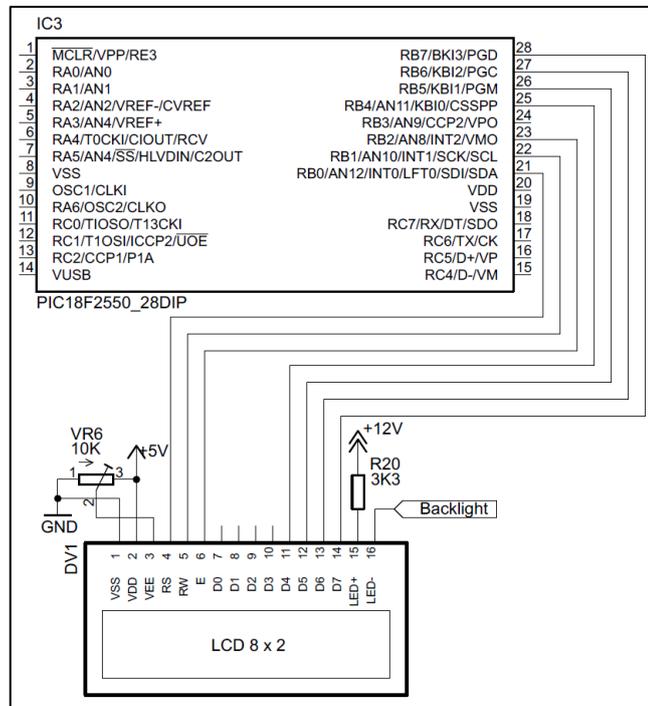
b. Módulo de visualización

El módulo de visualización permite al usuario observar en tiempo real valores medidos, mensajes y eventos del sistema. Se utiliza una pantalla LCD de 2 filas por 8 caracteres, con matriz de 5x7 píxeles y gobernada por un microprocesador Hitachi 44780s. Las razones para preferirla son:

- Posee costo de adquisición muy bajo.
- Ahorra pines entrada / salida ya que se puede comunicar por un bus paralelo de 4 líneas, más 3 de control y 1 de encendido de retroiluminación.
- La mayoría de compiladores poseen librerías para su manejo.

En el diagrama de la siguiente figura, se puede observar un bus de datos de 4bits. Esta configuración disminuye la velocidad de respuesta del sistema, ya que las palabras de 8 bits se parten en 2 NIBBLES que se

envían secuencialmente. Con esto se ahorra cuatro pines en el microcontrolador.



FUENTE PROPIA

Figura 5.10. Conexión del módulo de visualización

Los LEDs de retroiluminación de la LCD, son alimentados directamente desde la batería. Esto se hace debido a que el consumo relativamente alto de los LEDs, provocaría calentamiento en el regulador de voltaje de toda la circuitería. El ajuste de contraste se realiza al regular el voltaje que polariza al pin VEE, mediante el potenciómetro VR6.

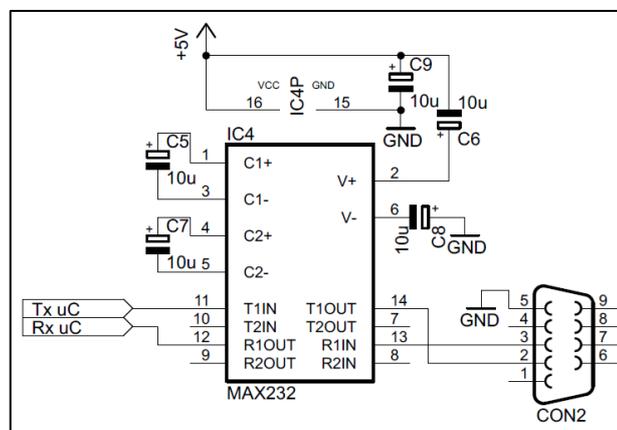
c. Comunicación con la PC

La información adquirida en tiempo real y el historial guardado por el microcontrolador, son enviados a través de comunicación serial hacia una PC. Para poder establecer la conexión se utiliza el integrado MAX232,

que cambia la capa física desde niveles TTL (0 – 5V), hasta niveles bipolares comprendidos entre +12V y -12V, y viceversa.

Son dos las razones para utilizar esta tecnología:

- Al trabajar con voltajes más diferenciados (alrededor de 24V entre los dos niveles lógicos), la comunicación entre dos terminales se hace menos susceptible a posibles inserciones de bits errados, provocados por la interferencia electromagnética existente en el automóvil.
- Las comunicaciones bajo estándar RS232 son altamente difundidas entre los sistemas computacionales, lo que hace del módulo altamente accesible y compatible con computadores y asistentes personales. Esta característica aporta a la universalidad del dispositivo.



FUENTE PROPIA

Figura 5.11. Diagrama de conexión del transceptor TTL – RS232

Como se puede observar en la figura anterior, el circuito integrado MAX232, IC4, tiene conexión directa con capacitores de 10uF, según lo recomendado por el fabricante. Las líneas del puerto UART del microcontrolador (Rx y Tx) se conectan en los pines 12 y 11 respectivamente. Las mismas líneas corresponden a los pines 13 y 14

pero con niveles de voltaje correspondientes al protocolo RS232. Parte importante de la comunicación es el conector DB9, como es en este caso, CON2.

Una vez dotado el sistema con comunicación RS232, es necesario el uso de un cable adaptador de USB a RS232, debido a que este tipo de comunicación no está disponible en las PCs actuales. Así, el TURBO TIMER implementado, tiene comunicación con la computadora personal, a través de USB (Bus serial universal).

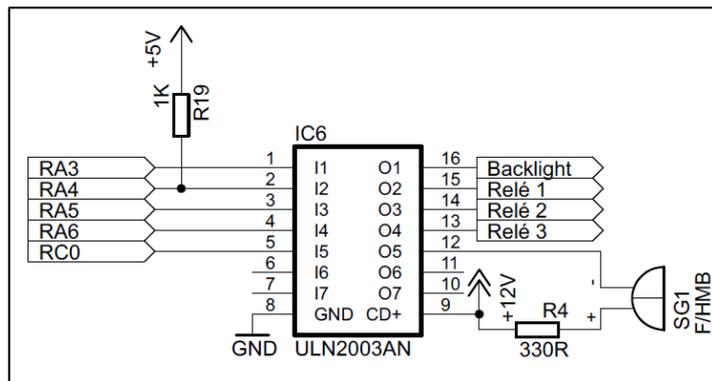


FUENTE: <http://spanish.alibaba.com>

Figura 5.12. Cable adaptador USB – RS232

5.1.4. SUBSISTEMA DE RESPUESTA

Los relevadores de estado sólido permiten que el mecanismo pueda manejar la corriente necesaria para conmutar los relés electromecánicos. Éstos a su vez, activan el sistema de encendido del motor y otros accesorios del vehículo.



FUENTE PROPIA

Figura 5.13. Conexión de los elementos de potencia

Como se puede observar en la figura anterior, cuando una salida del microcontrolador se pone en alto, un canal del arreglo ULN2003AN se polariza y deriva 0V con una corriente de 500mA pico. Esto provoca que el relevador se active y a su vez pueda conmutar cargas de hasta 1200W. IC6 posee un diodo en antiparalelo por canal, que permite proteger al circuito de voltajes reversos inducidos en las bobinas de los relés.

De las tres salidas para relés sólo se utiliza la primera, destinada a la conmutación del relé de contacto. Las otras dos se encuentran disponibles para posibles mejoras en el dispositivo, pudiendo conmutarse accesorios como luces guías, claxon, luces de aparcamiento, entre otros.

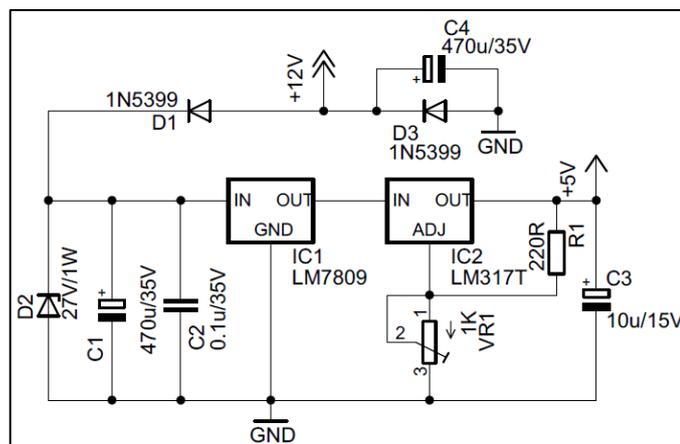
Además, existen dos salidas desde el integrado IC6, que son usadas para encender la retroiluminación de la LCD y el buzzer.

5.1.5. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La tensión de alimentación se obtiene directamente de la batería del automóvil, se filtra y se aplica regulada al circuito lógico. Es necesario aclarar que el sistema puede funcionar en vehículos con alimentaciones

de 24V, siempre y cuando se lo conecte a una sola batería para polarizarse con 12V.

En la figura 5.14, la fuente de alimentación consta de un rectificador (D1), una protección por sobretensión (D2), un filtro (C1, C2, C3), un regulador lineal fijo de 9V (IC1) y un regulador variable calibrado a 5.0V (IC2).



FUENTE PROPIA

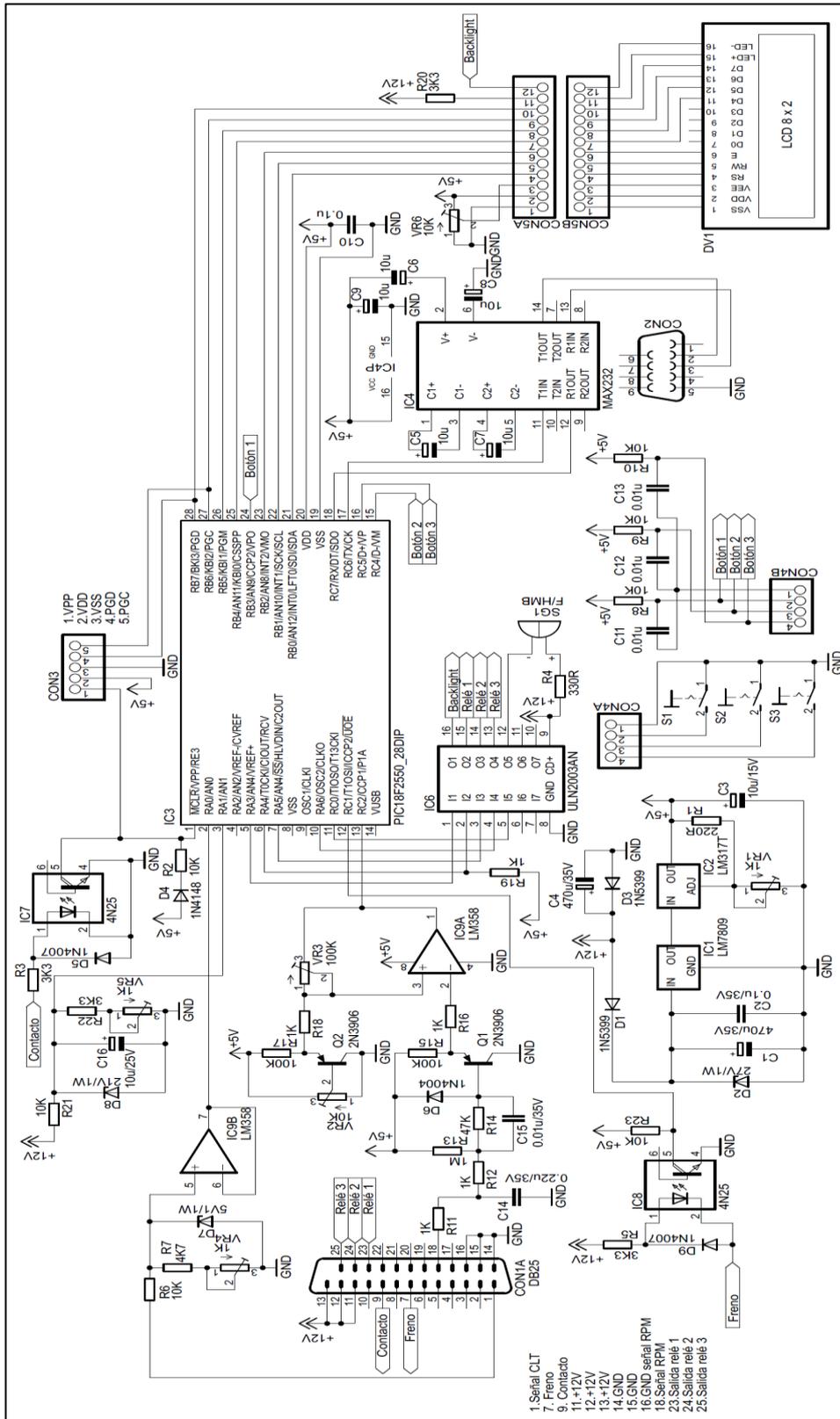
Figura 5.14. Circuito de alimentación

El voltaje de entrada primero se regula a 9V y luego a 5V. Se utiliza este método para que la caída de voltaje se disipe en algunos integrados, asegurando así que los reguladores de voltaje se calienten menos.

La corriente que puede suministrar el regulador según las hojas de datos, es de máximo 1A. Este valor es suficiente para satisfacer las necesidades de potencia del circuito.

5.2. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL

El siguiente diagrama muestra la conexión de todos los subsistemas del TURBO TIMER, incluyendo capacitores de desacople y conectores.

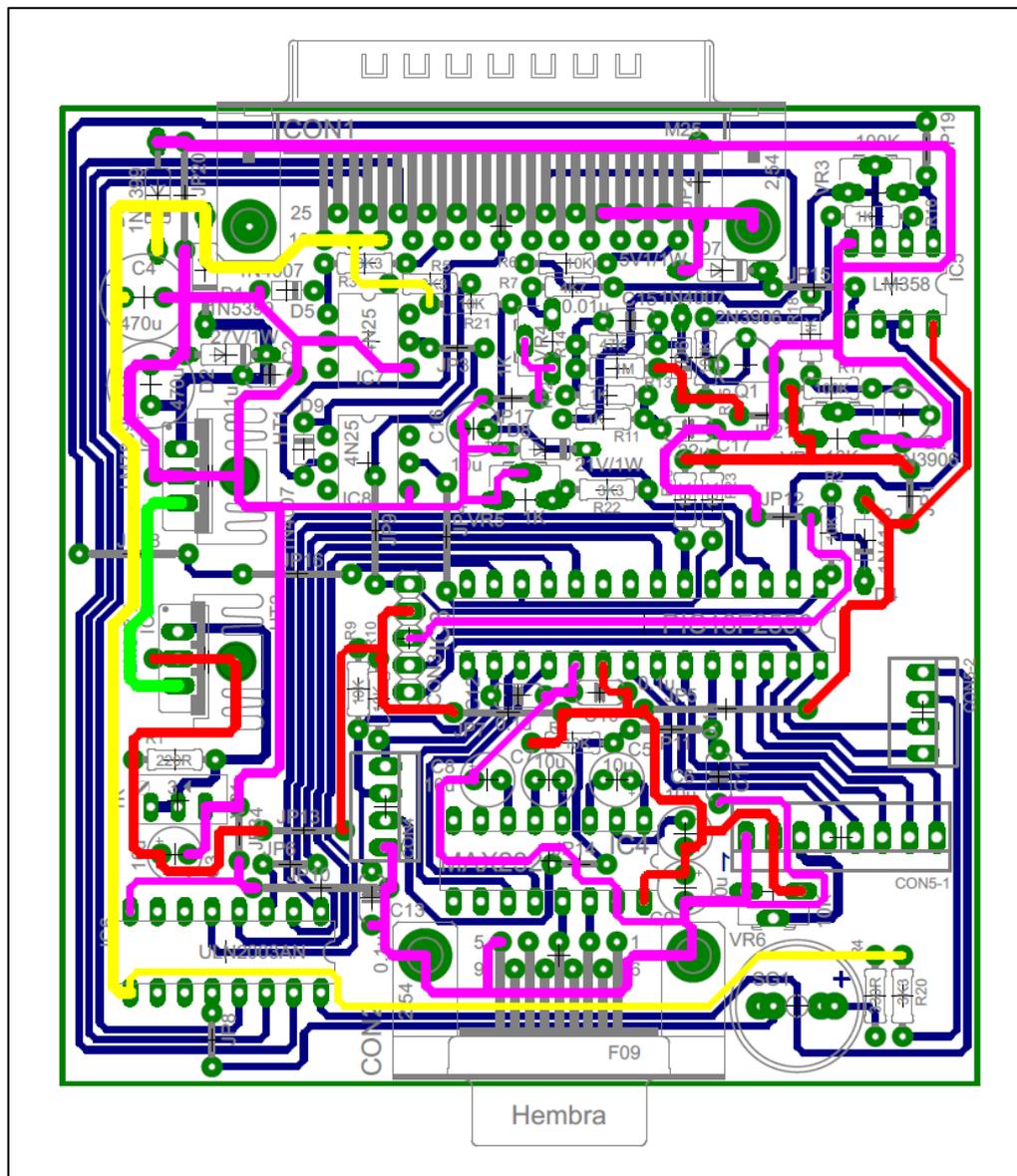


FUENTE PROPIA

Figura 5.15. Diagrama esquemático general del módulo

5.3. DISEÑO DE LAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO

El diseño de la placa se realizó procurando ocupar la menor área posible, para asegurar un tamaño reducido del sistema, y facilitar la instalación del circuito en cualquier parte del vehículo.



FUENTE PROPIA

Figura 5.16. PCB de la placa del TURBO TIMER

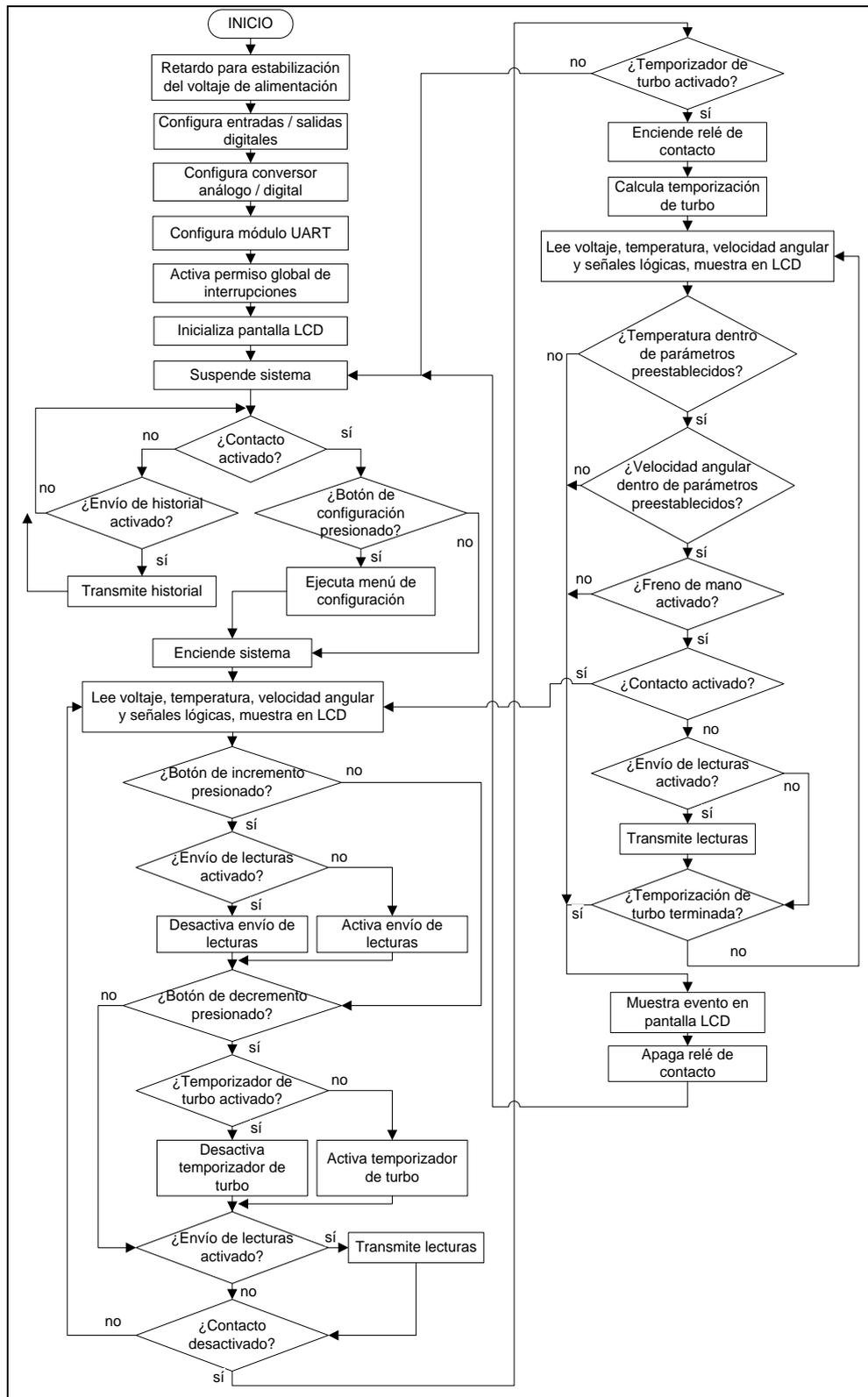
5.4. DESCRIPCIÓN DEL FIRMWARE

El compilador PICC CCS se utiliza para la programación del firmware del microcontrolador. Este paquete computacional incluye librerías y ejemplos útiles en la configuración y programación de los microcontroladores PIC de casi todas las familias de gama baja, media y alta.

A continuación se describen de manera general los algoritmos programados en el microcontrolador.

5.4.1. PROGRAMA PRINCIPAL

El siguiente diagrama de flujo detalla el funcionamiento del programa principal, el cual se basa en una máquina de estados (cambio de estado de ejecución ante un evento o condición).



FUENTE PROPIA

Figura 5.17. Diagrama de flujo del programa principal

Como se puede observar, el programa empieza con la inicialización de los módulos pertinentes para el funcionamiento óptimo del hardware. Posteriormente se mantiene en cuatro estados, cada uno de los cuales, realiza una función importante:

- Estado de suspensión: Se borra la pantalla LCD y se apagan todos los módulos internos del microcontrolador a excepción del UART. El programa se encuentra a la espera de contacto o de una petición de envío del historial grabado previamente.
- Estado activo: Se encienden todos los módulos del microcontrolador, y el programa adquiere las señales analógicas y digitales, las muestra en la LCD y si está activado el permiso correspondiente, las envía a través del UART. Además se encuentra leyendo si se ha quitado contacto y si se ha presionado alguna de las teclas.
- Estado de temporización: Empieza con el cálculo del tiempo del retardo según el historial de velocidades angulares de los últimos 30 segundos. Mantiene la temporización calculada, lee los parámetros de funcionamiento y verifica si éstos se encuentran dentro de los límites configurados como seguros. Si alguno de los valores adquiridos está fuera de las tolerancias, apaga el motor e indica un mensaje de error en la LCD.
- Estado de configuración: Emula un menú con pantallas desplazables, en las cuales el usuario puede configurar las funciones de transferencia de las variables adquiridas, y los límites de seguridad en las lecturas del dispositivo.

Las configuraciones realizadas en cada uno de los módulos principales utilizados en el microcontrolador, se pueden observar en la siguiente tabla.

**Tabla 5.2. Configuraciones de los distintos módulos del microcontrolador
FUENTE PROPIA**

MÓDULO	CONFIGURACIÓN
OSCILADOR	Oscilador interno RC a 8Mhz
MÓDULO UART	9600bps, 8bits de datos, 1bit de parada, ningún método de paridad, interrupción por recepción de byte
CONVERSOR A / D	Reloj interno, resolución 10bits, voltajes de referencia los de alimentación, dos canales activados
TIMER0	Desbordamiento cada 1seg, preescala 32, valor del registro de trabajo 3036, resolución 16bits, interrupción por desbordamiento
TIMER1	Desbordamiento cada 0.13107seg, preescala 4, valor del registro de trabajo 0, resolución 16bits, interrupción por desbordamiento
CCP1	Interrupción por detección de flanco ascendente

5.4.2. SUBROUTINAS ESPECIALES

A continuación se describen las subrutinas más relevantes del programa principal.

a. Menú de configuración

Se emula un menú desplazable por pantallas, y las configuraciones ingresadas se guardan en memoria EEPROM interna del microcontrolador, la cual es no volátil. La siguiente tabla muestra un resumen de las variables configurables y sus características.

Tabla 5.3. Parámetros modificables en el menú de configuración

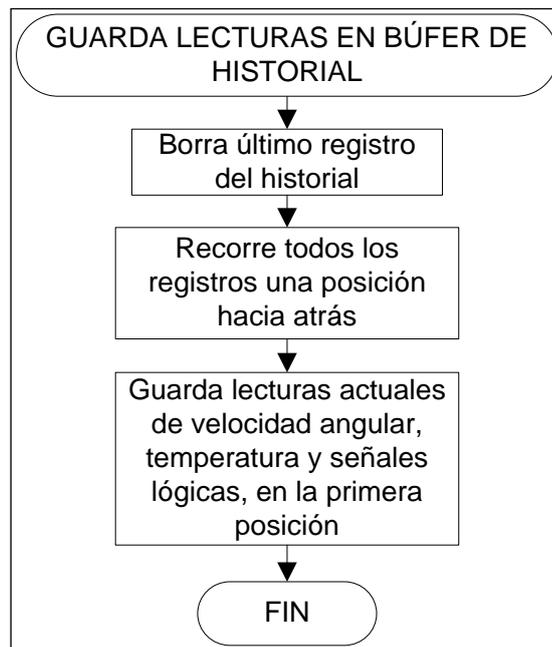
FUENTE PROPIA

SUBMENÚ	RANGO	APRECIACIÓN	DESCRIPCIÓN
FUNCIÓN DE RPM	A[-99.99 – 99.99]	A[0.01]	Función de transferencia que relaciona la frecuencia medida, con la velocidad angular del motor, cumpliendo la siguiente condición: RPM=A*Hz
FUNCIÓN DE TEMPERATURA	A[-999.99 – 999.99] B[-999.99 – 999.99]	A[0.01] B[0.01]	Función de transferencia que relaciona el voltaje de entrada con la temperatura, cumpliendo la siguiente condición: Temperatura= A*Voltaje + B
RPM MÁXIMA EN RALENTÍ	1000 -1500rpm	10rpm	Velocidad angular máxima de ralentí, que si se sobrepasa durante el modo de temporización, será causa para que el módulo apague el motor.
RPM MÍNIMA EN RALENTÍ	400 – 990rpm	10rpm	Velocidad angular mínima de ralentí. Si el valor leído es menor que este parámetro durante el modo de temporización, será causa para que el módulo apague el motor.
RPM MÁXIMA	1000 – 9900rpm	100rpm	Valor máximo de velocidad angular a la que puede llegar físicamente el motor. Se usa como parámetro en la función de cálculo de la temporización en función de la velocidad angular.
TEMPORIZACIÓN MÁXIMA	20 – 300seg	10seg	Valor máximo de retardo de apagado del motor. Se usa como parámetro en la función de cálculo de la temporización en función de la velocidad angular.
VOLTAJE	12 ó 24V	-	Tipo de voltaje que maneja el vehículo (12V ó 24V), para que la subrutina de medición del potencial, utilice un factor multiplicativo según el caso.
TEMPERATURA MÁXIMA	50 – 90°C	5°C	Temperatura de sobrecalentamiento, que si se sobrepasa durante el modo de temporización, será causa para que el módulo apague el motor.

b. Grabación de lecturas en búfer de memoria no volátil

Esta subrutina se encarga de manejar el búfer de memoria RAM para la grabación de las variables de velocidad angular, temperatura, y activación de contacto, freno de mano y modo de temporización. Se ejecuta durante la interrupción del TIMER0, es decir cada segundo.

Otra característica importante de este algoritmo, es que administra al búfer en modo LIFO. Cada vez que graba un conjunto de valores, borra los últimos del búfer, manteniendo siempre los 600 datos correspondientes a los últimos 10 minutos (600 segundos). El siguiente diagrama, afirma lo indicado.



FUENTE PROPIA

Figura 5.18. Diagrama de flujo de la subrutina de grabación de lecturas

En la siguiente tabla, se pueden observar las características de los parámetros grabados en el búfer de historial.

Tabla 5.4. Características del búfer de historial

FUENTE PROPIA

CAMPO	VELOCIDAD ANGULAR	TEMPERATURA	CONTACTO	FRENO DE MANO	TEMPORIZACIÓN ACTIVADA
TAMAÑO	7bits	7bits	1bit	1bit	1bit
RANGO	0 – 99	0 – 110	0 – 1	0 – 1	0 – 1
DESCRIPCIÓN	Centena y unidad de mil de la velocidad angular, es decir: RPM/100	Temperatura del motor en °C	0: Contacto desactivado 1: Contacto activado	0: Freno desactivado 1: Freno activado	0: Modo normal 1: TURBO TIMER activado

c. Transmisión de historial

Esta subrutina se ejecuta siempre que se haya recibido una petición desde la PC, y el contacto esté desactivado (motor apagado).

Su trabajo consiste en leer, transformar a código ASCII y transmitir a través del módulo UART, cada una de las 600 localidades de memoria con sus respectivos campos. La siguiente tabla muestra el tipo de trama manejado en el envío de la información.

Tabla 5.5. Trama de datos usada para enviar el historial

FUENTE PROPIA

MODELO DE TRAMA	A	000	B	00	C	000	D	0	E	0	F	0
CAMPO	SEÑALIZADOR	NÚMERO DE DATO	SEÑALIZADOR	VELOCIDAD ANGULAR	SEÑALIZADOR	TEMPERATURA	SEÑALIZADOR	CONTACTO	SEÑALIZADOR	FRENO DE MANO	SEÑALIZADOR	TEMPORIZACIÓN

TAMAÑO (bytes)	1	3	1	2	1	3	1	1	1	1	1	1
RANGO	-	"000" – "599"	-	"00" – "99"	-	"000" – "110"	-	"0" – "1"	-	"0" – "1"	-	"0" – "1"

Es necesario aclarar que las comillas indican que los valores son caracteres ASCII, y no números. En las señales lógicas de contacto, freno de mano y temporización, el "0" indica desactivación y el "1", lo contrario. Además, la velocidad angular representa la velocidad medida dividida entre 100.

d. Transmisión de lecturas en tiempo real

El trabajo de esta subrutina consiste en transformar las mediciones del módulo a código ASCII y transmitir las a través del módulo UART. La siguiente tabla muestra el tipo de trama manejado en el envío de la información.

Tabla 5.6. Trama de datos usada para enviar las lecturas en tiempo real

FUENTE PROPIA

MODELO DE TRAMA	A	000	B	0000	C	000	D	0	E	0	F	0	G	000
CAMPO	SEÑALIZADOR	VOLTAJE	SEÑALIZADOR	VELOCIDAD ANGULAR	SEÑALIZADOR	TEMPERATURA	SEÑALIZADOR	CONTACTO	SEÑALIZADOR	FRENO DE MANO	SEÑALIZADOR	TEMPORIZACIÓN	SEÑALIZADOR	CONTADOR DE TEMPORIZACIÓN

TAMAN O (bytes)	1	3	1	4	1	3	1	1	1	1	1	1	1	3
RANGO	-	"000" – "400"	-	"00" – "99"	-	"000" – "110"	-	"0" – "1"	-	"0" – "1"	-	"0" – "1"	-	"000" – "599"

En la tabla anterior, el campo voltaje representa el valor real multiplicado por 10, a fin de enviar una cifra decimal, sin necesidad de poner el punto de separación. El resto de campos se pueden entender intuitivamente.

e. Medición del voltaje de cualquier señal

Para todas las mediciones, una característica importante del hardware, es que la alimentación y la referencia de voltaje para el conversor análogo – digital, se hacen con 5.00V. Por tanto, el valor resultante de la conversión, se multiplica por 5.00V y se divide entre 1024 (resolución del conversor). A este valor, se multiplica también el número de veces que se dividió la señal antes de llegar a la entrada analógica del microcontrolador (divisor de voltaje).

$$V = \frac{5V}{1024} * Valor_{CAD} * divisor_{voltaje}$$

Ecuación 5.1. Digitalización una señal analógica

Una vez realizado el procedimiento anterior, se utilizan las operaciones necesarias para adaptar los valores a las configuraciones hechas por el usuario.

f. Medición de temperatura

Para la determinación de este parámetro se usa la siguiente ecuación:

$$Temperatura = A * Voltaje + B$$

Ecuación 5.2. Función de transferencia de la temperatura del motor

Donde A y B son coeficientes ingresados por el usuario en el momento de la configuración, y el voltaje es determinado por el algoritmo de lectura de señales analógicas. Nótese que el modelo presentado corresponde a la ecuación de una recta, donde A es la pendiente y B es la coordenada de intersección en el eje vertical.

Se adoptó este modelo de ecuación, porque tiene una complejidad aceptable para asegurar que el microcontrolador calcule resultados rápidamente.

g. Medición de velocidad angular

Para esta medición, se usa el siguiente modelo:

$$Velocidad_{angular} = A * Frecuencia$$

Ecuación 5.3. Función de transferencia de la velocidad angular del motor

Donde A es un coeficiente ingresado por el usuario en el momento de la configuración, y la frecuencia es determinada mediante el algoritmo manejado por el TIMER1 y el CCP1.

Este modelo también representa una línea recta pero que cruza por el origen de coordenadas. Se realizó su adopción ya que con frecuencias cero, existirán velocidades angulares cero, justificando así el paso por el origen.

h. Cálculo de temporización

Cada vez que el usuario retira la señal de contacto, el microcontrolador calcula el tiempo necesario para retardar el apagado del motor. La ecuación usada para sacar este valor es la siguiente:

$$Temporización = \frac{Temporización_{máxima}}{RPM_{máx} - RPM_{mín_{ralentí}}} \cdot (RPM_{máx_{historial}} - RPM_{mín_{ralentí}})$$

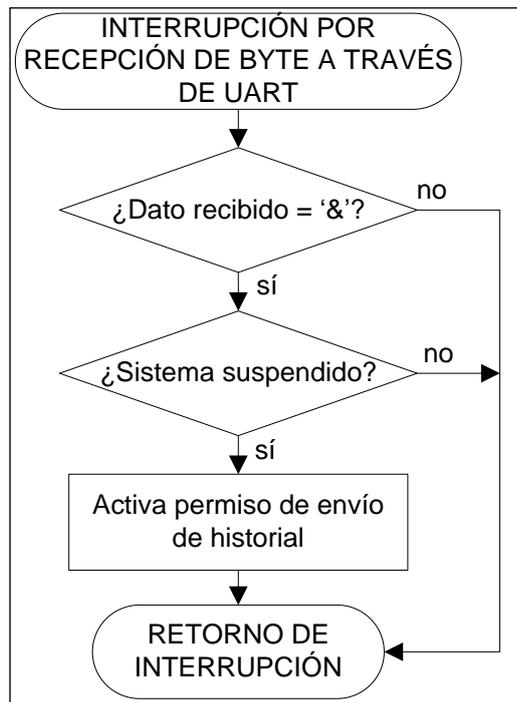
Ecuación 5.4. Función de transferencia del retardo de apagado

En la ecuación anterior, la temporización máxima, velocidad angular máxima y velocidad angular mínima en ralentí, son valores tomados de las configuraciones realizadas por el usuario. Por otro lado, la velocidad máxima del historial, corresponde al máximo valor leído en los últimos 30 segundos antes de que el usuario quite la señal de contacto.

5.4.3. INTERRUPCIONES

a. Recepción de byte a través del módulo UART

La rutina especial de interrupción se ejecuta cada vez que un byte ha sido recibido. Si el byte es el carácter '&' y el motor está apagado, se activa el permiso para transmisión del historial. Mencionada transmisión, será realizada por el programa principal.

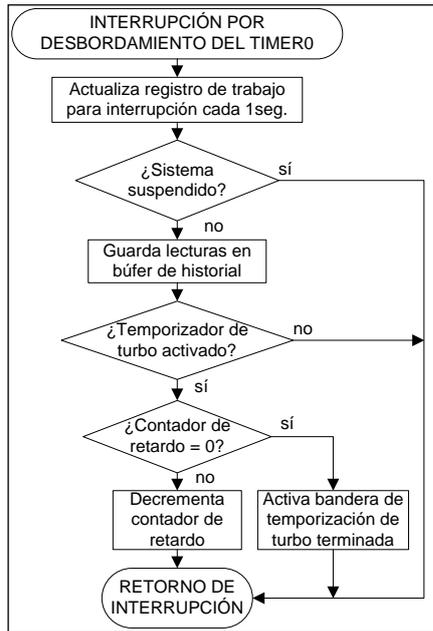


FUENTE PROPIA

Figura 5.19. Rutina especial de interrupción por recepción UART

b. Desbordamiento del TIMER0

Esta rutina de interrupción se ejecuta cada segundo y es la encargada de administrar la grabación del historial. Además, maneja el conteo regresivo del retardo de apagado del motor, cuando el sistema se encuentra en el modo de temporización.

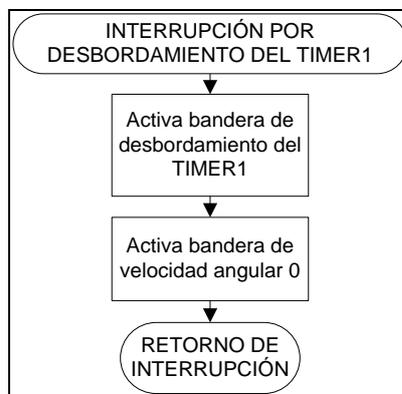


FUENTE PROPIA

Figura 5.20. Diagrama de flujo de la interrupción por desbordamiento del TIMER0

c. Desbordamiento del TIMER1

Su implementación tiene relación directa con la interrupción CCP1. El módulo TIMER1 está configurado como temporizador (contador sincrónico con la señal del oscilador).



FUENTE PROPIA

Figura 5.21. Diagrama de flujo de la interrupción por desbordamiento del TIMER1

Teniendo en cuenta al oscilador de 8Mhz y que en los PICs un ciclo de máquina dura 4 ciclos de reloj, el período de conteo del TIMER1 es de 2µseg. En base a este resultado y a que la resolución del temporizador es de 16bits, el tiempo máximo que se puede medir en el desbordamiento del TIMER1, es de 0.13107seg. Lo anterior se resume en los siguientes modelos:

$$T_{\text{conteo}} = \frac{4}{F_{\text{osc}}} \cdot \text{preescala}$$

Ecuación 5.5. Período de conteo del TIMER1

$$T_{\text{conteo}} = \frac{4}{8\text{Mhz}} * 4 = 2\mu\text{s}$$

$$T_{\text{máx}} = \frac{4}{F_{\text{osc}}} \cdot 65535 \cdot \text{preescala}$$

Ecuación 5.6. Temporización máxima obtenida en el TIMER1

$$T_{\text{máx}} = \frac{4}{8\text{Mhz}} * 65535 * 4 = 0.13107\text{seg}$$

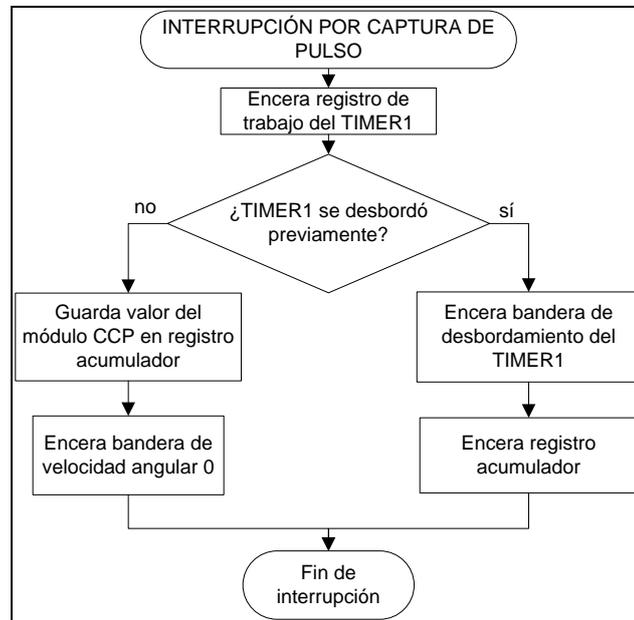
El período mínimo medido por el temporizador, se traduce en una frecuencia máxima de 500Khz.

d. Detección de flanco activo en módulo CCP1

El módulo CCP1 está configurado para capturar flancos ascendentes. Se realiza una interrupción cada vez que exista una señal transicional desde nivel lógico 0 hasta nivel lógico 1.

Como se observa en el diagrama de flujo, la rutina especial de interrupción reinicia el registro contador del TIMER1, pero también guarda

el valor que tenía éste justo en el momento de la interrupción. Además, verifica si el TIMER1 se ha desbordado.



FUENTE PROPIA

Figura 5.22. Diagrama de flujo de la interrupción por flanco activo en CCP1

El beneficio práctico de esta interrupción y la del desbordamiento del TIMER1, se orienta al cálculo de la frecuencia de la señal, tomada desde el sensor de velocidad angular o el tacómetro del motor. Con los valores obtenidos mediante las ecuaciones del TIMER1, se puede obtener la frecuencia máxima y mínima que es capaz de medir el módulo:

$$f = \frac{1}{T}$$

Ecuación 5.7. Obtención de frecuencia en función de período

$$f_{máx} = \frac{1}{T_{conteo}} = \frac{1}{2\mu s} = 500Khz$$

$$f_{mín} = \frac{1}{T_{máx}} = \frac{1}{0.13107seg} = 7.62951Hz$$

En base a los resultados, si se divide el valor obtenido en el TIMER1 cada interrupción de CCP1, por el número 500000, se obtiene la frecuencia de la señal de entrada.

5.5. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

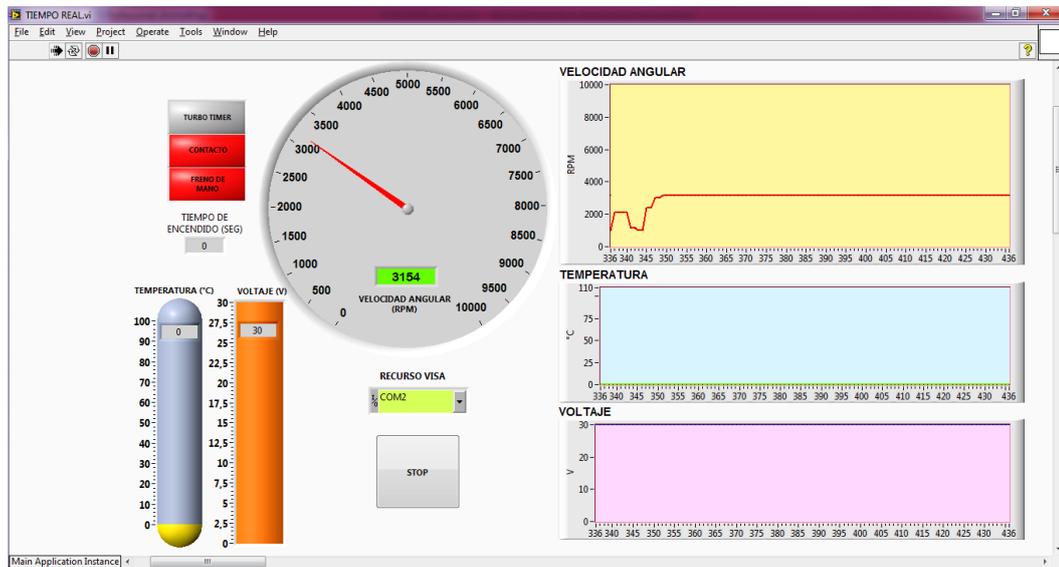
El software de la PC (computadora personal) está realizado en LabVIEW 12.0. La simplicidad de uso, robustez para aplicaciones de ingeniería y orientación a aplicaciones gráficas, hicieron de este entorno, el más idóneo para realizar los instrumentos virtuales del sistema.

Existen dos programas independientes que permiten observar en tiempo real los valores de las variables medidas, o descargar el historial de mediciones grabado en los últimos 10 minutos de funcionamiento del motor.

Para que cualquiera de las aplicaciones corra, el usuario primero debe identificar el puerto COM virtual a través del cual, se comunicará el cable USB – RS232 que está conectado al TURBO TIMER.

5.5.1. INSTRUMENTO VIRTUAL PARA OBSERVACIÓN DE VARIABLES EN TIEMPO REAL

Esta aplicación posee indicadores analógicos y digitales para cada una de las variables medidas por el sistema electrónico. Como se puede observar en la figura, la interfaz es fácil de usar ya que es necesario solamente, ingresar el valor del puerto COM virtual por el que se está comunicando el cable USB – RS232.



FUENTE PROPIA

Figura 5.23. Instrumento virtual para observación de variables en tiempo real

Una vez que el programa está corriendo en la PC, se debe presionar en el TURBO TIMER la tecla de incremento, para que la transmisión de datos empiece.

5.5.2. INSTRUMENTO VIRTUAL PARA OBSERVACIÓN DEL HISTORIAL DE MEDICIONES

Esta interfaz trabaja en conjunto con el sistema electrónico, siempre y cuando el contacto del vehículo se encuentre desactivado y el motor esté apagado. Con estas condiciones, se coloca el número de puerto COM, se inicia la aplicación, y se presiona el botón “empezar adquisición”.

Conforme se van recibiendo los datos, se incrementa la barra de progreso. Al recibir la última lectura (dato 599), la aplicación termina automáticamente.



FUENTE PROPIA

Figura 5.24. Instrumento virtual para observación del historial de mediciones

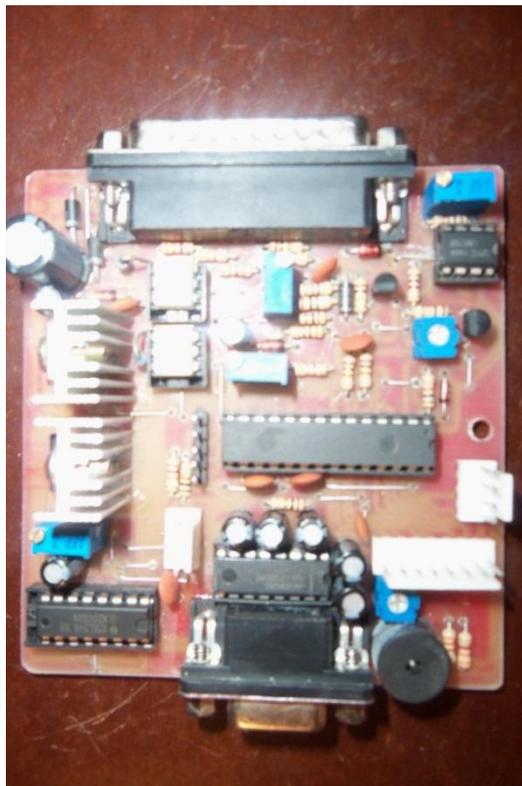
CAPÍTULO 6

6. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

6.1. MONTAJE FÍSICO DEL SISTEMA

Para comprobar la versatilidad del sistema, se manufacturaron dos prototipos y se probaron en camiones con distintas características. A continuación se realiza la descripción del montaje de uno de ellos.

Se empezó manufacturando la placa y soldando en ésta todos los elementos que conforman el módulo electrónico.



FUENTE PROPIA

Figura 6.1. Placa del sistema electrónico

Posteriormente se colocó la placa y el resto de los elementos, dentro de la caja de acrílico, sujetándola adecuadamente para asegurar que no existan vibraciones.



FUENTE PROPIA

Figura 6.2. Montaje de los elementos electrónicos dentro de la caja de acrílico

Una vez listo el sistema, se realizaron calibraciones previas y pruebas de funcionamiento, usando instrumentos de laboratorio tales como generador de funciones, multímetro y osciloscopio.



FUENTE PROPIA

Figura 6.3. Pruebas previas de laboratorio sobre el sistema

Se buscaron las señales necesarias para la conexión del sistema en el tablero del camión, procurando causar el menor impacto posible en su cableado.



FUENTE PROPIA

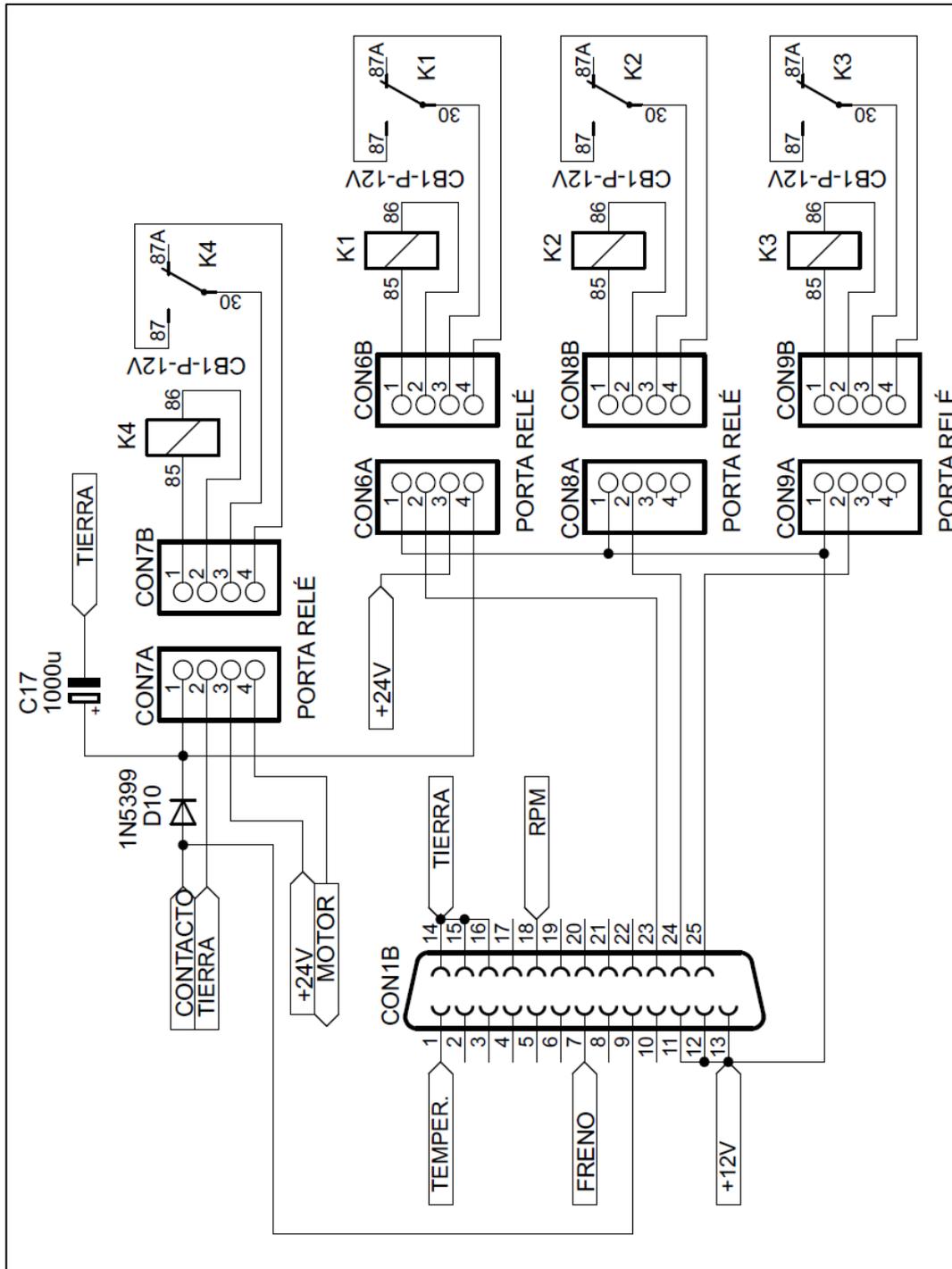
Figura 6.4. Búsqueda de señal de contacto



FUENTE PROPIA

Figura 6.5. Búsqueda de señal de velocidad angular

Una vez ubicadas todas las señales, se conectó el TURBO TIMER usando el diagrama de la siguiente figura.



FUENTE PROPIA

Figura 6.6. Diagrama de montaje del módulo sobre el sistema eléctrico del vehículo

Una vez concluida la instalación del dispositivo de acuerdo a las especificaciones del diagrama de montaje del módulo, tenemos como resultado la implementación del Turbo Timer en la cabina del vehículo, con lo cual todo el proceso de instalación se concluye, y queda listo para someterse a las respectivas pruebas de funcionamiento.



FUENTE PROPIA

Figura 6.7. Montaje del módulo electrónico en el tablero de instrumentos del vehículo



FUENTE PROPIA

Figura 6.8. Montaje del Dispositivo en el Vehículo

6.2. CALIBRACIÓN DEL MECANISMO

Tabla 6.1. Características Vehículo 1
FUENTE PROPIA

VEHÍCULO 1	
MARCA	MITSUBISHI
MODELO	CANTER 6.5 TON
CLASE	CAMIÓN
TIPO	CAJON-C
AÑO DE FABRICACION	2004
TONELAJE	6.00T
CILINDRAJE	3900

Tabla 6.2. Características Vehículo 2
FUENTE PROPIA

VEHÍCULO 2	
MARCA	JAC
MODELO	HFC1083KR1T TM 3.8 2P 4X2
CLASE	CAMION
TIPO	PLATAFORMA
AÑO DE FABRICACION	2013
TONELAJE	6.2T
CILINDRAJE	3800

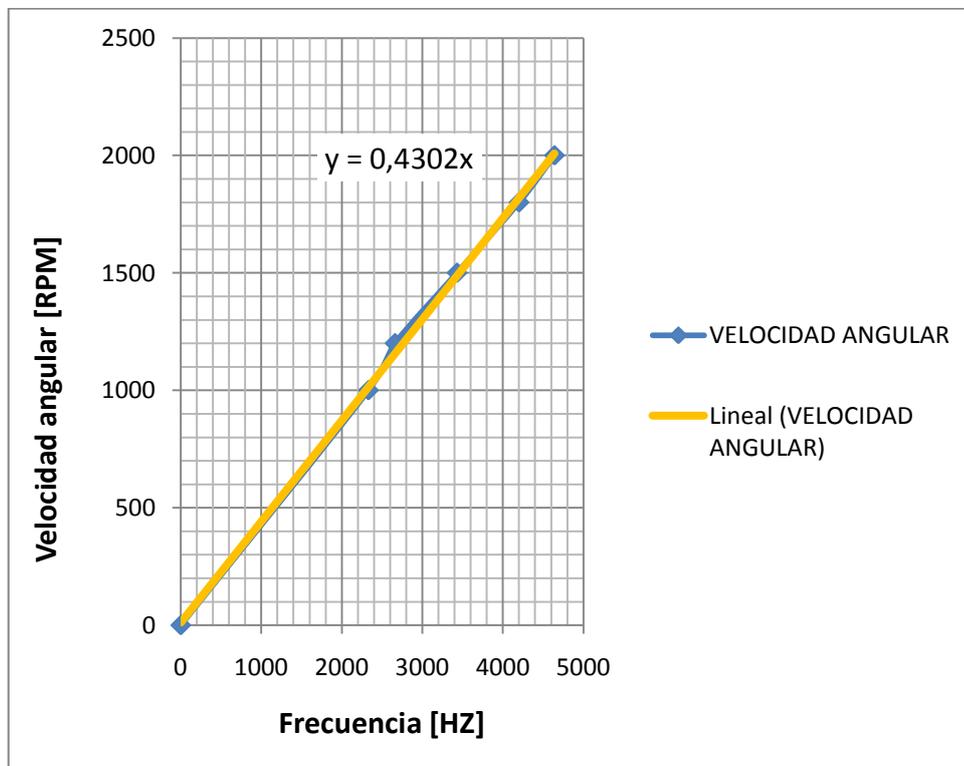
6.2.1. CALIBRACIÓN DE VELOCIDAD ANGULAR

Para calibrar la medición de velocidad angular se hizo funcionar ambos motores a distintos regímenes, midiendo la frecuencia de las señales y observando los valores que proporcionaban los tacómetros de cada vehículo. La siguiente tabla muestra lo realizado.

**Tabla 6.3. Lecturas de frecuencia y velocidad angular en los dos camiones
FUENTE PROPIA**

MUESTRA	CAMIÓN JAC		CAMIÓN MITUBISHI	
	FRECUENCIA [Hz]	VELOCIDAD ANGULAR [RPM]	FRECUENCIA [Hz]	VELOCIDAD ANGULAR [RPM]
1	0	0	0	0
2	2330	1000	216	1000
3	2660	1200	305	1500
4	3430	1500	402	2000
5	4200	1800	493	2500
6	4640	2000	583	2900

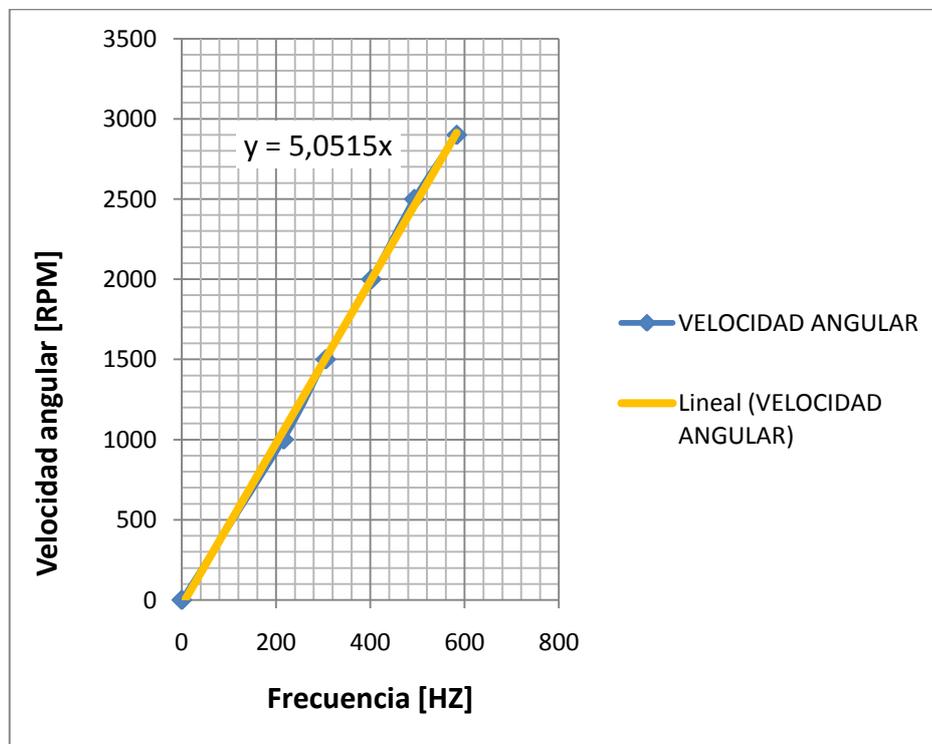
Una vez tomados los datos, se ingresaron en Microsoft Excel para graficar las curvas correspondientes y calcular las líneas de tendencia. Los coeficientes de estas curvas, fueron los ingresados en el menú de configuración de los TURBO TIMERS.



FUENTE PROPIA

Figura 6.9. Gráfica velocidad angular – frecuencia del camión JAC

En la gráfica se muestran los valores de la frecuencia determinada un cierto número de revoluciones, la línea de color azul muestra la gráfica real de la velocidad angular que se forma al establecer cada uno de los puntos dentro del plano. Mientras que la línea de color amarillo es una aproximación (linealización) que se realiza dentro del programa EXCEL para establecer una ecuación de primer grado y los valores o coeficientes determinados sean fáciles de leer y apreciar dentro de la programación del TURBO TIMER.



FUENTE PROPIA

Figura 6.10. Gráfica velocidad angular – frecuencia del camión MITSUBISHI

Al igual que en la gráfica anterior los datos de frecuencia y rpm fueron graficados en el plano y al igual que en la gráfica anterior se realizó la linealización respectiva, obteniendo así el coeficiente de 5,0515 que de igual manera se ingresara en el segundo TURBO TIMER para su óptimo funcionamiento.

Las gráficas de la frecuencia en función de las revoluciones realizadas para los dos camiones dan como resultado una ecuación de primer orden, razón por la cual solo se encontró un coeficiente para cada dispositivo.

6.2.2. CALIBRACIÓN DE TEMPERATURA

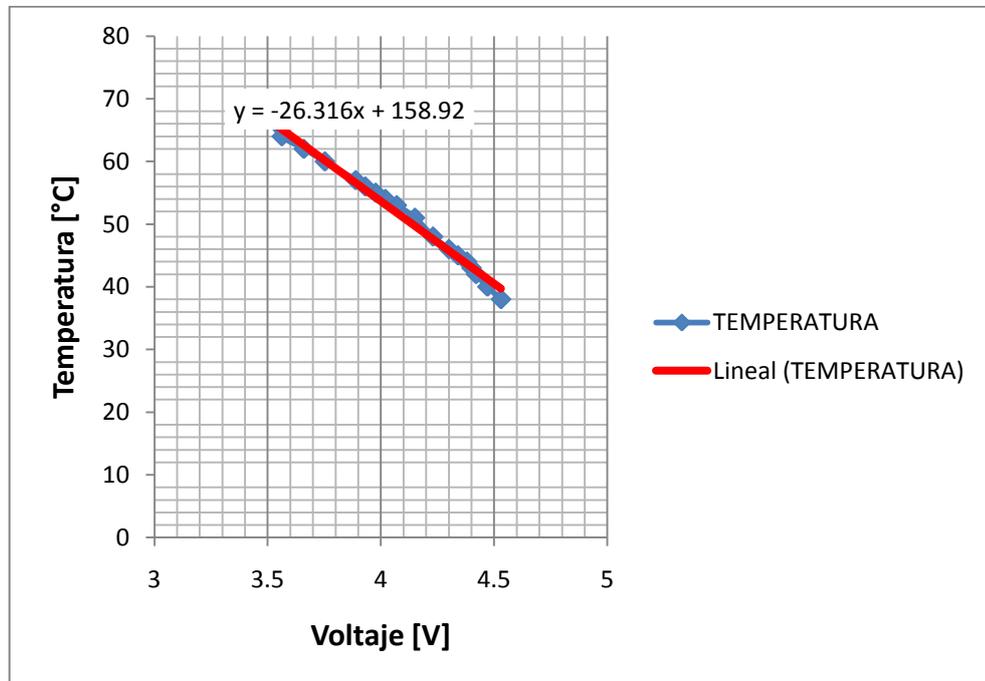
Se realizó el mismo procedimiento que el usado para determinar la velocidad angular, tomando valores de temperatura y voltaje en los camiones.

**Tabla 6.4. Lecturas de voltaje y temperatura en los dos camiones
FUENTE PROPIA**

MUESTRA	CAMIÓN JAC		CAMIÓN MITUBISHI	
	VOLTAJE [V]	TEMPERATURA [°C]	VOLTAJE [V]	TEMPERATURA [°C]
1	4,53	38	2,88	28,2
2	4,47	40	2,704	31
3	4,42	42	2,65	32
4	4,4	43	2,53	34
5	4,38	44	2,472	36
6	4,34	45	2,34	38
7	4,3	46	2,235	40
8	4,23	48	2,173	42
9	4,15	51	2,074	44
10	4,07	53	1,99	46
11	4,02	54	1,911	48
12	3,977	55	1,832	50
13	3,931	56	1,742	52
14	3,889	57	1,669	54
15	3,753	60	1,572	56
16	3,66	62	1,502	57

17	3,563	64	1,491	58
18	3,494	67	1,429	60
19	3,408	69	1,161	65
20	3,358	70	0,97	70

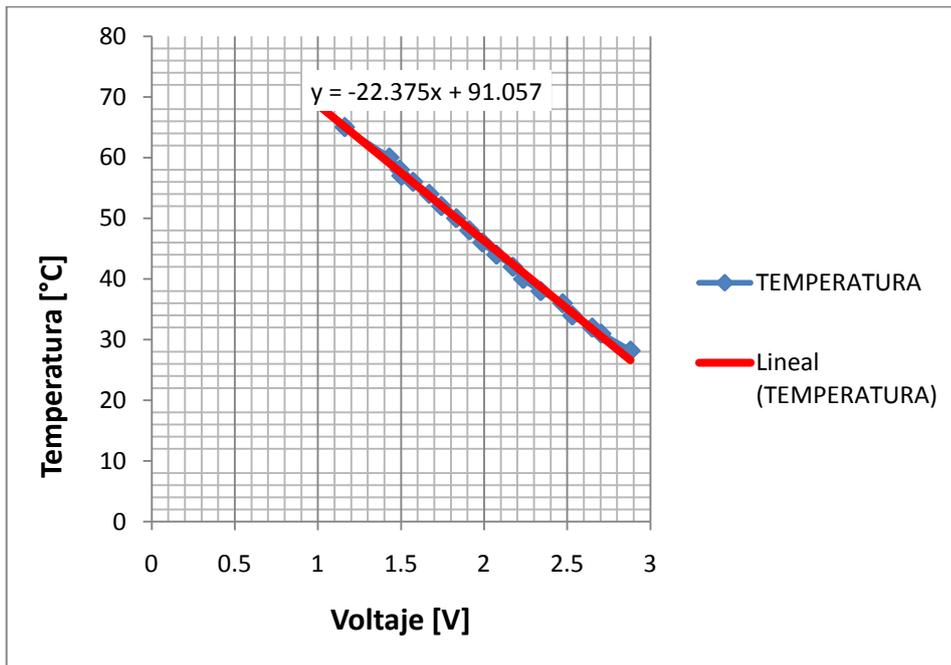
Se ingresaron también los valores medidos en Excel, y se obtuvieron las gráficas con sus correspondientes líneas de tendencia.



FUENTE PROPIA

Figura 6.11. Gráfica temperatura – voltaje del camión JAC

Luego de ingresar cada uno de los valores de voltaje y temperatura obtenidos en EXCEL la gráfica obtenida fue una curva la cual luego de la linealización respectiva nos dio como resultado los siguientes coeficientes a: -26,316 y b: 158,92 que de igual forma deben ser ingresados en el TURBO TIMER a través del menú respectivo.



FUENTE PROPIA

Figura 6.12. Gráfica temperatura – voltaje del camión Mitsubishi

Al igual que en todos los procedimientos anteriores se ingresó los valores de la temperatura en función del voltaje en ECXEL obteniendo la gráfica que se muestra de color azul, y luego de un igual proceso de linealización se obtuvo una gráfica lineal (color rojo) obteniendo los dos coeficientes respectivos, que también deberán ser ingresados en el menú del TURBO TIMER.

6.2.3. RESUMEN DE CALIBRACIONES

La siguiente tabla muestra el compendio de configuraciones realizadas sobre los dos módulos temporizadores.

Tabla 6.5. Resumen de configuraciones realizadas para los dos camiones

FUENTE PROPIA

PARÁMETRO	CAMIÓN MITSUBISHI	CAMIÓN JAC
COEFICIENTE EN LA FUNCIÓN DE VELOCIDAD ANGULAR	A=5,05	A=0,43
COEFICIENTES EN LA FUNCIÓN DE TEMPERATURA	A=-22,375 B=91,06	A=-26,316 B=158,92
VELOCIDAD ANGULAR MÁXIMA EN RALENTÍ [RPM]	100	850
VELOCIDAD ANGULAR MÍNIMA EN RALENTÍ [RPM]	700	600
VELOCIDAD ANGULAR MÁXIMA DEL MOTOR [RPM]	2900	2000
TEMPORIZACIÓN MÁXIMA [SEG]	300	300
TIPO DE VOLTAJE [12 – 24V]	24V	24V
TEMPERATURA MÁXIMA [°C]	90	90

6.3. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de superar todas las verificaciones de funcionamiento óptimo y de haberse montado el mecanismo en los vehículos, se confirmó el funcionamiento de todo el sistema en conjunto y se procedió a realizar las pruebas tabulables y al respectivo análisis de los diferentes resultados obtenidos.

6.3.1. DETERMINACIÓN DE PRECISIÓN EN LA ADQUISICIÓN DE VARIABLES

Este conjunto de pruebas consistió en determinar la fiabilidad de las variables medidas, en función de valores tomados por instrumentos de referencia.

a. Prueba de voltaje



FUENTE PROPIA

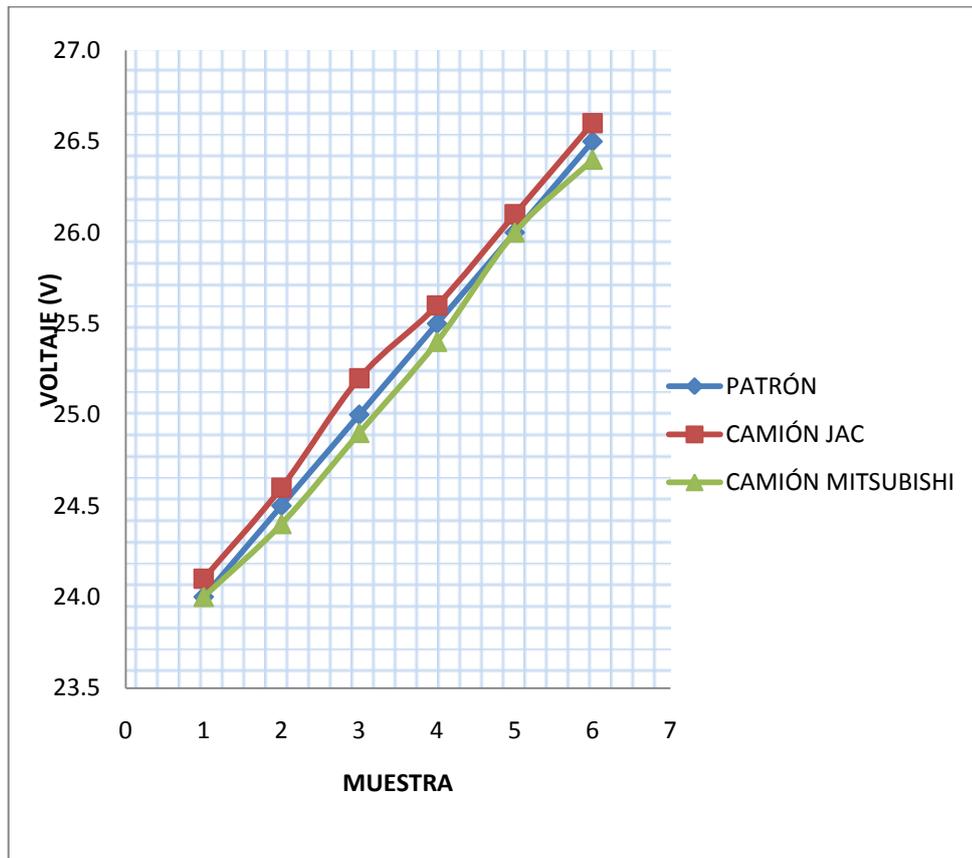
Figura 6.13. Medición de Voltaje

En la determinación del voltaje, se utilizó un potenciómetro para poder variar el valor de potencial desde la batería de cada camión.

Tabla 6.6. Mediciones de voltaje en los camiones

FUENTE PROPIA

PRUEBA	MEDICIÓN PATRÓN (V)	VOLTAJE EN CAMIÓN JAC (V)	VOLTAJE EN CAMIÓN MITSUBISHI (V)	ERROR EN CAMIÓN JAC (%)	ERROR EN CAMIÓN MITSUBISHI (%)
1	24,0	24,1	24,0	-0,4	0,0
2	24,5	24,6	24,4	-0,4	0,4
3	25,0	25,2	24,9	-0,8	0,4
4	25,5	25,6	25,4	-0,4	0,4
5	26,0	26,1	26,0	-0,4	0,0
6	26,5	26,6	26,4	-0,4	0,4



FUENTE PROPIA

Figura 6.14. Gráfica de dispersión de valores de voltaje

En la gráfica se observan tres curvas, dos de ellas (color azul y color verde) son de los voltajes que se registran en el dispositivo (turbo timer) al momento de la adquisición de los datos en cada camión, la tercer curva (color lila) es un valor estándar al cual se denominó patrón; dicha medida nos permite determinar la exactitud que se tiene al momento de la adquisición de los datos. Todos estos valores también nos permiten determinar el error porcentual obtenido en cada medición.

De acuerdo a lo mostrado en la gráfica y los valores obtenidos, se puede determinar que la adquisición o lectura del voltaje se realiza en forma correcta y de manera confiable, ya que las curvas son muy cercanas a nuestra curva estándar establecida previamente.

b. Prueba de temperatura



FUENTE PROPIA

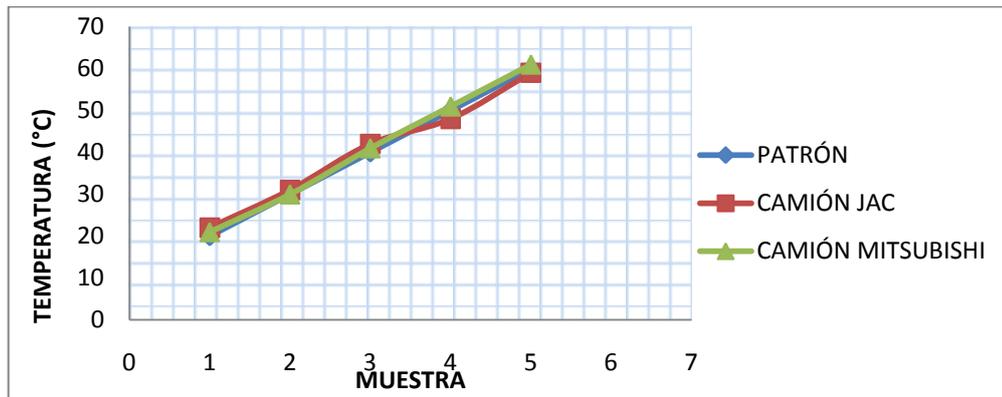
Figura 6.15. Medición de Temperatura

En la prueba de temperatura, se encendió a los motores desde fríos y se tomaron valores de temperatura de referencia a través de un termómetro láser.

Tabla 6.7. Mediciones de temperatura en los camiones

FUENTE PROPIA

PRUEBA	MEDICIÓN	TEMPERATURA	TEMPERATURA EN	ERROR EN	ERROR EN
A	PATRÓN	EN CAMIÓN JAC	CAMIÓN MITSUBISHI	CAMIÓN	CAMIÓN
	(°C)	(°C)	(°C)	JAC	MITSUBISHI
				(%)	(%)
1	20	22	21	-10,0	-5,0
2	30	31	30	-3,3	0,0
3	40	42	41	-5,0	-2,5
4	50	48	51	4,0	-2,0
5	60	59	61	1,7	-1,7
6	70	69	71	1,4	-1,4

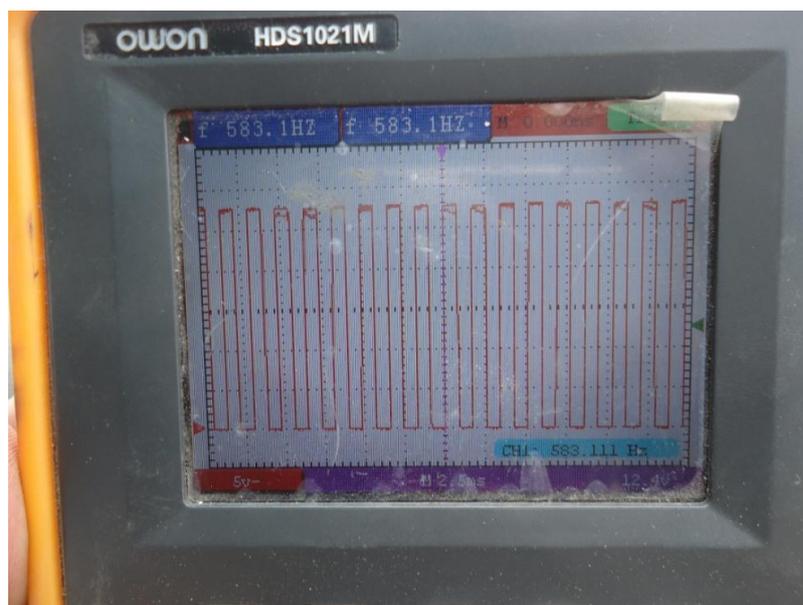


FUENTE PROPIA

Figura 6.16. Gráfica de dispersión de valores de temperatura

Se determinaron valores estándar de temperatura y se los comparo con los valores de temperatura monitoreados por el dispositivo mientras el motor se encontraba en funcionamiento. Por los valores obtenidos se puede observar que a medida que la temperatura aumenta la variación o el error de medida disminuye.

c. Prueba de velocidad angular



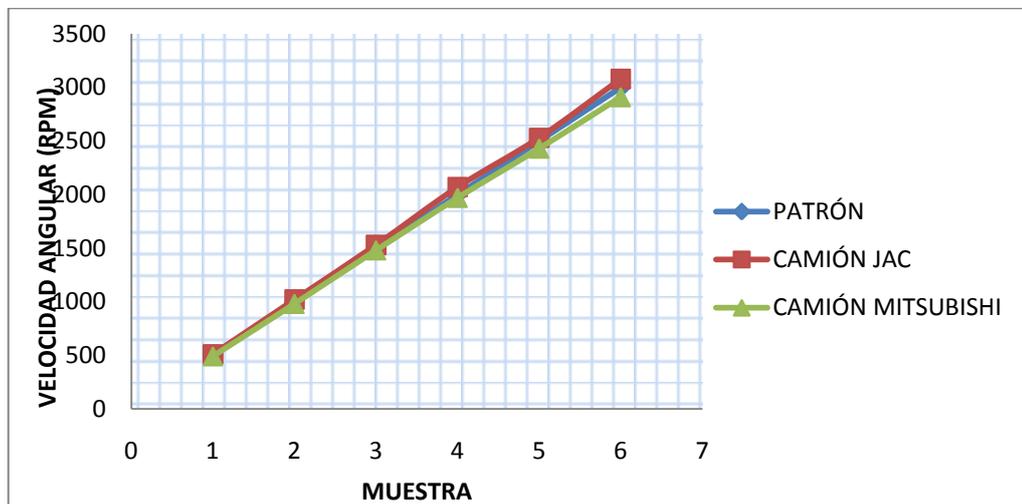
FUENTE PROPIA

Figura 6.17. Medición de Velocidad Angular

Para la medición de la frecuencia angular, se hizo funcionar a los motores de los dos camiones a distintos regímenes, tomando las lecturas patrón desde los tacómetros.

Tabla 6.8. Mediciones de velocidad angular en los camiones
FUENTE PROPIA

PRUEBA	MEDICIÓN PATRÓN (RPM)	VELOCIDAD ANGULAR EN CAMIÓN JAC (RPM)	VELOCIDAD ANGULAR EN CAMIÓN MITSUBISHI (RPM)	ERROR EN CAMIÓN JAC (%)	ERROR EN CAMIÓN MITSUBISHI (%)
1	500	510	491	-2,0	1,8
2	1000	1020	980	-2,0	2,0
3	1500	1530	1480	-2,0	1,3
4	2000	2070	1970	-3,5	1,5
5	2500	2530	2430	-1,2	2,8
6	3000	3080	2910	-2,7	3,0



FUENTE PROPIA

Figura 6.18. Gráfica de dispersión de valores de velocidad angular

Al igual que en el caso de la temperatura, para las revoluciones también se estableció un patrón de medida, y de igual forma se compararon con las revoluciones que se adquirieron mediante el dispositivo.

Por los valores obtenidos se puede verificar que la variación de medición se encuentra de un rango aceptable y no afectaran en el funcionamiento óptimo del dispositivo.

6.3.2. VERIFICACIÓN DE APAGADO ANTE PARÁMETROS INSEGUROS O FINALIZACIÓN DE TIEMPO

Esta prueba sirvió para comprobar la respuesta del microcontrolador, ante parámetros no seguros de funcionamiento durante la ejecución del retardo de apagado.

Las pruebas se realizaron variando una a una las constantes de referencia, mientras el sistema permanecía encendido. Los resultados se observan en la tabla.

**Tabla 6.9. Pruebas de apagado ante parámetros inseguros
FUENTE PROPIA**

PARÁMETRO OBSERVADO	VALOR CONFIGURADO / CALCULADO	VALOR MEDIDO	RESULTADO
Temperatura máxima del refrigerante	70°C	71°C	El módulo apaga el motor e indica mensaje "Error, temperatura máxima"
Velocidad angular mínima en ralentí	900rpm	880rpm	El módulo apaga el motor e indica mensaje "Error, RPM mínimas"
Velocidad angular máxima en ralentí	1200rpm	1222rpm	El módulo apaga el motor e indica mensaje "Error, RPM máximas"
Desactivación del freno de mano	Freno activado	Freno desactivado	El módulo apaga el motor e indica mensaje "Error, no freno"
Inserción de la llave	Llave no insertada en el arnés	Llave colocada en posición ON	El módulo sale del modo de temporización y entra en el modo normal de funcionamiento
Tiempo de encendido durante temporización	150seg	150seg	El módulo apaga el vehículo e indica mensaje "Fin exitoso"

Todas las pruebas de medición proporcionaron valores satisfactorios. En la siguiente tabla se muestra el error máximo obtenido con cada una de las variables medidas.

Tabla 6.10. Error máximo de cada prueba ejecutada
FUENTE PROPIA

VARIABLE MEDIDA	ERROR MÁXIMO (%)
Voltaje	0,4
Temperatura	10
Velocidad angular	3

La inserción de error en la medición de voltaje, se debe únicamente a la aproximación a una cifra decimal que realiza el algoritmo. Con respecto a los errores presentados en la medición de temperatura, se justifican ya que el programa de adquisición utiliza un modelo de tendencia, más no una ecuación perfectamente compatible con la variable. En lo referente a la velocidad angular, el error máximo se suscitó con el motor en ralentí, cuando no se encuentra con un régimen completamente estable.

Por otro lado, las pruebas de funcionamiento del sistema completo en el vehículo, indican que el dispositivo es seguro. Por lo tanto, su implementación sobre vehículos gasolina y diesel es aconsejable.

6.4. PRESUPUESTO REFERENCIAL

El presupuesto que describe los costos de los elementos del módulo es el siguiente:

Tabla 6.11. Costos de los componentes del sistema

FUENTE PROPIA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Microcontrolador PIC18F2550	2	10.00	20.00
LCD 2x8	2	5.00	10.00
Regulador de voltaje lineal	2	0.60	1.20
Conectores MOLEX de varios números de pines	2	3.00	6.00
Conector DB25 macho y hembra	2	2.00	4.00
Conector DB9 hembra	2	1.00	2.00
Elementos varios (amplificadores, transistores, resistencias, capacitores y diodos)	2	10.00	20.00
Placa de fibra de vidrio, incluida manufactura de la PCB	2	30.00	60.00
Elementos de soldadura	2	5.00	10.00
Caja de acrílico para alojamiento del dispositivo electrónico	2	20.00	40.00
Cable automotriz varios calibres	2	10.00	20.00
Cable USB – RS232	2	8.00	16.00
TOTAL			USD 209.20

A continuación se presenta el detalle de todos los gastos realizados en el diseño, implementación y pruebas del módulo:

Tabla 6.12. Costo total del diseño y construcción del sistema

FUENTE PROPIA

INGENIERÍA E INFORMACIÓN		600
Colaboración científica	500	
Investigación	100	
COSTOS DIRECTOS		409.20
Componentes del sistema	209.20	
Edición de trabajo escrito	200	
IMPREVISTOS		180
Transporte y desplazamiento	80	
Otros	100	
COSTO TOTAL		USD 1189.20

7. CONCLUSIONES

- El dispositivo construido cuenta con características de funcionamiento que lo hacen universal, por lo que se puede instalar en cualquier tipo de vehículo.
- Si el freno de mano es desactivado o desacoplado el motor del vehículo se apagará automáticamente.
- Si el régimen de revoluciones establecido en el dispositivo por el usuario se elevan o disminuyen por alguna causa física o mecánica el automotor se apagará instantáneamente.
- La utilización de este sistema de temporización permite alargar la vida útil del turbo compresor y por ende el de sus componentes, ya que no existirá el riesgo de que este gire sin lubricación.
- Se pudo realizar un sistema de temporización que permite mantener las condiciones óptimas de funcionamiento del turbo, al controlar el retardo de apagado de los motores turboalimentados a gasolina y diesel.
- Para el cálculo del tiempo de retardo de apagado se usó un algoritmo basado en la lectura del historial de revoluciones, a través de una función de primer grado.
- El sistema funciona eficientemente para condiciones de trabajo (vibraciones, golpes, aceleraciones, altas temperaturas); su interfaz humano – máquina es fácil de entender y permite que el usuario pueda configurar los parámetros de funcionamiento del sistema.

- Las variables muestreadas por el sistema tienen una precisión de entre el 95 y 100%, indicando que el dispositivo es robusto y se recomienda su aplicación.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de este dispositivo en todo vehículo sobrealimentado, ya sea que este funcione a 12V o 24V, ya que es un dispositivo realizado de tal manera que funcione independientemente de la marca y del modelo del vehículo a instalar porque posee características de funcionamiento generales y que se puede adaptar a cualquier tipo de señal analógica o digital emitida por el automotor.
- Las interfaces y las rutinas usadas en este trabajo, podrían servir para realizar sistemas más complejos de instrumentación electrónica en el automóvil.
- Si el dispositivo se instala en vehículos con sistema eléctrico de 24V, es necesario que se lo conecte a una sola batería o a través de un convertor de 12V.
- Se recomienda que se instale el TURBO TIMER en lugar sin contacto directo con el sol, para evitar el agrietamiento de su carcasa.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9.1. TEXTOS

- **DE CASTRO** Miguel, Motores Diesel Turbo: Sobrealimentación del Motor; EDICIONES CEAC, Segunda Edición, 1990.
- **IBRAHIM** Dogan, Advanced PIC Microcontroller Projects in C, Elsevier, Burlington MA 01803 – USA, 2009.
- **IBRAHIM** Dogan, Microcontroller Based Applied Digital Control, John Wiley & Sons, England, 2008.
- **MUHAMMAD** Rashid, Electrónica de Potencia: Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones, Tercera Edición, Pearson Educación, México, 2008.
- **MICROCHIP TECHNOLOGY INC.**, Embedded Control Handbook, Microchip Technology Inc, Arizona – USA, 2010.
- **MICROCHIP TECHNOLOGY INC.**, PIC18F2455/2550/4455/4550 Datasheet, Microchip Technology Inc, Arizona – USA, 2007.
- **BATES** Martin, Interfacing PIC Microcontrollers: Embedded Design by Interactive Simulation, Elsevier, Burlington MA 01803 – USA, 2008.
- **MOMPIM**, José, Electrónica y automática industriales, Marcombo Boixareu, Barcelona – España, 2009.
- **PARDUE** Joe, C Programming for Microcontrollers, Smiley Micros, Knoxville TN 37909, USA, 2009.

- **GADRE** Dhananjay, *Programming and Customizing the AVR Microcontroller*,
- **LAJARA** José Rafael, *LabVIEW: Entorno Gráfico de Programación*, Alfaomega – Marcombo, Barcelona – España, 2009.

10. ANEXOS

ANEXO "A". ARTÍCULO DEL PROYECTO

DISEÑO E INSTALACION DE UN SISTEMA DE TURBO TIMER PARA MOTORES SOBREALIMENTADOS EN UN VEHÍCULO MITSUBISHI CANTER

Roberto Lara¹ Esteban Lora² Ing. Néstor Romero³ Ing. Luis Mena⁴

^{1, 2, 3, 4} *Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica , Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.*
Email: xavilaron18@yahoo.com, estebanandres_89@hotmail.com, naromero@espe.edu.ec, lamena@espe.edu.ec

RESUMEN

Se diseñó un dispositivo microprocesado configurable, para el control del retardo de apagado en motores de combustión interna turboalimentados, se basa en las señales emitidas tanto por el sensor de temperatura como de revoluciones del vehículo; este dispositivo ayudara a controlar los tiempos de apagado del motor, una vez que el vehículo no se encuentre en movimiento. Sus funciones adicionales incluyen el almacenamiento interno de parámetros de funcionamiento y la visualización gráfica en tiempo real de variables medidas, en cualquier PC.

Un microcontrolador de alta gama se encarga de la adquisición y procesamiento de la velocidad angular del motor y su temperatura de funcionamiento; mientras que una LCD alfanumérica y un instrumento virtual para PC cumplen la función de interfaz humano – máquina. Luego de probar el dispositivo, se llegó a determinar que es eficaz y eficiente, posee gran capacidad de almacenamiento (diez minutos) y presenta facilidad de configuración.

ABSTRACT

We designed a microprocessor device configured to control off delay in

turbocharged internal combustion engines, is based on the signals emitted by both the temperature sensor as the vehicle speed, this device help control the time of engine shutdown once the vehicle is not in motion. Additional features include internal storage and operating parameters in real-time graphic display of measured variables in any PC.

High-end microcontroller handles the acquisition and processing of the angular velocity of the motor and its operating temperature, while an alphanumeric LCD PC virtual instrument play the role of human - machine interface. After testing the device, it was determined to be effective and efficient, has great storage capacity (ten minutes) and ease of configuration presents

I. INTRODUCCION

El presente documento recopila tanto el sustento teórico como el fundamento científico y de metodología, usados en el diseño e implementación del controlador de retardo de apagado de motores de combustión interna turboalimentados.

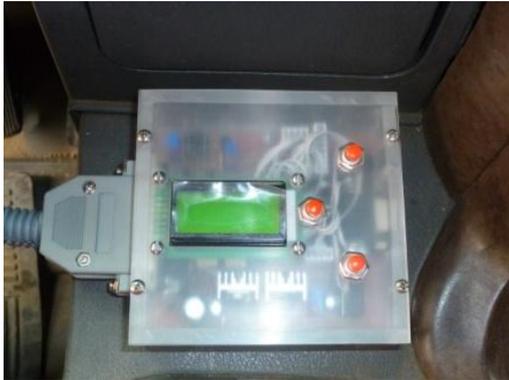


Figura 1.- Turbo Timer y puerto de conexión

Las ventajas de mantener el auto encendido usando un TURBO TIMER o AUTO TIMER es una mayor duración de los componentes mecánicos del turbocompresor. Considerando que su costo es relativamente bajo, resulta un accesorio muy conveniente y útil para instalar. Las marcas más populares generalmente han sido las japonesas, entre ellas se puede encontrar APEXI, GREDDY, HKS, BLITZ, entre otras.

El dispositivo es un sistema digital para el cálculo y control del retardo de apagado en motores de combustión interna turboalimentados. Sus subsistemas embebidos permiten que el mecanismo realice las siguientes funciones:

II. GENERALIDADES

2.1 CARACTERISTICAS GENERALES

Al llegar al destino y cortar la ignición del automóvil retirando la llave, el mecanismo del TURBO TIMER mantiene encendido el motor por cierto tiempo en función de su algoritmo de trabajo. Pasado este período, una vez que el turbo haya bajado su inercia y temperatura, el dispositivo apaga el motor del modo habitual.

- Utilizar una interfaz amigable para configurar los parámetros de funcionamiento seguro del motor, así como las funciones de transferencia de los sensores.

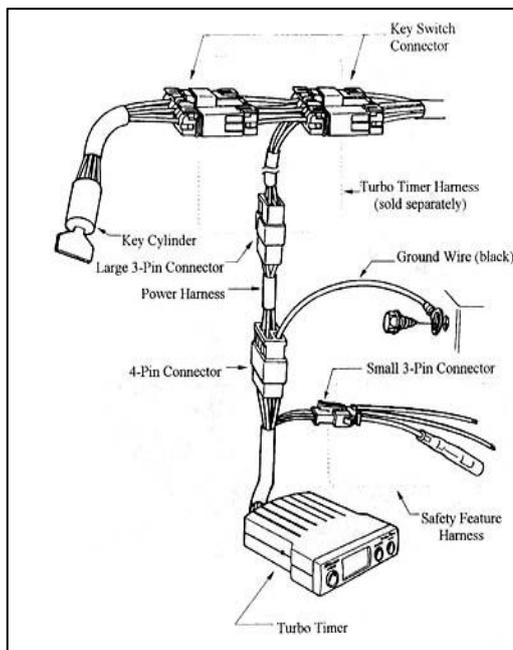


Figura 2.- Diagrama de Instalación



Figura 3.- Interfaz humano- maquina

- Grabar los parámetros de funcionamiento del motor en los últimos minutos, antes de su apagado, para mostrarlo posteriormente en una interfaz gráfica en PC.

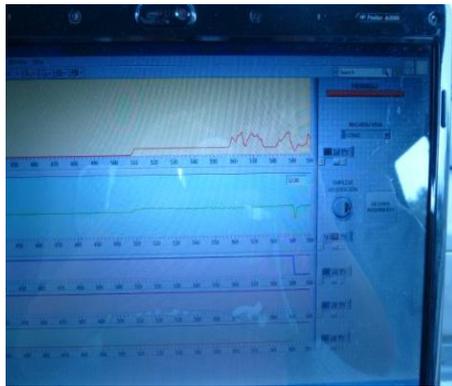


Figura 4.- Grabación últimos parámetros de funcionamiento

- Observar en tiempo real, en una interfaz gráfica en PC, las variables medidas.



Figura5.- Funcionamiento en tiempo real

III. HARDWARE

3.1 DIAGRAMA ESQUEMATICO GENERAL

Se muestran todas las conexiones de los subsistemas que conforman el TURBO TIMER, incluyendo capacitores de desacople y conectores.

Dentro de este esquema tenemos los siguientes subsistemas:

1. Subsistema de sensado.
2. Subsistema de procesamiento.

3. Subsistema de interfaz humano-maquina.
4. Subsistema de respuesta.
5. Subsistema de alimentación.

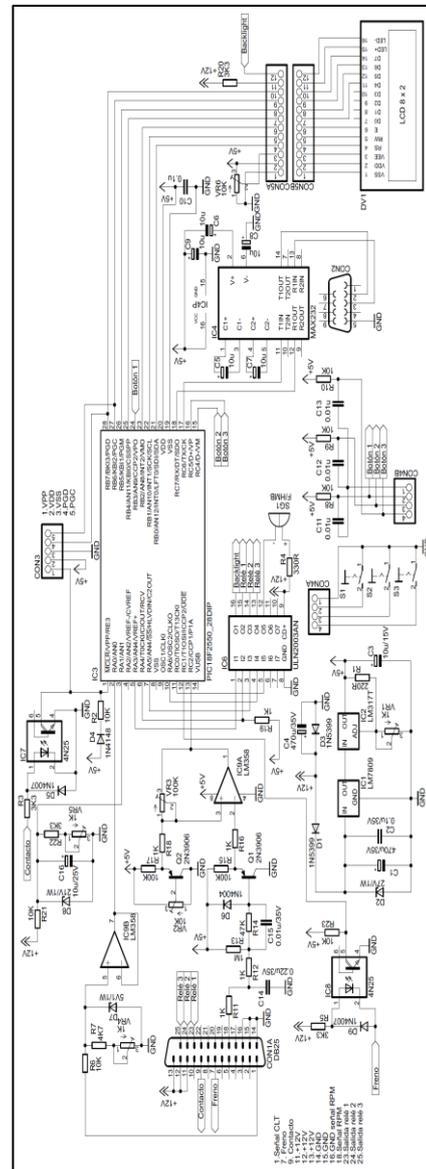


Figura 6.- Diagrama esquemático general del módulo

- **Subsistema de sensado:** lectura de voltaje del acumulador, sensado de la temperatura del refrigerante, detección de señales analógicas del vehículo, sensado de velocidad angular del motor.

- **Subsistema de procesamiento:** procesa todas las señales antes sensadas mediante la ayuda de un microcontrolador (PIC 18F2550).
- **Subsistema de interfaz humano-maquina:** permite la interpretación grafica con ayuda del puerto de comunicación a través de la PC, ingreso de los parámetros o variables para un correcto funcionamiento del dispositivo de acuerdo a las características del vehículo. en el que se lo instalará.
- **Subsistema de respuesta:** permite enviar los pulsos a través del PIC 18F2550, que permitirán la activación de los relevadores que mantendrán en funcionamiento el motor y otros accesorios del vehículo durante la temporización establecida por el dispositivo.
- **Subsistema de alimentación:** se obtiene directamente de la batería del automóvil, dicha tensión se filtra y se aplica regulada al circuito lógico. Cabe aclarar que el dispositivo puede trabajar normalmente tanto para vehículos con alimentaciones de 12V o 24V

IV. MONTAJE FISICO

Se realizaron dos dispositivos para probar su versatilidad y desempeño, los cuales fueron instalados en dos camiones de diferentes características.



Figura 7.- Montaje de los elementos electrónicos

Una vez listo el sistema, se realizaron calibraciones previas y pruebas de funcionamiento, usando instrumentos de laboratorio tales como generador de funciones, multímetro y osciloscopio.



Figura 8.- Pruebas previas de laboratorio al sistema

Se buscaron las señales de contacto, velocidad angular, temperatura, freno de mano, las cuales también son indispensables para el funcionamiento del sistema.



Figura 9.- Búsqueda de la señal de contacto.



Figura 10.- Búsqueda de la señal de la velocidad angular

Luego de encontrar todas las señales se realizaron las conexiones respectivas y las calibraciones tanto de las revoluciones como de temperatura haciendo funcionar a distintos regímenes a ambos motores y tomando las lecturas tanto de revoluciones como de temperatura mediante la ayuda de herramientas especiales.

Dichos valores fueron tabulados y analizados en Excel para determinar los coeficientes de funcionamiento para cada vehículo.

Tabla 1.- Lecturas de frecuencia y velocidad angular

MUESTRA	CAMIÓN JAC		CAMIÓN MITUBISHI	
	FRECUENCIA [Hz]	VELOCIDAD ANGULAR [RPM]	FRECUENCIA [Hz]	VELOCIDAD ANGULAR [RPM]
1	0	0	0	0
2	2330	1000	216	1000
3	2660	1200	305	1500
4	3430	1500	402	2000
5	4200	1800	493	2500
6	4640	2000	583	2900



Figura 11.- Montaje final del dispositivo

V. PRUEBAS

A continuación se esquematiza en la tabla una serie de pruebas, para indicar la forma de funcionamiento del dispositivo ante parámetros inseguros:

Tabla 2.- Pruebas en condiciones inseguras

PARÁMETRO OBSERVADO	VALOR CONFIGURADO / CALCULADO	VALOR MEDIDO	RESULTADO
Temperatura máxima del refrigerante	70°C	71°C	El módulo apaga el motor e indica mensaje "Error, temperatura máxima"
Velocidad angular mínima en ralentí	900rpm	880rpm	El módulo apaga el motor e indica mensaje "Error, RPM mínimas"
Velocidad angular máxima en ralentí	1200rpm	1222rpm	El módulo apaga el motor e indica mensaje "Error, RPM máximas"
Desactivación del freno de mano	Freno activado	Freno desactivado	El módulo apaga el motor e indica mensaje "Error, no freno"
Inserción de la llave	Llave no insertada en el arnés	Llave colocada en posición ON	El módulo sale del modo de temporización y entra en el modo normal de funcionamiento
Tiempo de encendido durante temporización	150seg	150seg	El módulo apaga el vehículo e indica mensaje "Fin exitoso"

VI. CONCLUSIONES

- El dispositivo construido cuenta con características de funcionamiento que lo hacen universal, por lo que se puede instalar en cualquier tipo de vehículo.
- Si el freno de mano es desactivado o desacoplado el motor del vehículo se apagará automáticamente.

- Si el régimen de revoluciones establecido en el dispositivo por el usuario se elevan o disminuyen por alguna causa física o mecánica el automotor se apagará instantáneamente.
- La utilización de este sistema de temporización permite alargar la vida útil del turbo compresor y por ende el de sus componentes, ya que no existirá el riesgo de que este gire in lubricación.
- Se pudo realizar un sistema de temporización que permite mantener las condiciones óptimas de funcionamiento del turbo, al controlar el retardo de apagado de los motores turboalimentados a gasolina y diesel.
- Para el cálculo del tiempo de retardo de apagado se usó un algoritmo basado en la lectura del historial de revoluciones, a través de una función de primer grado.
- El sistema funciona eficientemente para condiciones de trabajo (vibraciones, golpes, aceleraciones, altas temperaturas); su interfaz humano – máquina es fácil de entender y permite que el usuario pueda configurar los parámetros de funcionamiento del sistema.

- Las variables muestreadas por el sistema tienen una precisión de entre el 95 y 100%, indicando que el dispositivo es robusto y se recomienda su aplicación.

VII. BIBLIOGRAFIA

DE CASTRO Miguel, Motores Diesel Turbo: Sobrealimentación

VII. BIBLIOGRAFIA

- **DE CASTRO** Miguel, Motores Diesel Turbo: Sobrealimentación del Motor; EDICIONES CEAC, Segunda Edición, 1990.
- **IBRAHIM** Dogan, Advanced PIC Microcontroller Projects in C, Elsevier, Burlington MA 01803 – USA, 2009.
- **IBRAHIM** Dogan, Microcontroller Based Applied Digital Control, John Wiley & Sons, England, 2008.
- **MUHAMMAD** Rashid, Electrónica de Potencia: Circuitos, Dispositivos y Aplicaciones, Tercera Edición, Pearson Educación, México, 2008.
- **MICROCHIP TECHNOLOGY INC.**, Embedded Control Handbook, Microchip Technology Inc, Arizona – USA, 2010.
- **MICROCHIP TECHNOLOGY INC.**, PIC18F2455/2550/4455/4550 Datasheet, Microchip Technology Inc, Arizona – USA, 2007.
- **BATES** Martin, Interfacing PIC Microcontrollers: Embedded Design by Interactive Simulation, Elsevier, Burlington MA 01803 – USA, 2008.
- **MOMPIM**, José, Electrónica y automática industriales, Marcombo Boixareu, Barcelona – España, 2009.
- **PARDUE** Joe, C Programming for Microcontrollers, Smiley Micros, Knoxville TN 37909, USA, 2009.
- **GADRE** Dhananjay, Programming and Customizing the AVR Microcontroller,
- **LAJARA** José Rafael, LabVIEW: Entorno Gráfico de Programación, Alfaomega – Marcombo, Barcelona – España, 2009.

ANEXO "B". PLANOS TURBO COMPRESOR

ANEXO “C”. ANÁLISIS DE TEMPERATURA DEL EJE DE LA TURBINA

SIMULACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL EJE

Temperatura en el eje en estado estable utilizando

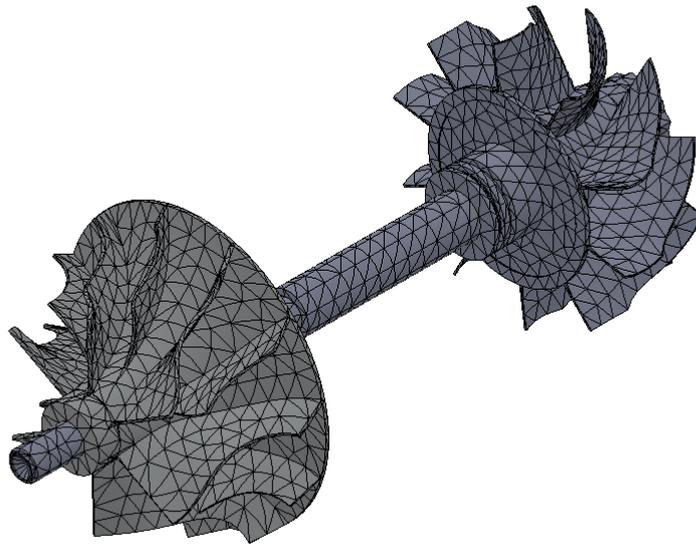
T. turbina = 475 °C

T. compresor = 80 °C

T. eje delante compresor = 20 °C

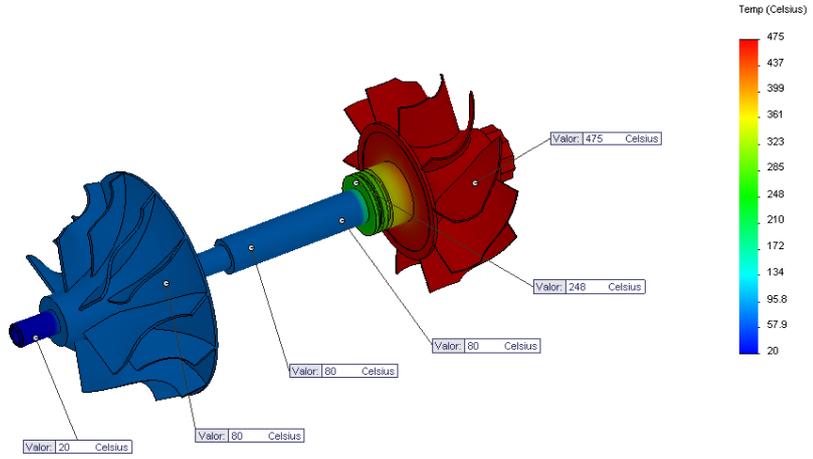
T. eje, sección lubricación = 80 °C

Nombre de modelo: TURBO te
Nombre de estudio: temp eje
Tipo de malla: Malla de sólido



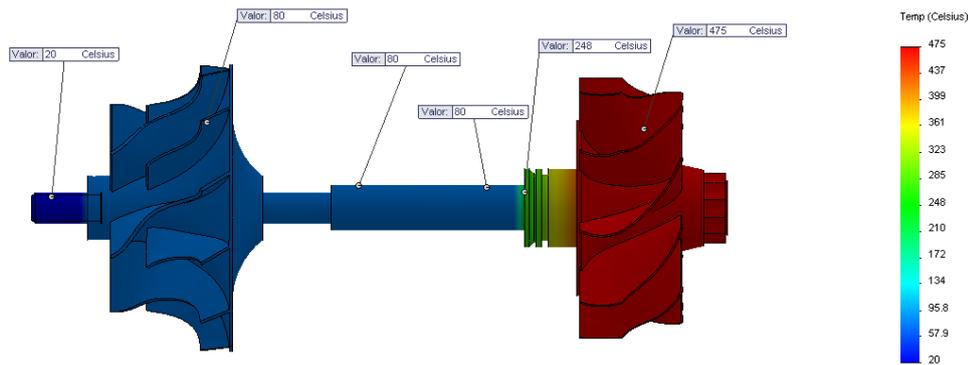
TURBO te (Predeterminad...

Nombre de modelo: TURBO te
Nombre de estudio: Temp eje
Tipo de resultado: Térmico Térmico1
Paso de tiempo: 1



TURBO te (Predeterminad...

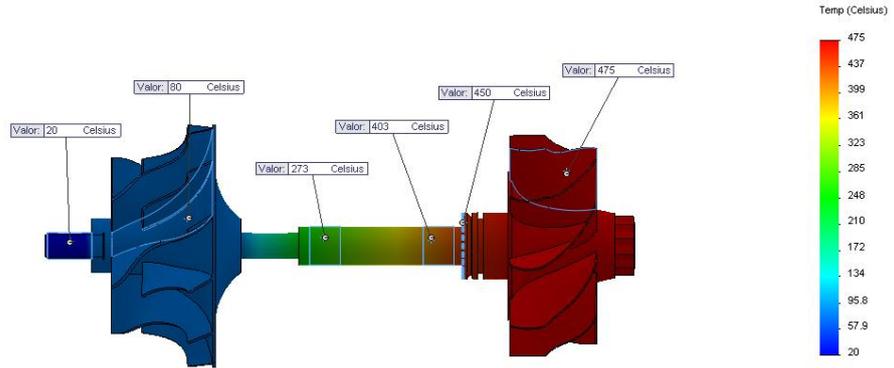
Nombre de modelo: TURBO te
Nombre de estudio: Temp eje
Tipo de resultado: Térmico Térmico1
Paso de tiempo: 1



Temperatura en el eje en estado estable sin los 80 °C del aceite

TURBO te (Predeterminad...

Nombre de modelo: TURBO te
 Nombre de estudio: temp eje sin lubricacion
 Tipo de resultado: Térmico Térmico1
 Paso de tiempo: 1



TURBO te (Predeterminad...

Nombre de modelo: TURBO te
 Nombre de estudio: temp eje sin lubricacion
 Tipo de resultado: Térmico Térmico1
 Paso de tiempo: 1

