



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Electrónica

Diseño e implementación de una maqueta de simulación del sistema básico de frenos ABS de un vehículo.

**Trabajo de graduación previo a la obtención del Título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autores:

Diego Fernando Coronel Paredes

Omar Renato Reyes Romero

Director: Ing. Bolívar Méndez

Cuenca, Ecuador

2007

ESTE TRABAJO MONOGRÁFICO ES UN COMPLEMENTO DEL CURSO DE GRADUACIÓN, CON ESPECIALIZACIÓN EN AUTOTRÓNICA, QUE SE REALIZÓ EN LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA ESCUELA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES (EGRIET), CUYO INICIO FUE EN SEPTIEMBRE DEL 2006 Y FINALIZO EN NOVIEMBRE DEL MISMO AÑO, CON DURACIÓN DE 233 HORAS.

DEDICATORIA

Dedico esta monografía a mi esposa e hijo que son mi mayor motivación, a toda mi familia de manera especial a mis tíos Kleber y Edgar que me apoyaron día a día y estuvieron conmigo a lo largo de mi carrera universitaria, también la dedico a mi madre quien a lo lejos me impulsaba para culminar con mis estudios.

Diego.

Dedico el presente trabajo de monografía en primer lugar a toda mi familia, en especial a mis padres y hermanos por todo su apoyo confianza y esfuerzo, a mi esposa por el apoyo y comprensión ya que sin él no habría podido culminar con este gran paso en mi vida como es el de recibirme de ingeniero.

Renato.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad de Azuay, a la Facultad de Ciencia y Tecnología, a la Escuela de Ingeniería Electrónica, a sus autoridades, profesores empleados y trabajadores. Un agradecimiento sincero a nuestras familias, por el apoyo incondicional brindado en el transcurso de la carrera, y a todos quienes en forma directa e indirecta nos brindaron su apoyo para la realización de este proyecto.

RESUMEN

El presente trabajo esta realizado con el objetivo de simular el funcionamiento básico del SISTEMA DE FRENOS ABS utilizando un diseño a escala.

El diseño a escala está construido usando pequeños motores de Corriente Continua para emular el movimiento de las ruedas. La rotación de las ruedas son captadas utilizando cuatro sensores ópticos cuyas señales de salida están conectadas a la tarjeta basada en el microcontrolador 18F452 para calcular la velocidad real de cada una de las ruedas.

El documento está dividido en tres capítulos: el primero trata acerca de la teoría del sistema ABS, el segundo incluye el proceso de diseño y en el último se registran los resultados.

ABSTRACT

The present work is intended to simulate the basic operation of ABS BREAK SYSTEM using a scaled design.

Scaled design is implemented using little direct current motors in order to emulate the wheels movement. Wheels rotation is sensed using four optic encoders which output signals are connected to a 18F452 MICROCONTROLLER based card in order to calculate the actual speed of every wheel.

The document is divided in three chapters: first one deals about ABS Break Systems theory, the second includes the design process and the last one is a record of results.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice de contenidos	v
Índice de tablas, figuras y fotografías.....	vii
Introducción.....	1

CAPÍTULO I: SISTEMA ANTIBLOQUEO ABS

Introducción.

1.1. Visión general del sistema.....	3
1.1.1. Sensores de velocidad de giro de las ruedas.....	4
1.1.2. Unidad de control.....	5
1.1.3. Grupo hidráulico.....	6
1.2. Exigencias impuestas al ABS.....	7
1.3. Dinámica de la rueda frenada.....	8
1.4. Circuito de regulación del ABS.....	9
1.5. Ciclos de regulación típicos.....	11
1.6. Variantes del sistema ABS.....	15
1.7. Tipos de ABS.....	18

CAPÍTULO II: ELABORAR EL HARDWARE PARA LA SIMULACIÓN DE LOS FRENOS ABS.

Introducción.

2.1. Características generales del microcontrolador.....	23
2.2. Puertos manejados por el microcontrolador.....	24
2.3. Adquisición y conversión A/D del microcontrolador.....	25
2.4. Set de instrucciones del m microcontrolador de la familia 18Fxx2... ..	27

2.5. Manejo de motores de DC a través del módulo PWM.....	34
2.6. Armado de la tarjeta electrónica con sus componentes.....	35

**CAPÍTULO III: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE
FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUETA.**

Introducción.

3.1.- Diseño de la maqueta.....	43
3.2.- Construcción de la maqueta.....	45
3.2.1. Modificación y adaptación de los componentes al vehículo.....	45
3.2.2. Construcción de los pedales del freno y acelerador.....	50
3.2.3. Construcción de la plataforma para el vehículo.....	52
3.3.- Sensor utilizado en la maqueta.....	54
3.4.- Realización del sistema de control.....	55
3.5.- Comprobación del funcionamiento del proyecto.....	64

CONCLUSIONES.....	67
--------------------------	-----------

RECOMENDACIONES.....	68
-----------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA.....	69
--------------------------	-----------

ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS

Tabla 2.1 Componentes usados en las fuentes.....	37
Tabla 2.2 Componentes usados en los sensores.....	38
Tabla 2.3 Componentes usados para controlar los motores.....	40
Tabla 2.4 Componentes del esquema de control (ECU).....	42
Tabla 3.1 Rangos de funcionamiento del sensor óptico.....	54
Figura 1.1 Representación de un sistema de frenos antibloqueo.....	3
Figura 1.2 Sensor de velocidad de giro.....	4
Figura 1.3 Funcionamiento del sensor de rueda.....	4
Figura 1.4 Unidad de control.....	5
Figura 1.5 Principio del grupo hidráulico con electroválvulas de 2 vías y 2 posiciones.....	6
Figura 1.6 Coeficiente de adherencia en función del resbalamiento por frenado.....	9
Figura 1.7 Circuito de regulación ABS.....	9
Figura 1.8 Regulación de frenado con grandes coeficientes de adherencia.....	12
Figura 1.9 Proceso de frenado sin ABS.....	13
Figura 1.10 Regulación de frenado con pequeños coeficientes de adherencia.....	14
Figura 1.11 Variante de 4 canales.....	16
Figura 1.12 Variante de 3 canales.....	17
Figura 1.13 Variante de 2 canales.....	17
Figura 1.14 Evolución de las configuraciones ABS.....	19
Figura 1.15 Vehículo liviano con ABS2S.....	20
Figura 1.16 Vehículo liviano con ABS2E.....	20
Figura 1.17 Comparación del sistema ABS2S con el ABS5.....	21
Figura 2.1 Puertos del PIC18F452.....	24
Figura 2.2 Ejemplos de adquisición y conversión.....	25
Figura 2.3 Tiempo de muestreo.....	26
Figura 2.4 Escala de Tiempos.....	26
Figura 2.5 Ciclo útil del PWM.....	34
Figura 2.6 Componentes del hardware del proyecto.....	35
Figura 2.7 Esquema de las fuentes utilizadas.....	36

Figura 2.8	Esquema de los sensores utilizados en el proyecto.....	37
Figura 2.9	Esquema para el manejo de motores DC.....	39
Figura 2.10	Esquema que simula a la ECU de un vehículo.....	41
Figura 3.1	Módulo de Rodillos.....	44
Figura 3.2	Dimensiones del módulo.....	44
Figura 3.3	LCD 20 x 2.....	44
Figura 3.4	Dimensiones de la plataforma.....	45
Figura 3.5	Sensor óptico y su esquema.....	54
Figura 3.6	Dimensiones del sensor óptico.....	55
Figura 3.7	Esquema del motor en reposo.....	64
Figura 3.8	Esquema del motor acelerado.....	65
Figura 3.9	Esquema del motor en pleno frenado normal.....	65
Figura 3.10	Esquema del motor en pleno frenado ABS.....	66
Fotografía 2.1	Placa armada de las fuentes.....	36
Fotografía 2.2	Placa armada de los sensores.....	38
Fotografía 2.3	Placa armada para el manejo de motores DC.....	40
Fotografía 2.4	Placa armada que simula a la ECU de un vehículo.....	42
Fotografía 3.1	Vehículo del proyecto.....	43
Fotografía 3.2	Vehículo desarmado del proyecto.....	45
Fotografía 3.3	Implementación de sensores en la madera.....	46
Fotografía 3.4	Construcción de los discos para los sensores.....	46
Fotografía 3.5	Construcción de los discos para los sensores.....	47
Fotografía 3.6	Discos para el sensor óptico.....	47
Fotografía 3.7	Montaje de los motores en la madera.....	47
Fotografía 3.8	Pieza de unión del motor, disco del sensor y llanta.....	48
Fotografía 3.9	Unión de llanta, sensor con su disco y motor en la madera.....	48
Fotografía 3.10	Montaje de los motores con el chasis del carro.....	49
Fotografía 3.11	Vehículo completamente modificado.....	50
Fotografía 3.12	Potenciómetros para el acelerador y freno.....	50
Fotografía 3.13	Armado de los pedales de freno y acelerador.....	51
Fotografía 3.14	Módulo que permite el rodaje de las llantas.....	52
Fotografía 3.15	Sujeción de los módulos que permiten el rodaje de las llantas.....	52
Fotografía 3.16	Construcción de la plataforma.....	52
Fotografía 3.17	Plataforma acabada.....	53

Coronel Paredes Diego Fernando

Reyes Romero Omar Renato

Ing. Bolívar Méndez Rengel

Junio del 2007

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA DE SIMULACIÓN DEL SISTEMA BÁSICO DE FRENOS ABS DE UN VEHÍCULO

INTRODUCCION

El crecimiento del parque automotor en nuestro país y la necesidad de prestar seguridad en la utilización de los vehículos, nos ha conducido al estudio de los sistemas que intervienen en el funcionamiento óptimo de los vehículos motorizados entre ellos el sistema de frenos Antibloqueo (ABS).

El sistema de frenos ABS en los vehículos modernos ha desplazado casi en su totalidad a los que utilizan frenos convencionales, debido a la seguridad que proporciona tanto al conductor como a sus acompañantes.

El sistema antibloqueo ABS reconoce a tiempo la tendencia al bloqueo de una o varias ruedas al frenar y se encarga entonces inmediatamente de mantener constante o reducir la presión de frenado. De este modo no se bloquean las ruedas y el vehículo obedece a la dirección. Un automóvil se puede frenar o detener así de modo seguro y rápido.

La maqueta del sistema de frenos ABS va a simular la estabilidad y el sistema antibloqueo de las 4 ruedas del vehículo, para lo cual vamos a usar 4 motores de corriente continua, uno para cada rueda; también usaremos 4 sensores de tipo óptico para las revoluciones por segundo (rps) de las ruedas, así mismo se usarán 2 potenciómetros para simular la aceleración y frenado. Para el interfaz de estos

elementos usaremos el PIC 18F452 y para el sistema de control se utilizará el software MPLAB.

El PIC 18F452 se va a encargar de la función del cálculo y control del sistema como también de gestionar el monitoreo de las ruedas a través de los sensores ópticos, los motores de corriente directa (DC) uno en cada rueda van a simular el grupo hidráulico del sistema de frenos como el avance del vehículo.

CAPÍTULO 1

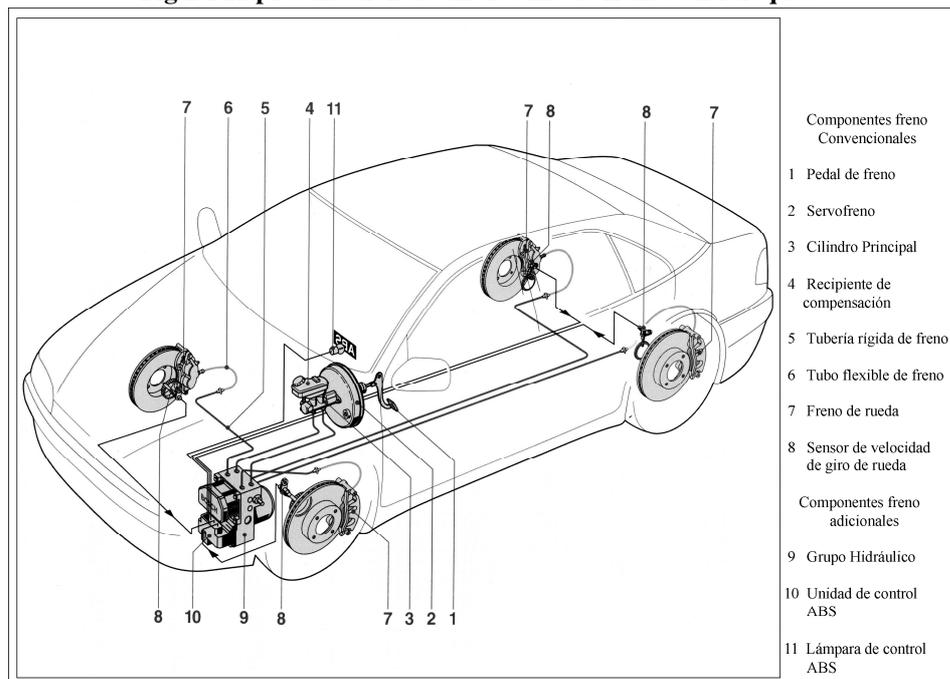
SISTEMA ANTIBLOQUEO ABS

Para aumentar la seguridad de un vehículo ante situaciones críticas de conducción en las que se pueden llegar a bloquear las ruedas durante un proceso de frenado se implementaron los frenos ABS, las causas de ello pueden ser por ejemplo: caminos mojados o resbaladizos, o por impericia del conductor al frenar. El sistema antibloqueo se ha diseñado para evitar el patinazgo y ayudan a los conductores de vehículos a mantener el control del volante durante una situación o paro de emergencia, manteniendo constante o reduciendo la presión en el frenado de las ruedas cuando tienden a bloquearse. De este modo el automóvil puede frenar de una manera óptima, segura y rápida.

1.1.- Visión general del Sistema.

El sistema ABS se basa en los componentes del sistema de freno convencional y tres componentes adicionales como lo muestra la figura 1.1.

Fig.1.1 Representación de un sistema de frenos antibloqueo.



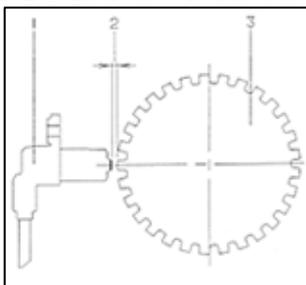
Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 62

1.1.1.- Sensores de velocidad de giro de las ruedas.

Las señales que envía el sensor de velocidad de giro de rueda hacia la unidad de control son de gran importancia ya que por medio de las mismas se regula los frenos del sistema ABS. Los sensores de rueda, también llamados captadores de rueda miden la velocidad instantánea en cada rueda. En la figura 1.2 se muestra el conjunto que esta compuesto por un captador (1) y un generador de impulsos o rueda fónica (3) fijado sobre un órgano giratorio. La disposición puede ser axial, radial o tangencial (axial ruedas delanteras, tangencial ruedas traseras).

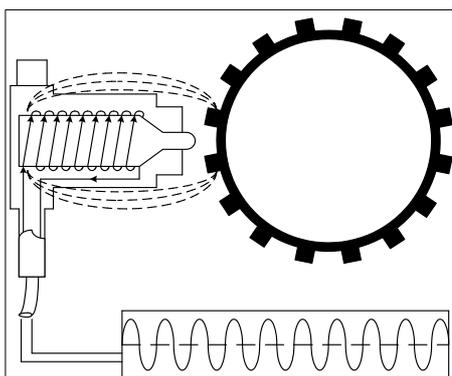
Para obtener una señal correcta, conviene mantener un entrehierro (2) entre el captador y el generador de impulsos. El captador va unido a la unidad de control mediante cableado.

Fig.1. 2 Sensor de velocidad de giro.



El captador funciona según el principio de la inducción; en la cabeza del captador se encuentran dos imanes permanentes y una bobina. El flujo magnético es modificado por el desfile de los dientes del generador de impulsos. La variación del campo magnético que atraviesa la bobina genera una tensión alternativa casi sinusoidal cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de la rueda. La amplitud de la tensión en el captador es función de la distancia (entre-hierro) entre diente y captador y de la frecuencia como se muestra en la figura 1.3.

Fig. 1.3 Funcionamiento del sensor de rueda.

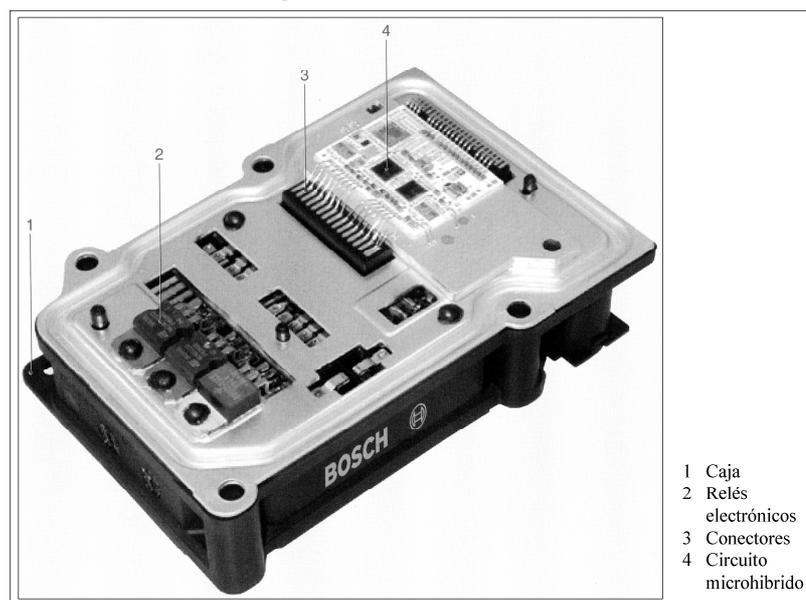


Según la ejecución del sistema, se utilizan en los turismos dos, tres o cuatro sensores de velocidad de giro. Con las señales de velocidad de giro se puede calcular el resbalamiento entre rueda y calzada, identificando así la tendencia de cada rueda a bloquearse.

1.1.2.- Unidad de control.

Las informaciones que llegan de los sensores en forma de señales eléctricas son procesadas en la unidad de control por distintos métodos de cálculo matemáticos, de la ejecución del programa se encarga uno o varios microcontroladores. En caso de usar dos microcontroladores la unidad de control funciona con el principio de redundancia simétrica; los dos microcomputadores son diferentes, tratan la misma información, cada microcomputador está programado con unos algoritmos de cálculo diferentes. En caso de no conformidad de las señales tratadas, de avería o fallo en la instalación, la unidad de control limita el funcionamiento de los sistemas según un proceso apropiado. Si existiera desigualdad en las informaciones recibidas, la unidad de control reconoce un fallo y se inicializa un proceso de regulación del sistema ABS. Tras la amplificación, las señales de salida aseguran la activación de las electroválvulas y el motor-bomba. Si hay fallo este es señalado por una lámpara de control en el tablero de instrumentos, en la figura 1.4. se observa una unidad de control.

Fig. 1.4 Unidad de Control.



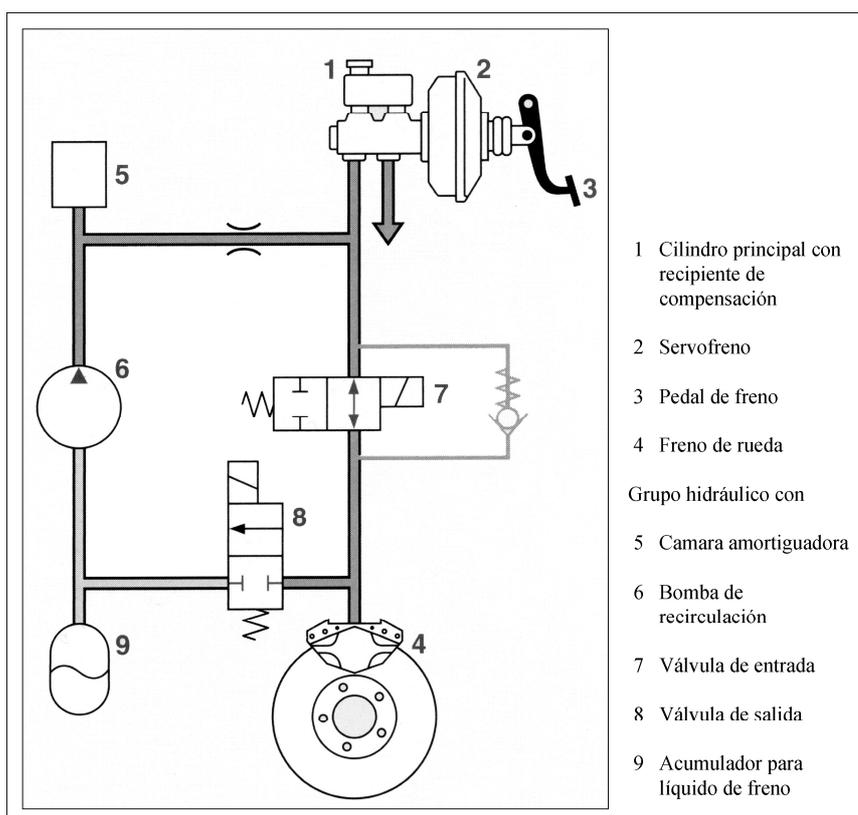
Fuente: Robert Bosch "Sistemas de freno convencionales y electrónicos" Pág. 107

Las señales eléctricas se conducen hacia la unidad de control por medio de un mazo de cables y conectadores enchufables.

1.1.3.- Grupo hidráulico.

Se encuentra formado por un conjunto de motor-bomba, electroválvulas de entrada y de salida, y un acumulador de baja presión, en la figura 1.5. las electroválvulas pueden interconectar o interrumpir los conductos hidráulicos entre el cilindro principal (1) y los cilindros de frenos de rueda (4). También puede existir una comunicación entre los cilindros de freno de rueda y la bomba de recirculación (6). La válvula de entrada (7) entre el cilindro principal y el cilindro de freno de rueda se encarga de la formación de la presión, la válvula de salida (8) entre el cilindro de freno de rueda y la bomba de recirculación, de la disminución de la presión.

Fig. 1.5 Principio del grupo hidráulico con electroválvulas de 2 vías y 2 posiciones



Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 63

En la figura 1.5. las electroválvulas están en el estado normal en posición de “formación de presión”. La válvula de entrada se encuentra en posición de paso. Al

aumentar el resbalamiento debido a un frenado a fondo o sobre calzadas resbaladizas, existe mayor riesgo de que se bloqueen las ruedas. Las electroválvulas pasan a la posición de “mantener la presión”, es decir se interrumpe la conexión entre cilindro principal y el cilindro de freno de rueda, como consecuencia todo aumento de la presión en el cilindro principal no incrementa la presión de frenado.

Si sigue aumentando el resbalamiento, hay que reducir entonces la presión en el cilindro de freno de rueda. Para ello las electroválvulas conmutan a la posición de “disminución de presión”. La válvula de entrada mantiene cerrado el paso y la válvula de salida extrae de modo controlado líquido de freno con la bomba de recirculación integrada en el grupo hidráulico. La presión de frenado disminuye en el cilindro de freno de la rueda y ésta no se bloquea.

1.2.- Exigencias impuestas al ABS.

Estabilidad de marcha y maniobrabilidad

- Cualquiera que sea el estado de la calzada, la estabilidad y maniobrabilidad debe ser segura mediante la regulación del frenado.
- Ante un acortamiento en el recorrido de frenado el sistema ABS debe aprovechar al máximo la adherencia entre las ruedas y la calzada, priorizando la estabilidad de marcha y la maniobrabilidad, sin importar si el conductor pisa moderadamente el pedal o si lo hace de forma brusca hasta el límite de bloqueo.
- Al frenar en las curvas el vehículo debe mantenerse estable y maniobrable, realizando un recorrido de frenado lo más corto posible mientras la velocidad del vehículo este suficientemente por debajo de la velocidad límite de la curva.

Alcance de regulación

- Se tomará como referencia la velocidad límite inferior (2,5 Km/h) para la regulación del frenado, ya que para velocidades por encima de esta actuará el sistema ABS, si a velocidad límite inferior se bloquean las ruedas, el espacio de frenado del vehículo es mínimo y no representará peligro alguno.

Comportamiento en función del tiempo

- Al presionar abruptamente el pedal de freno el tiempo en el que se detiene el vehículo debe ser el más corto posible.

Fiabilidad

- Si ocurriese alguna falla o defecto en el sistema que pudiera degradar su comportamiento en plena marcha, su autodiagnóstico que testea continuamente al sistema desconectará al ABS y encenderá una lámpara informadora indicándole al conductor que cuenta únicamente con el sistema básico de freno.

1.3.- Dinámica de la rueda frenada.

En la figura 1.6. las curvas 1, 2 y 4 corresponden a estados de la calzada en los que, con el aumento de la presión de frenado, aumenta también la fricción estática y, por lo que la acción de frenado va hasta un valor máximo.

En un vehículo sin ABS cuando se aumenta la presión de frenado por encima del valor máximo de adherencia se sobrefrena el vehículo y con la deformación del neumático aumenta la superficie resbaladora entre el neumático y la calzada, con lo que aumenta el rozamiento de deslizamiento y disminuye la fricción estática.

El símbolo λ representa el resbalamiento por frenado y es una medida de porcentaje del rozamiento de deslizamiento, con $\lambda = 100 \%$ se bloquea la rueda y solamente existe rozamiento de deslizamiento.

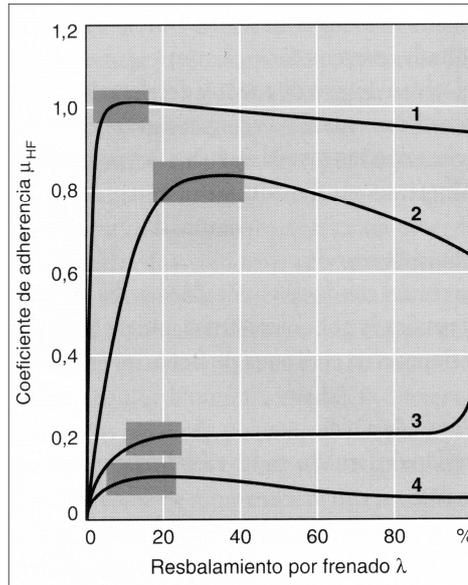
El resbalamiento por frenado está dado por:
$$\lambda = \frac{vF - vR}{vF} \cdot 100\%$$

La cuál indica en qué medida la velocidad periférica de la rueda vR está retrasada con respecto a la velocidad del vehículo vF .

En la figura 1.6. las curvas 1 (calzada seca), 2 (calzada mojada) y 4 (calzada cubierta de hielo) puede deducirse que con el ABS se obtienen recorridos de frenado más

cortos que con un frenado a fondo estando bloqueadas las ruedas (resbalamiento por frenado $\lambda = 100\%$). La curva 3 (nieve) muestra que la formación de una cuña de nieve proporciona una acción de frenado adicional estando bloqueadas las ruedas; la ventaja del ABS radica aquí en mantener la estabilidad de marcha y la maniobrabilidad del vehículo.

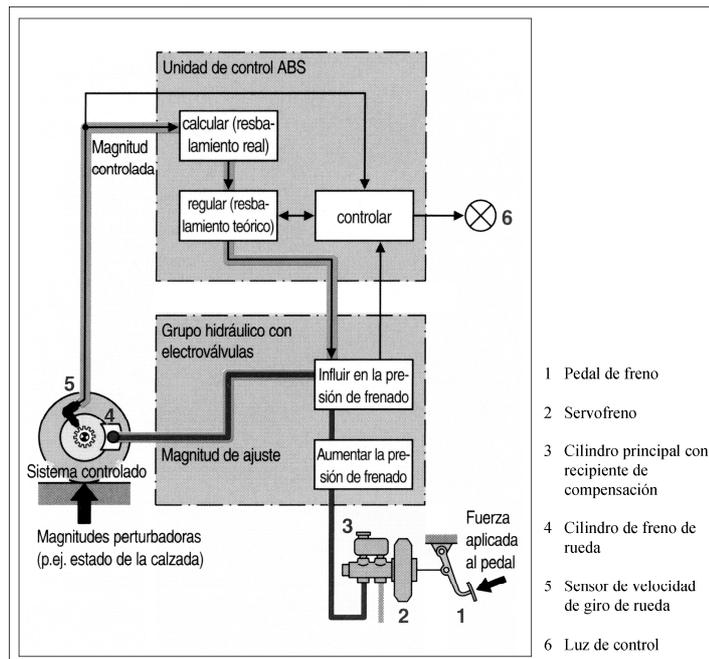
Fig. 1. 6 Coeficiente de adherencia en función del resbalamiento por frenado.



Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 65

1.4.- Circuito de regulación del ABS.

Fig. 1.7 Circuito de regulación ABS.



Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 66

El circuito de regulación del ABS en la figura 1.7 se compone de:

Sistema controlado.

- Vehículo con freno de rueda,
- rueda y emparejamiento de fricción formado por rueda y calzada.

Magnitudes perturbadoras en el circuito de regulación.

- Variaciones en la adherencia entre neumático y calzada debido a superficies diferentes de esta,
- desigualdades de la calzada que producen oscilaciones de las ruedas y ejes,
- falta de redondez de los neumáticos, reducida presión de inflado, perfil desgastado, perímetros distintos de las ruedas, por ejemplo con rueda de emergencia,
- histéresis y aflojamiento de los frenos,
- presiones distintas en el cilindro principal para los dos circuitos de freno.

Reguladores.

- Sensor de velocidad de giro de rueda y
- unidad de control ABS.

Magnitudes controladas.

- Velocidad de giro de rueda y deceleración tangencial derivada de ella,
- aceleración tangencial de rueda, así como el resbalamiento por frenado.

Magnitud de mando.

- fuerza del conductor aplicada al pedal de freno, intensificada por el servofreno, genera la presión de frenado en el sistema de freno.

Magnitud de ajuste.

- presión de frenado en los cilindros de freno de rueda.

Calidad de regulación.

Para que el sistema ABS sea eficiente deben cumplir los siguientes criterios:

- elevada estabilidad de marcha teniendo a disposición suficientes fuerzas de conducción lateral en las ruedas traseras,
- gran maniobrabilidad poniendo a disposición suficientes fuerzas de conducción lateral en las ruedas delanteras,
- disminución de la distancia de frenado en comparación con frenados en los que se bloquean las ruedas, aprovechando al máximo la adherencia entre neumático y calzada,
- adaptación inmediata de la presión de frenado a diferentes coeficientes de adherencia,
- alto confort gracias a pequeñas reacciones del pedal (“vibraciones del pedal”) y bajo nivel de ruidos de los elementos actuadores.

Los criterios mencionados no se pueden optimizar por separado, sino sólo en su totalidad, correspondiendo una gran importancia a la estabilidad de marcha y maniobrabilidad.

1.5.- “Ciclos de regulación típicos.”¹

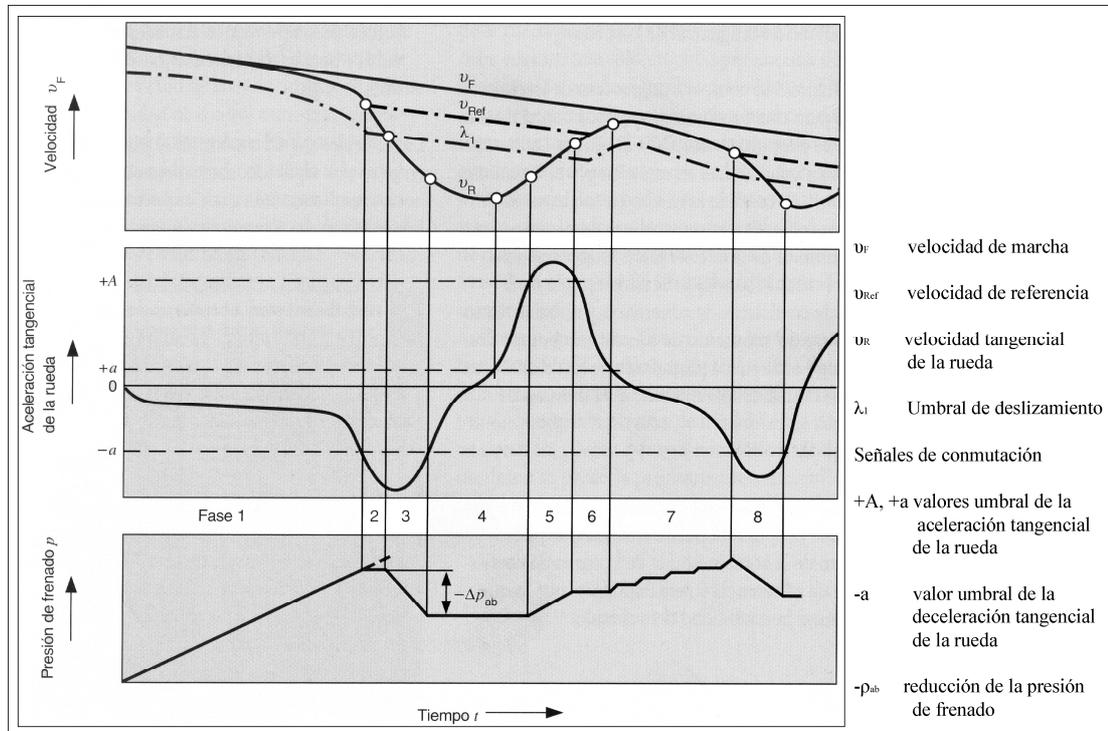
Regulación de frenado sobre calzada de buena adherencia (elevado coeficiente de adherencia)

Al inicializarse la regulación en el frenado sobre calzada de elevado coeficiente de adherencia, el aumento de la presión ha de ser de 5 a 10 veces en forma más lenta que en el ¹frenado inicial, con lo que se elimina resonancias perturbadoras en el eje.

¹ Fuente: Robert Bosch “Sistemas de Frenos Convencionales y Electrónicos” Pág. 70.

En la figura 1.8 se representa el desarrollo de la regulación del frenado, al pisar el pedal del freno aumenta la presión de frenado y la deceleración tangencial de la rueda.

Fig.1. 8 Regulación del frenado con grandes coeficientes de adherencia.



Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 70

Al final de la fase 1, la deceleración tangencial de la rueda cruza el valor umbral ($-a$) prefijado. A causa de ello, la electroválvula respectiva pasa a la posición de “mantener la presión”. La presión de frenado no debe disminuir todavía, pues se podría cruzar el valor umbral ($-a$) ya en la zona estable de la curva de coeficiente de adherencia y resbalamiento, con lo que se “regalaría” distancia de frenado. Al mismo tiempo disminuye la velocidad de referencia v_{Ref} según una rampa predeterminada. De la velocidad de referencia se deriva el valor para el umbral de deslizamiento λ_1 .

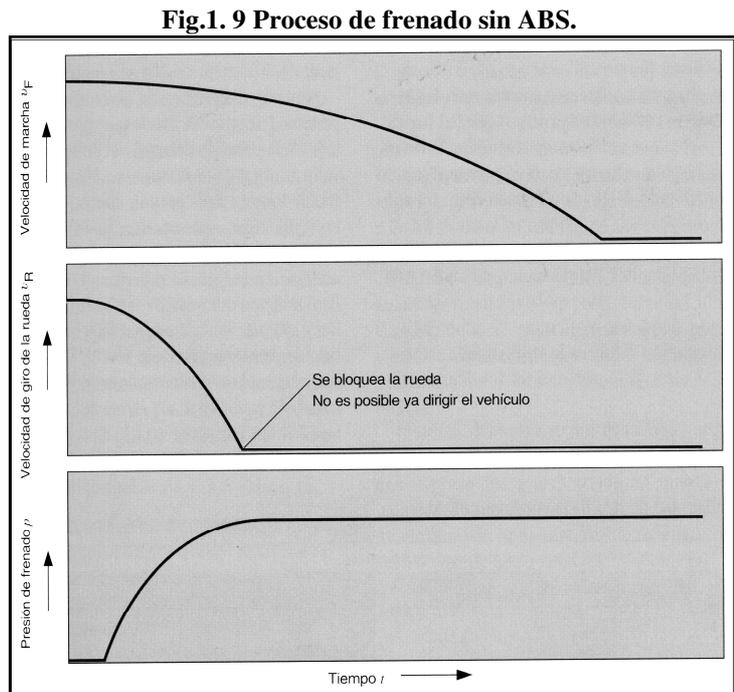
Al final de la fase 2, la velocidad tangencial de la rueda v_R llega a ser inferior al valor del umbral λ_1 . A consecuencia de ello las electroválvulas pasan a la posición de “reducir la presión”, por lo que disminuye la presión de frenado y precisamente durante todo el tiempo hasta que la deceleración tangencial de la rueda ha sobrepasado el umbral ($-a$).

Al final de la fase 3 se cruza de nuevo el umbral (-a) en sentido descendente y sigue una fase de mantenimiento de la presión de determinada duración. La aceleración tangencial de la rueda ha aumentado tanto durante este tiempo, que se cruza el umbral (+a) en sentido ascendente, La presión sigue permaneciendo constante.

Al final de la fase 4 la aceleración tangencial de la rueda sobrepasa el valor umbral (+A) relativamente alto. La presión de frenado aumenta a continuación durante el tiempo en que se mantiene sobrepasado el valor umbral (+A). En la fase 6 mantiene la presión de frenado de nuevo constante, por estar sobrepasado el valor umbral (+a). Al final de esta fase la aceleración tangencial de la rueda cruza el valor umbral (+a) en sentido descendente. Eso es una señal de que la rueda ha entrado en la zona estable de la curva de coeficiente de adherencia y resbalamiento y está un poco subfrenada.

La presión de frenado aumenta ahora escalonadamente (fase 7) hasta que la deceleración tangencial de la rueda ha cruzado en sentido descendente el umbral (-a) (fin de la fase 7). Esta vez se reduce inmediatamente la presión de frenado, sin que se genere una señal λ_1 .

En comparación con el proceso de frenado con ABS, la figura 1.9. muestra la situación de un frenado total sin ABS.



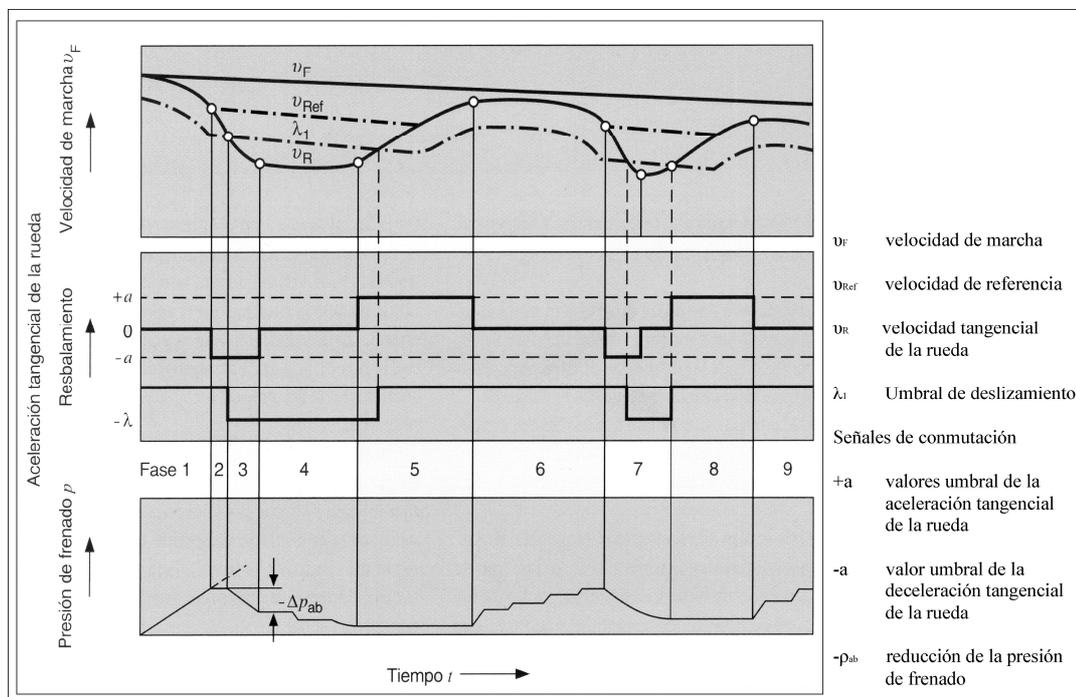
Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 71

Regulación del frenado sobre calzada resbaladiza (pequeño coeficiente de adherencia)

En una calzada resbaladiza es suficiente un suave toque del pedal de freno para que se bloqueen las ruedas. El circuito lógico de regulación en la unidad de control identifica las condiciones que imperan en la calzada y adapta a ellas la característica del ABS.

La figura 1.10. muestra una regulación de frenado típica para pequeños coeficientes de adherencia.

Fig.1. 10 Regulación del frenado con pequeños coeficientes de adherencia.



Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 72

La regulación del frenado se desarrolla en las fases 1...3 como para coeficientes de adherencia grandes.

La fase 4 comienza con una etapa de mantenimiento de presión de corta duración. Luego se realiza durante muy breve tiempo una comparación de la velocidad de giro de la rueda con el valor umbral de deslizamiento λ_1 . Como la velocidad tangencial de la rueda es menor que el valor del umbral de deslizamiento, se reduce la presión de frenado durante un tiempo breve fijo.

Sigue otra breve fase de mantenimiento de la presión. Luego se efectúa de nuevo una comparación de la velocidad tangencial de la rueda con el valor umbral de deslizamiento λ_1 , que ocasiona una reducción de la presión durante un tiempo breve fijo. La rueda se acelera nuevamente en la siguiente fase de mantenimiento de la presión y su aceleración tangencial sobrepasa el umbral (+a).

Eso ocasiona que se siga manteniendo la presión hasta que se cruza de nuevo el umbral (+a) en sentido descendente (fin de la fase 5). En la fase 6 tiene lugar el aumento escalonado de la presión, hasta que en la fase 7 se inicia un nuevo ciclo de regulación por reducción de la presión.

En el ciclo antes descrito la lógica del regulador ha reconocido que, después de la reducción de la presión - provocada por la señal (-a)-, han sido necesarios aún otros dos escalones de reducción de la presión para acelerar de nuevo la rueda. Ésta gira relativamente largo tiempo en la zona de gran deslizamiento, lo que no es favorable para la estabilidad de marcha ni para la maniobrabilidad.

Para mejorar ambas propiedades, en este ciclo de regulación y en los siguientes se realiza continuamente la comparación de la velocidad tangencial de la rueda con el umbral de deslizamiento λ_1 . Eso motiva que en la fase 6 se reduzca constantemente la presión de frenado, hasta que en la fase 7 la aceleración tangencial de la rueda cruza el umbral (+a) en sentido ascendente. A causa de la reducción constante de la presión, la rueda gira con un deslizamiento grande sólo por corto tiempo, habiéndose aumentado así la estabilidad de marcha y la maniobrabilidad en comparación con el primer ciclo de regulación.

1.6.- Variantes del sistema ABS.

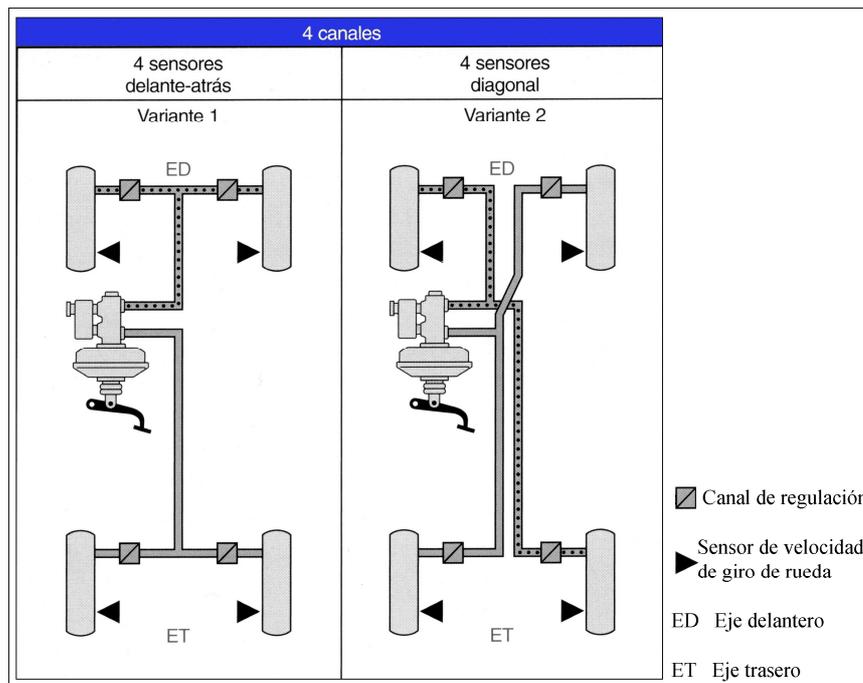
En las siguientes figuras se muestran las posibles variantes del sistema, clasificadas según la cantidad de canales de regulación y sensores de velocidad de rotación.

Sistemas de 4 canales (variantes 1, 2)

Al frenar la regulación de la presión de frenado se la hace individualmente para cada rueda. Cuando se frena en caminos asimétricos se produce un efecto que se llama

momento de guiñada (momento de giro de las fuerzas de frenado alrededor del eje vertical del vehículo) el cual puede poner en peligro la estabilidad del vehículo, para lo que las ruedas delanteras se regulan individualmente y las posteriores de acuerdo al método “Select low” es decir quien determina la presión de frenado de las ruedas posteriores es la rueda posterior con menor coeficiente de adherencia.

Fig.1.11 Variante de 4 canales.



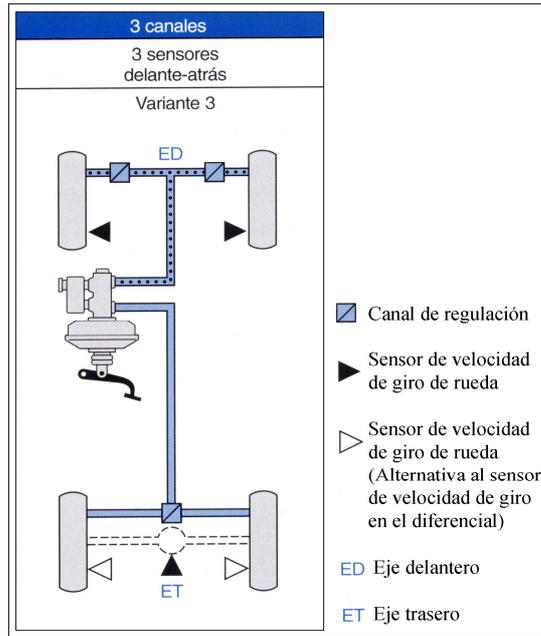
Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 79

Sistemas de 3 canales (variantes 3)

Frenando en caminos asimétricos al igual que en el sistema anterior las ruedas posteriores se basan en el método “Select low” y el momento de guiñada se ha reducido para poder dominar bien la situación de frenado en vehículos livianos de gran distancia entre ejes y gran momento angular alrededor del eje vertical.

Para vehículos livianos de pequeña distancia entre ejes y pequeño momento angular que cuentan con un sistema de tres o cuatro canales es necesario un retardo temporal producido electrónicamente de la generación del momento de guiñada, ocasionando al frenar un retardo del momento de frenado en la rueda delantera con mayor coeficiente de adherencia. Por lo que el conductor puede corregir el momento de guiñada mediante un movimiento en sentido opuesto efectuado en el volante.

Fig.1.12 Variante de 3 canales.

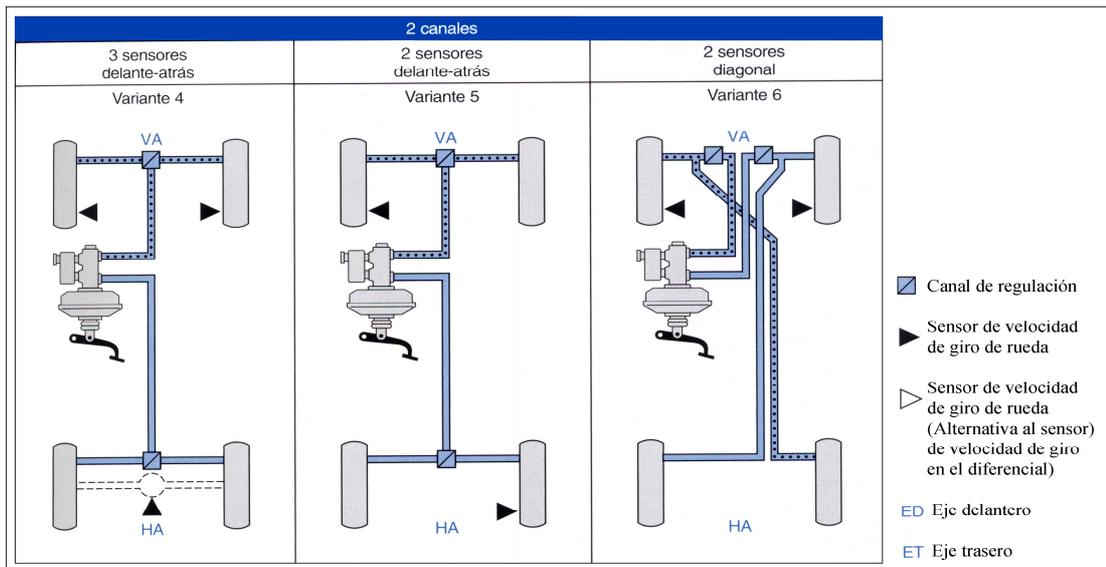


Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 79

Sistemas de 2 canales (variantes 4, 5, 6)

Sus costos de fabricación son bajos en comparación con los anteriores sistemas, debido a que ocupa menos componentes y su funcionamiento tiene limitaciones por lo que no se los usa mucho.

Fig.1.13 Variante de 2 canales.



Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 79

La variante 4 se basa en “Select high” es decir quien determina la presión común de los frenos delanteros es la rueda delantera con mayor coeficiente de adherencia, cada vez que frena a fondo tiende a bloquearse una rueda delantera desgastando el neumático y reduciendo la maniobrabilidad.

La variante 5 presenta el mismo defecto anterior cuando la rueda delantera controlada por el sensor halla un coeficiente de adherencia mayor que el de la rueda sin sensor.

La variante 6 sirve para distribuciones en diagonal. Las ruedas delanteras se regulan individualmente, y codeterminan la presión de frenado de las ruedas traseras. La coordinación entre eje delantero y el eje trasero garantiza siempre que las ruedas traseras no se bloqueen, este sistema logra un frenado menor en comparación con las variantes 1, 2 y 3.

1.7.- Tipos de ABS.

Evolución de los tipos de ABS

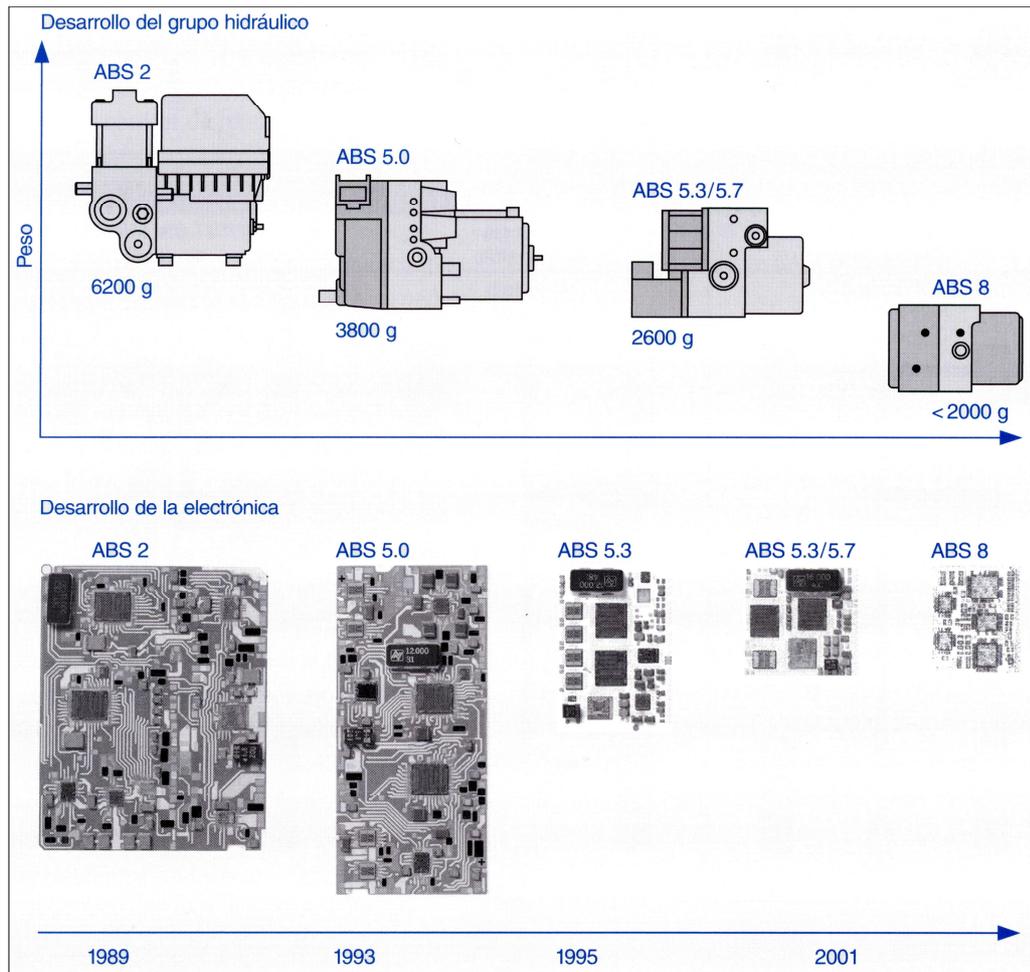
Con el desarrollo tecnológico se ha logrado evolucionar en:

- electroválvulas y sus procesos de fabricación,
- la técnica de montaje e integración de los componentes,
- los circuitos electrónicos,
- la técnica de comprobación (posibilidad de comprobar por separado las partes electrónica e hidráulica antes de ensamblar el grupo hidráulico),
- la técnica de sensores y relés.

Gracias a esto se ha reducido el peso y las dimensiones del ABS a más de la mitad, pudiendo instalarlos en espacios reducidos de montaje disponibles en el vehículo. Por los perfeccionamientos se ha reducido sus costos por lo que el ABS forma parte de los equipos estándares de los vehículos motorizados.

En la figura 1.14 se podrá observar esta evolución.

Fig.1.14 Evolución de las configuraciones ABS.

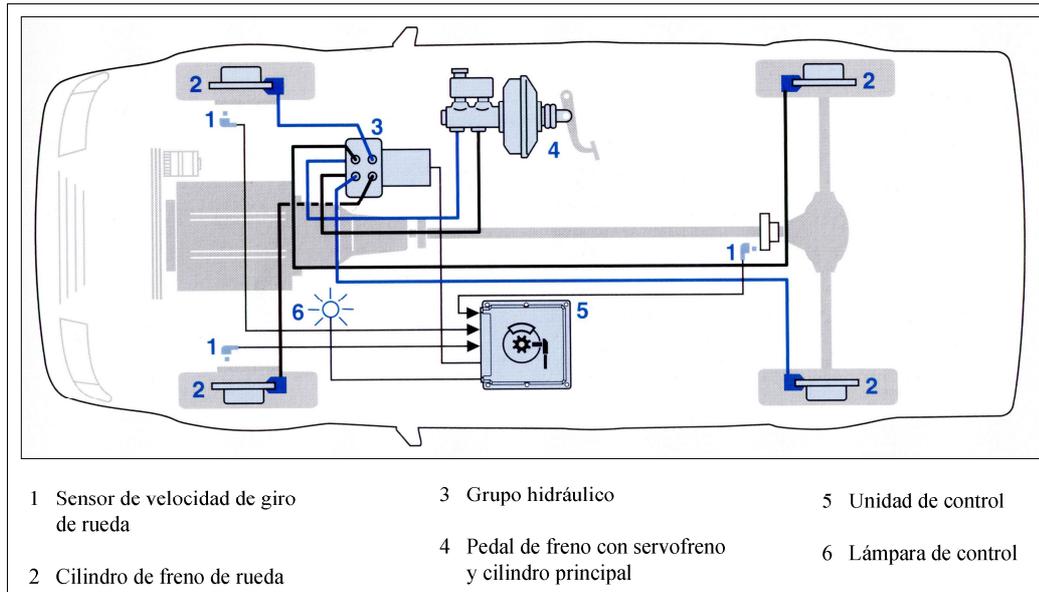


Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 80

ABS2S (de 3 canales / 4 canales)

- Fue el primer sistema ABS en ser fabricado en serie en 1978.
- El desarrollo de la electrónica digital en esos años hizo posible controlar de modo seguro los procesos complejos del frenado y de reaccionar en fracciones de segundo.
- El grupo hidráulico y la unidad de control estaban separadas.
- Este sistema podía usar las variantes de distribución de 4 y 3 canales con tres y cuatro electroválvulas respectivamente.
- También poseían una bomba de recirculación accionada por un motor eléctrico.
- Para las ruedas traseras se basaban en el método “Select low”.
- Fue un sistema muy flexible ya que se integraba el ABS al sistema básico de frenos convencionales.

Fig.1.15 Vehículo liviano con ABS2S.

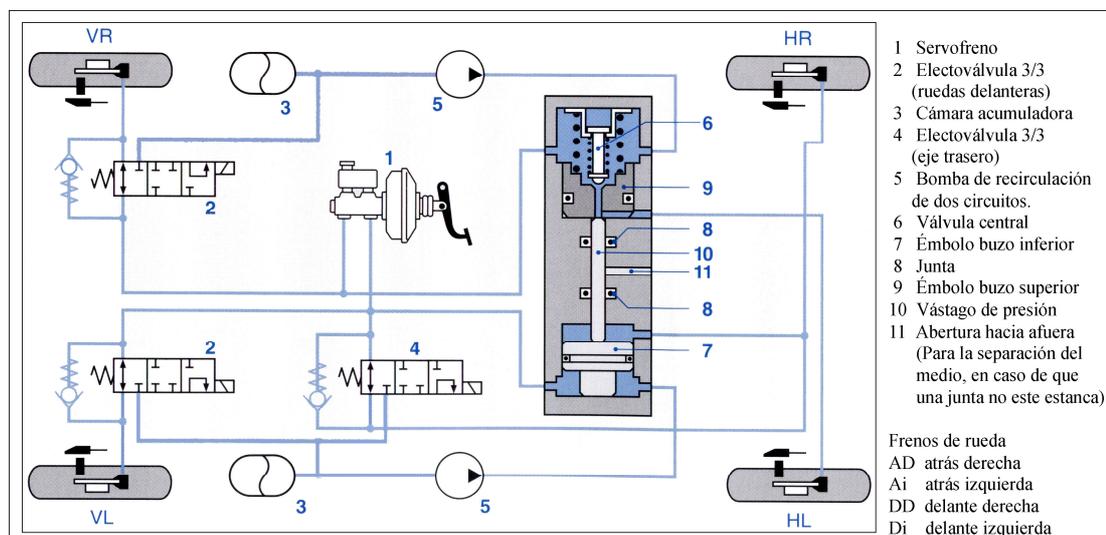


Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 81

ABS2E

- Es un sistema ABS completo de bajo costo con reducidas limitaciones de confort referentes a la reducción del pedal del freno y al ruido.
- Poseen el mismo nivel de seguridad y funcionamiento que el ABS2S.
- Se sustituyó una electroválvula de 3 posiciones por una disposición de émbolos buzo o émbolos flotantes.
- En la figura 1.16 se puede ver un sistema ABS2E

Fig.1.16 Vehículo liviano con ABS2E.

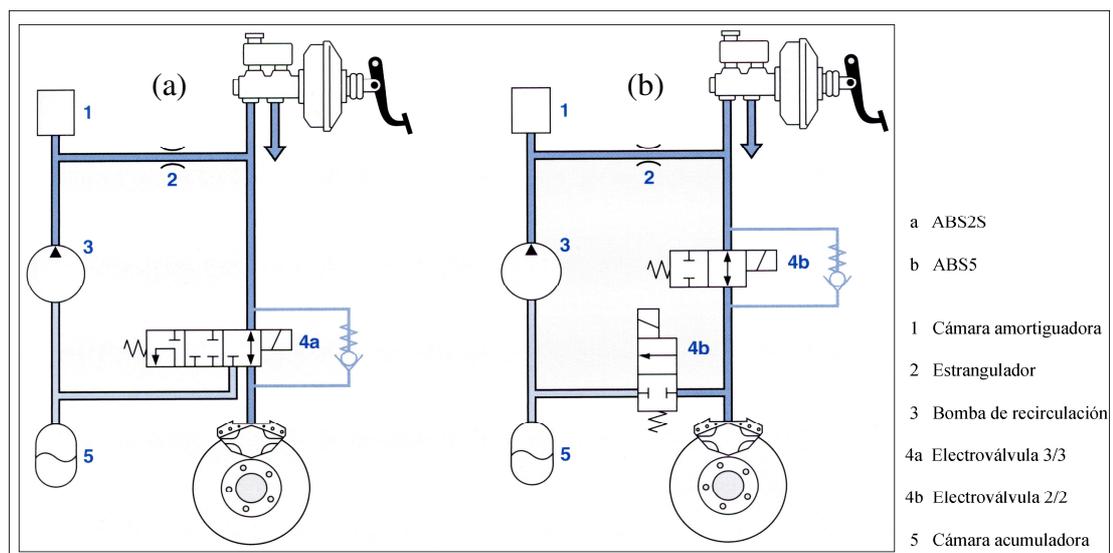


Fuente: Robert Bosch “Sistemas de freno convencionales y electrónicos” Pág. 84

Familia ABS5

- Es un desarrollo del sistema ABS2S.
- Lo que les distingue es las electroválvulas en el ABS2S se trabajan con válvulas 3/3 y en el ABS5 se usan válvulas 2/2.
- En la figura 1.17. se puede ver una comparación entre el ABS2S y este ABS5 además podemos observar el grupo hidráulico que se constituye por:
 - Bomba de recirculación (3)
 - cámaras acumuladoras (5)
 - cámaras amortiguadoras (1) y
 - electroválvulas 2/2 con 2 posiciones hidráulicas y 2 conexiones hidráulicas (4b).
- Se puede disponer y comprobar por separado las partes hidráulicas y los componentes electrónicos.
- Esta diseñado como el ABS2S para trabajar con las variantes de freno usuales de 3 y 4 canales en distribuciones de circuitos II y en diagonal X.
- Este sistema de ABS dispone de 2 microcontroladores con funcionamiento redundante.
- Hay como realizar una detección de fallas y si hubiese alguna desconecta el ABS guardando toda la información en la memoria de fallas para luego a través de un interfaz de diagnosis ver lo ocurrido.

Fig.1.17 Comparación del sistema ABS2S con el ABS5.



Tipo ABS5.3

- Tiene la misma funcionalidad del ABS5.
- Es considerablemente más pequeño que el ABS5, existiendo una diferencia entre los dos sistemas de volumen y peso.
- Tiene un servomotor más corto, poseen mayor compactación de los componentes por lo que reducen la longitud lo que es muy bueno para su montaje en el vehículo.
- Las electroválvulas están divididas, la parte hidráulica esta en el grupo hidráulico y los componentes eléctricos están en la unidad de control.
- Se encuentran unidos o adosados el grupo hidráulico con la unidad de control pudiendo está ser cambiada fácilmente en caso de daño.
- Por ser compacto aumenta el confort tanto en los tiempos de ejecución como en el ruido.
- Por la variación de los motores eléctricos de accionamiento y del volumen de las cámaras acumuladoras, se ha creado una nueva generación de sistemas antibloqueo, con lo que la familia ABS5 se aplica en los vehículos de uso común.

ABS8

- El ABS8 es un sistema de última generación basado en el principio de recirculación en dos circuitos de frenos cerrados.
- Posee regulación independiente del frenado en cada neumático.
- Repartición electrónica de la fuerza de frenado para vehículos con distribución de los circuitos de freno en diagonal (X) y eje delantero/eje trasero (II).
- Este sistema hace posible la integración de otras funciones, tales como ASR y ESP.
- En relación a los sistemas anteriores, posee las siguientes ventajas:
 - Se reduce las cámaras amortiguadoras por la utilización de electroválvulas silenciosas, logrando reducción de peso y tamaño para el montaje.
 - Es más flexible con los requerimientos de seguridad y confort del usuario.
 - Disminuye el ruido de la bomba de recirculación y de las electroválvulas.
 - Posee una pequeña reacción en el pedal.

CAPÍTULO 2

ELABORAR EL HARDWARE PARA LA SIMULACIÓN DE LOS FRENOS ABS

Con el avance de la tecnología y de la electrónica en particular, los dispositivos son cada vez más complejos ubicados en encapsulados más pequeños; un ejemplo de esto son los microcontroladores. El microcontrolador PIC 18F452 es el dispositivo encargado de ejercer control en el sistema.

2.1.- Características generales del microcontrolador.

El microprocesador, es un circuito electrónico encapsulado en un chip, que actúa como unidad central de proceso de un ordenador, proporcionando el control de las operaciones de cálculo; y capaz de reunir en un solo integrado: microprocesador, memoria de programa, memoria de datos y puertos de entrada/salida. Además, disponen de otras características especiales como: puertos serie, comparadores, convertidores analógico-digitales, etc. El conjunto de instrucciones ejecutadas por el microcontrolador se lo denomina programa. Las instrucciones son leídas de la memoria de programa para ejecutarlas una detrás de otra. La memoria de programa contiene las instrucciones que se desea que el microcontrolador ejecute. Para programar el microcontrolador se ingresa el conjunto de instrucciones dentro de la memoria del mismo.

En este capítulo nos referiremos a los microprocesadores de la familia alta de Microchip; específicamente al PIC 18F452 debido a que se los encuentra de manera muy fácil en el mercado. El microcontrolador en el proyecto se va a encargar de la función del cálculo y control del sistema como también de gestionar el monitoreo de las ruedas a través de los sensores ópticos. Los motores DC uno en cada rueda van a simular el grupo hidráulico del sistema de frenos como el avance del vehículo, asimismo el sistema cuenta con 2 potenciómetros que simularán los sensores del pedal del acelerador y de freno.

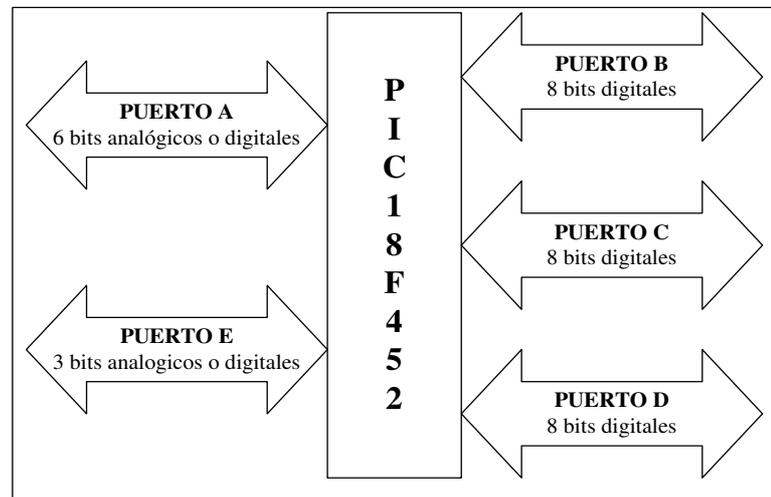
Especificaciones generales del PIC 18F452

- Velocidad de 10 MBPS.
- Memoria de programa y datos separados.
- Instrucciones de 16 bits, y datos de 8 bits.
- 32K de memoria de programa (16K instrucciones).
- 1.5K de memoria RAM y 256 bytes de memoria EEPROM.
- Interrupciones con distintas prioridades.
- Multiplicador hardware de 8 x 8.
- 4 Temporizadores de 8 y 16 bits.
- 2 comparadores, capturadores o generadores de PWM (Modulación por ancho de pulso).
- Módulo de comunicaciones serie direccionable (USART).
- 8 Conversores Analógico – Digital (A/D) de 10 bits.

2.2.- Puertos manejados por el microcontrolador.

Los microcontroladores poseen recursos muy importantes para su funcionamiento como son los puertos de Entrada y Salida; con los cuales se comunican con los periféricos externos. Los puertos utilizan la denominación de Puerto A, Puerto B, Puerto C, Puerto D y Puerto E, el puerto A y E pueden ser digitales o analógicos. También este PIC permite utilizar los puertos A y E como comparadores y conversores.

Fig.2.1 Puertos del PIC18F452.



Los registros usados para el manejo de los puertos son:

- Para el manejo de entradas y salidas se usa TRISA, TRISB, TRISC, TRISD y TRISE que dependiendo de su valor los pines del puerto serán de entrada o salida. Por ejemplo para tener el puerto B desde el bit 0 hasta el bit 3 como entrada y desde el bit 4 hasta el 7 como salida se procedería a asignar valores al registro TRIS B de la siguiente manera:

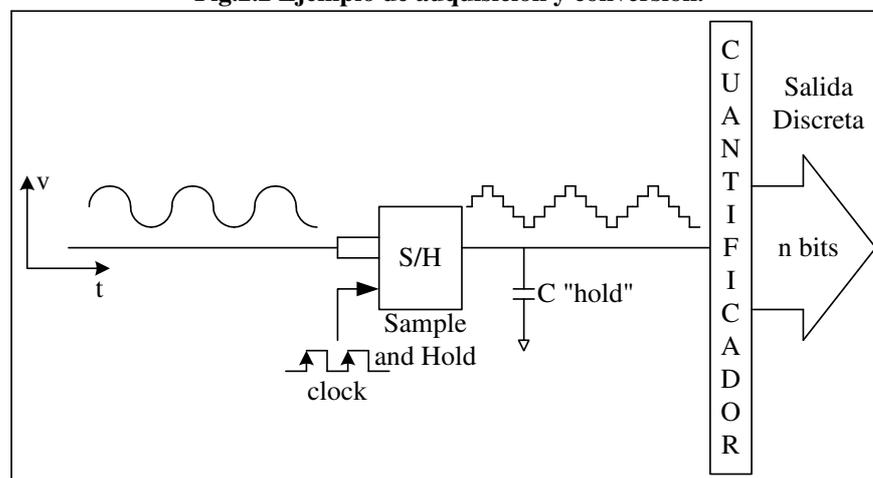
$$\begin{array}{cccccccc} 7 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 & 0 \\ \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{0} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{1} & \boxed{1} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \# \text{ de bit} \\ \boxed{\text{TRISB}} \end{array}$$

- Luego de haber seleccionado los pines del puerto ya sean de entrada como de salida, y para manejarlos enviando un 1 o un 0 lógico se usa el registro del puerto PORTA, PORTB, PORTC, PORTD y PORTE.

2.3.- Adquisición y conversión A/D del microcontrolador.

Este microcontrolador posee 8 conversores A/D y su procedimiento de adquisición y conversión se muestran en el siguiente gráfico donde en su ingreso tenemos una señal analógica y a su salida se obtiene una señal discreta de n bits.

Fig.2.2 Ejemplo de adquisición y conversión.



Sus Parámetros de conversión son:

- Resolución: numero de bits del cuantificador ("n") $n_{\text{máxima}} = 10\text{bits}$
- LSB: (Less Significant Bit) Es el mínimo cambio de la señal analógica de entrada que provoca un cambio del código digital de salida.

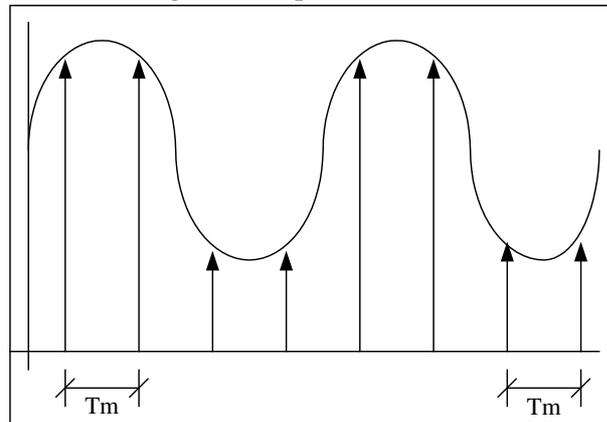
$$\boxed{\text{LSB} = \frac{\text{Rango de Conversión}}{2^n}}$$

- Rango de conversión: Es el rango de la señal en la entrada del conversor.

Parámetros temporales de un conversor.

- Tiempo de muestreo: velocidad de toma de muestras.

Fig.2.3. Tiempo de muestreo.



- Tiempo de adquisición: tiempo de carga del condensador del “Sample and Hold”

$$T_{\text{CHOLD}} = \ln \left(\frac{1}{2047} \right) (R_s + 1K_{\Omega}) + 120\text{pF}$$

$$T_{\text{CHOLD}} = 18\text{K} \cdot 120 \text{ pF} \cdot \ln \left(\frac{1}{2047} \right)$$

$$T_{\text{AMP}} = 2\mu\text{s}$$

$$T_{\text{COEF TERMICO}} = 0$$

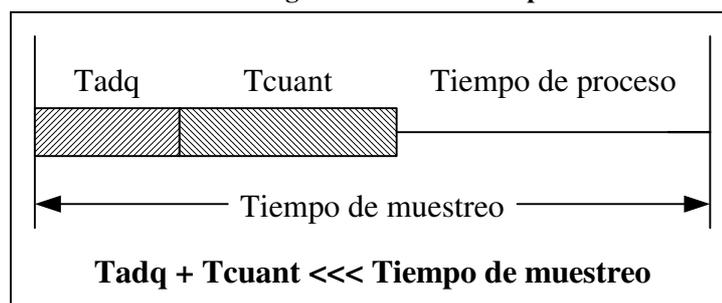
$$T_{\text{adq}} = T_{\text{CHOLD}} + T_{\text{AMP}} + T_{\text{COEF TERMICO}}$$

$$T_{\text{adq}} = 16,47 + 2 + 0$$

$$T_{\text{adq}} = 20\mu\text{s}$$

- Tiempo de cuantificación: Tiempo que demora el cuantificador en poner el código completo en su salida.
- El siguiente gráfico muestra una escala de tiempos.

Fig.2.4. Escala de Tiempos.



Los registros involucrados en la adquisición y conversión de datos son:

- El Puerto A y E en caso de usarse todos sus canales.
- Los registros internos del PIC ADCON 0 y ADCON1.

2.4.- Set de instrucciones del microcontrolador de la familia 18Fxx2.

INSTRUCCIONES ORIENTADAS A BIT.

BSF: Setear un bit del registro f

Sintaxis: [label] BSF f, b [,a]
 Rangos: $0 \leq f \leq 255$
 $0 \leq b \leq 7$
 $a \in [0,1]$
 Operación: $1 \rightarrow f\langle b \rangle$
 Status afectados: ninguno
 Descripción: El bit “b” en el registro “f” es seteado o llevado a 1.

Ejemplo: bsf REG,0
 Antes de la instrucción REG = 00
 Luego de la instrucción REG = 01

BCF: Limpiar un bit del registro f

Sintaxis: [label] BCF f, b [,a]
 Rangos: $0 \leq f \leq 255$
 $0 \leq b \leq 7$
 $a \in [0,1]$
 Operación: $0 \rightarrow f\langle b \rangle$
 Status afectados: ninguno
 Descripción: El bit “b” en el registro “f” es limpiado o llevado a 0.

Ejemplo: bcf FLAG_REG, 7, 0
 Antes de la instrucción FLAG_REG = 0xC7
 Luego de la instrucción FLAG_REG = 0x47

BTFSC: Pregunta por el bit del registro f, y salta un espacio si es cero.

Sintaxis: [label] BTFSC f, b [,a]
 Rangos: $0 \leq f \leq 255$
 $0 \leq b \leq 7$
 $a \in [0,1]$
 Operación: salta si $(f\langle b \rangle) = 0$
 Status afectados: ninguno

Luego de la instrucción W = 0xD9
 REG = 0xC2

CLRF: Limpia el registro f.

Sintaxis: [label] CLRF f [,a]
 Rangos: $0 \leq f \leq 255$
 $a \in [0,1]$
 Operación: 000h \rightarrow f
 1 \rightarrow Z
 Status afectados: Z
 Descripción: Limpia el contenido de un registro específico.

Ejemplo: CLRF FLAG_REG, 1

Antes de la instrucción FLAG_REG = 0x5A
 Luego de la instrucción FLAG_REG = 0x00

DECFSZ: Decremento del registro f, y salta cuando llegue a cero.

Sintaxis: [label] DECFSZ f [,d [,a]]
 Rangos: $0 \leq f \leq 255$
 $d \in [0,1]$
 $a \in [0,1]$
 Operación: (f) - 1 \rightarrow f
 Salta si el resultado = 0
 Status afectados: ninguno
 Descripción: El contenido del registro "f" es decrementado hasta que el mismo llegue a cero en ese instante se salta una línea del programa.

Ejemplo: HERE DECFSZ CNT, 1, 1
 GOTO LOOP

 CONTINUE
 Antes de la instrucción PC = address (HERE)
 Luego de la instrucción CNT = CNT - 1
 si CNT = 0;
 PC = Address (CONTINUE)
 si CNT \neq 0;
 PC = Address (GOTO LOOP)

MOVF: Mueve el valor del registro f.

Sintaxis: [label] MOVF f [,d [,a]]
 Rangos: $0 \leq f \leq 255$
 $d \in [0,1]$
 $a \in [0,1]$
 Operación: f \rightarrow dest

Status afectados: N, Z
 Descripción: El contenido del registro “f” es movido a cualquier destino dependiendo de “d”. Si d es 0 el valor es guardado en W. Si d es 1 el valor es almacenado en el mismo registro.

Ejemplo: MOVF REG,0,0
 Antes de la instrucción REG = 0x22
 W = 0xFF
 Luego de la instrucción REG = 0x22
 W = 0x22

MOVFF: Mueve el valor del registro f a otro registro f.

Sintaxis: [label] MOVFF f_s,f_d
 Rangos: $0 \leq f_s \leq 4095$
 $0 \leq f_d \leq 4095$
 Operación: (f_s) → (f_d)
 Status afectados: ninguno
 Descripción: El contenido del registro “f_s” es movido a otro registro “f_d”

Ejemplo: MOVFF REG1, REG2
 Antes de la instrucción REG1 = 0x33
 REG2 = 0x11
 Luego de la instrucción REG1 = 0x33
 REG2 = 0x33

MOVLW: Mueve el valor de un literal a W.

Sintaxis: [label] MOVLW k
 Rangos: $0 \leq k \leq 255$
 Operación: k → W
 Status afectados: ninguno
 Descripción: Los 8 bits del literal k son movidos al registro Temporal W.

Ejemplo: MOVLW 0x5A
 Luego de la instrucción W = 0x5A

MOVWF: Mueve el valor de W a un registro f.

Sintaxis: [label] MOVWF f [,a]
 Rangos: $0 \leq f \leq 255$
 $a \in [0,1]$
 Operación: (W) → f
 Status afectados: ninguno
 Descripción: El valor almacenado en W es cargado en el registro f.

Ejemplo:	MOVWF	REG,0
Antes de la instrucción	W	= 0x4F
	REG	= 0xFF
Luego de la instrucción	W	= 0x4F
	REG	= 0x4F

RRNCF: Rota al registro f a la derecha.

Sintaxis:	[label] RRNCF f [,d [,a]]
Rangos:	$0 \leq f \leq 255$ $d \in [0,1]$ $a \in [0,1]$
Operación:	$(f\langle n \rangle) \rightarrow \text{dest}\langle n-1 \rangle$ $(f\langle 0 \rangle) \rightarrow \text{dest}\langle 7 \rangle$
Status afectados:	N, Z
Descripción:	El contenido del registro “f” rota un bit a la derecha. Si d es 0 el resultado es almacenado en W. Si d es 1 el resultado se guarda en el mismo registro.

Ejemplo:	RRNCF	REG,1,0
Antes de la instrucción	REG	= 1110 0110
Luego de la instrucción	REG	= 1100 1100

SUBLW: Resta W de un literal.

Sintaxis:	[label] SUBLW k
Rangos:	$0 \leq f \leq 255$
Operación:	$k - (W) \rightarrow W$
Status afectados:	N, OV,C,DC,Z
Descripción:	Resta el contenido de W con el literal “k” y el resultado es almacenado en W.

Ejemplo:	SUBLW	0x02
Antes de la instrucción	W	= 1
	C	= ?
Luego de la instrucción	W	= 1
	C	= 1 ; resultado positivo
	Z	= 0
	N	= 0

SUBWF: Resta W de el registro f.

Sintaxis:	[label] SUBWF f [,d [,a]]
Rangos:	$0 \leq f \leq 255$ $d \in [0,1]$ $a \in [0,1]$
Operación:	$f - (W) \rightarrow \text{dest}$

Status afectados: N, OV,C,DC,Z
 Descripción: Resta el contenido de W del contenido del registro “f”.

Ejemplo:	SUBWF	REG,1, 0	
Antes de la instrucción	REG	=	3
	W	=	2
	C	=	?
Luego de la instrucción	REG	=	1
	W	=	2
	C	=	1 ; resultado positivo
	Z	=	0
	N	=	0

SWAPF: Cambia el registro f.

Sintaxis: [label] SWAPF f [,d [,a]]

Rangos: $0 \leq f \leq 255$
 $d \in [0,1]$
 $a \in [0,1]$

Operación: (f<3:0>) → dest <7:4>
 (f<7:4>) → dest <3:0>

Status afectados: ninguno

Descripción: Los datos superiores e inferiores del registro “f” son cambiados. Si “d” está en cero, el resultado es almacenado en W. Si “d” es 1 el resultado de guarda en el registro “f”.

Ejemplo:	SWAPF	REG,1, 0	
Antes de la instrucción	REG	=	0x53
Después de la instrucción	REG	=	0x35

INSTRUCCIONES ORIENTADAS AL CONTROL.

CALL: Llama a una subrutina.

Sintaxis: [label] CALL k[,s]

Rangos: $0 \leq k \leq 1048575$
 $s \in [0,1]$

Status afectados: ninguno

Descripción: Llama a una subrutina para ejecutarla.

Ejemplo:	HERE	CALL	SUBROUTINE,1
Antes de la instrucción	PC	=	address (HERE)
Luego de la instrucción	PC	=	address (SUBROUTINE)

GOTO: **Salto sin retorno.**

Sintaxis: [label] GOTO k
 Rangos: $0 \leq K \leq 1048575$
 Operación: $k \rightarrow PC \langle 20:1 \rangle$
 Status afectados: ninguno
 Descripción: Permite un salto incondicional a cualquier parte del programa.

Ejemplo: GOTO THERE
 Luego de la instrucción PC = Address (THERE)

RETFIE: **Retorna de una interrupción.**

Sintaxis: [label] RETFIE [s]
 Rangos: $s \in [0,1]$
 Status afectados: ninguno
 Descripción: Retorna de una interrupción a la instrucción siguiente de donde se llama dicha interrupción.

Ejemplo: RETURN
 Luego de la instrucción PC = TOS

RETLW: **Retorna W con el valor de un literal.**

Sintaxis: [label] RETLW k
 Rangos: $0 \leq k \leq 255$
 Operación: $k \rightarrow W$
 Status afectados: ninguno
 Descripción: W es cargado con los 8 bits de un literal k y regresa a la instrucción siguiente de donde fue llamado.

Ejemplo: CALL TABLE
 TABLE
 ADDWF PCL
 RETLW k0

Antes de la instrucción W = 0x07
 Luego de la instrucción W = valor de kn

RETURN: **Retorna de una subrutina.**

Sintaxis: [label] RETURN [s]
 Rangos: $s \in [0,1]$
 Status afectados: ninguno
 Descripción: Retorna de una subrutina a la instrucción siguiente de donde se llama dicha subrutina.

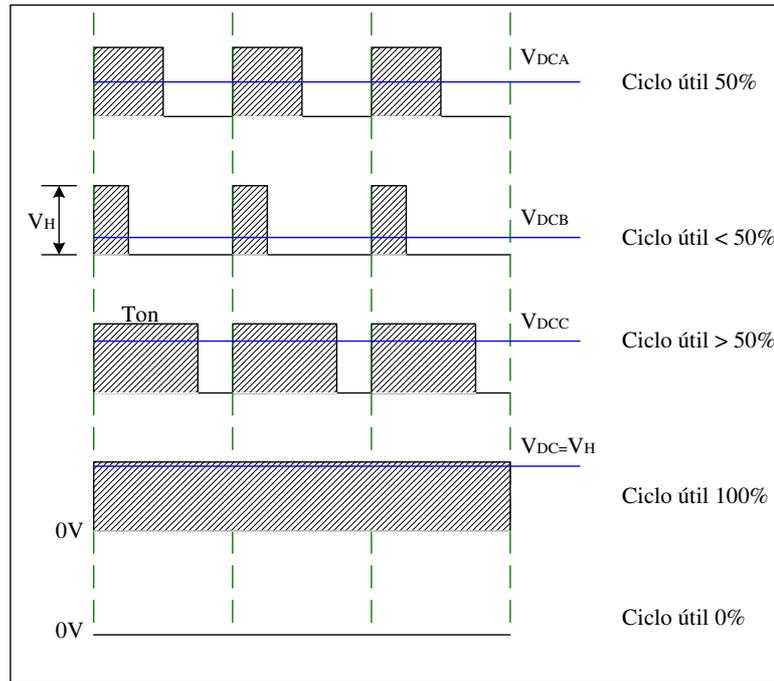
Ejemplo: RETURN
 Luego de la instrucción PC = TOS

2.5.- Manejo de motores de DC a través del módulo PWM.

PWM (Pulse width modulation) modulación por ancho de pulso.

Esta técnica se usa para variar el ciclo útil (tiempo que permanece en alto el pulso) de un tren de pulsos manteniendo la frecuencia constante como se muestra en la siguiente figura.

Fig.2.5 Ciclo útil del PWM.



- Para calcular el ciclo útil utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Ciclo útil}_{100\%} = \frac{T_{\text{on}}}{T} \cdot 100\%$$

- El voltaje de salida del PWM se obtiene mediante la fórmula:

$$V_{dc} = \text{Ciclo útil} \cdot V_H$$

- El cálculo del Periodo se almacena en un registro llamado PR2 y se lo realiza de la siguiente manera:

$$PR2 = \frac{f_{osc}}{4 \cdot f_{PWM} \cdot \text{ValordelprescalerdelTMR2}} - 1$$

Por ejemplo: para una frecuencia de 1 KHz, usando un cristal de 16 MHz y con un prescaler del timer 2 de 16, el valor de PR2 será:

$$PR2 = \frac{16 \times 10^6}{4 \cdot 1 \times 10^3 \cdot 16} - 1 \quad PR2 = 249$$

- La resolución de PWM es el tiempo mínimo en que el pulso permanece en alto, también conocido como el ciclo útil mínimo.
- La resolución máxima lograda es:

$$\text{Res} = \frac{\log\left(\frac{f_{OSC}}{f_{PWM}}\right)}{\log 2}$$

- El almacenamiento del ciclo útil de 10 bits es en los registros CCPR1L y CCPCON.

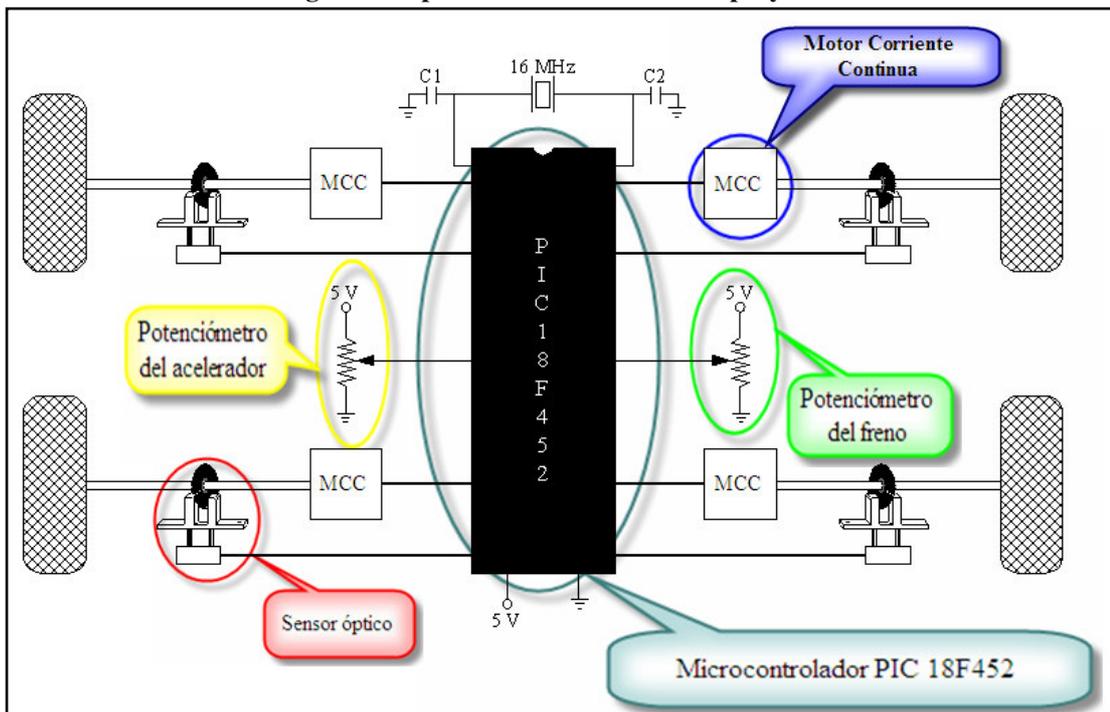
Los registros usados par el manejo del PWM son los siguientes:

- El bit 1 y 2 del puerto C, lo que involucra los registros TRISC y PORTC.
- El timer 2 con su registro T2CON.
- Para guardar el Periodo se usa el registro PR2.
- Para la configuración del módulo PWM usamos CCP1CON y CCP2CON.
- Los registros donde se guarda el PWM: CCPR1L y CCPR2L.

2.6.- Armado de la tarjeta electrónica con sus componentes.

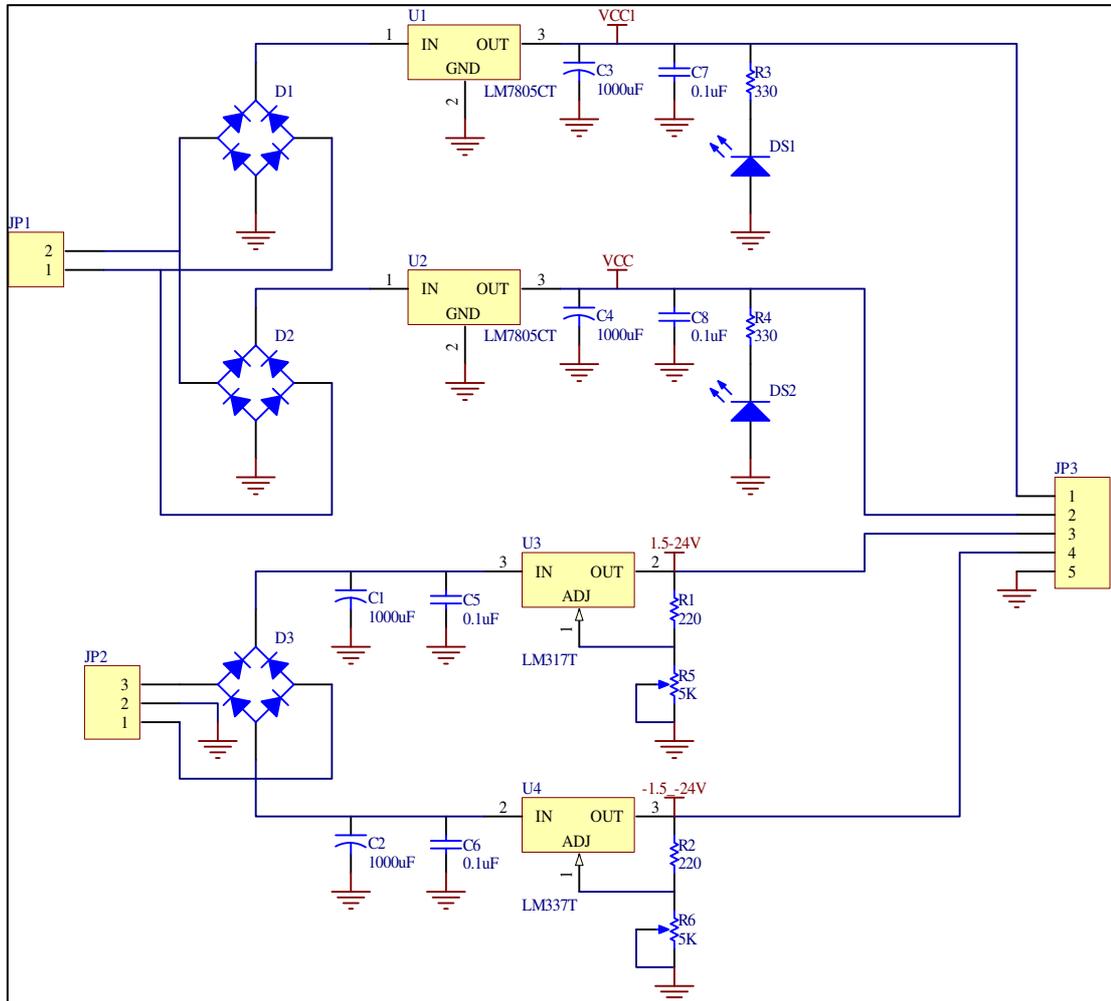
La tarjeta electrónica controla los elementos mostrados en la siguiente figura:

Fig.2.6 Componentes del hardware del proyecto.



Para tener mejores prestaciones se hicieron varias tarjetas electrónicas entre las cuales tenemos una tarjeta para los diferentes voltajes utilizados (figura 2.7)

Fig.2.7 Esquema de las fuentes utilizadas.



Fotografía 2.1 Placa armada de las fuentes.



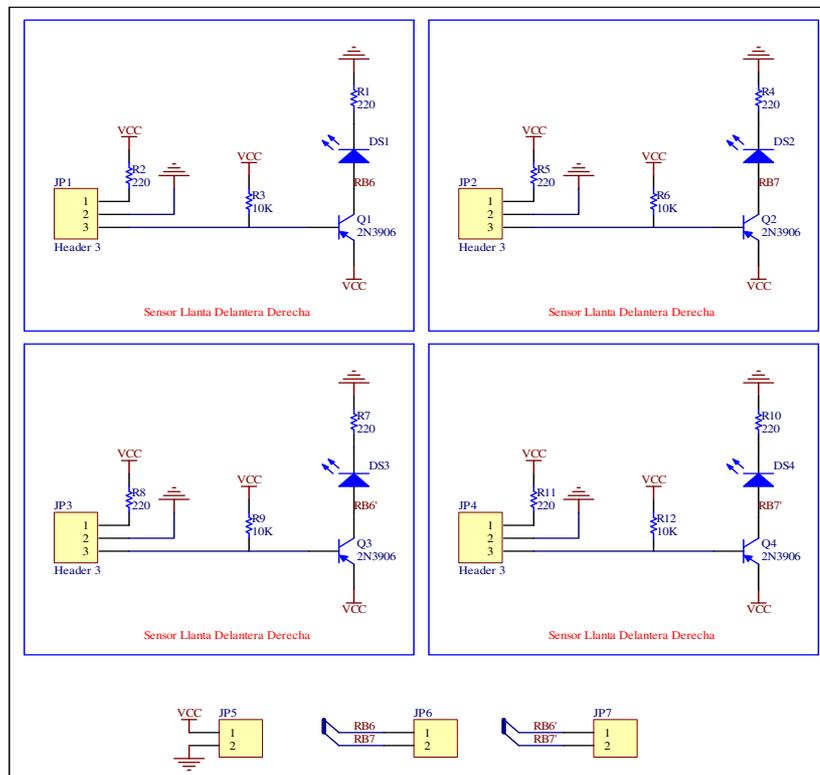
Los componentes usados para el esquema de las fuentes se muestran a continuación.

Tabla.2.1 Componentes usados en las Fuentes.

Componentes	Cantidad	Descripción
C1	4	Condensador electrolítico1000uF
C2		
C3		
C4		
C5	4	Condensador ceramico0.1uF
C6		
C7		
C8		
D1	3	Puente de greatz
D2		
D3		
DS1	1	Led verde
DS2	1	Led rojo
JP1	1	Bornera 2 entradas
JP2	1	Bornera 3 entradas
JP3	1	Bornera 5 entradas
R1	2	Resistencia 220
R2		
R3	2	Resistencia 330
R4		
R5	2	Potenciometro 5K
R6		
U1	2	LM7805
U2		
U3	1	LM317T
U4	1	LM337T

Se realizo el esquema para los sensores utilizados en cada rueda, los cuales servirán de entrada para el PIC18F452 en el Puerto B (RB6, RB7)

Fig.2.8 Esquema de los sensores utilizados en el Proyecto.



En la Tabla 2.2 se muestran los componentes utilizados para el esquema de los sensores del proyecto.

Fotografía 2.2 Placa armada de los sensores.

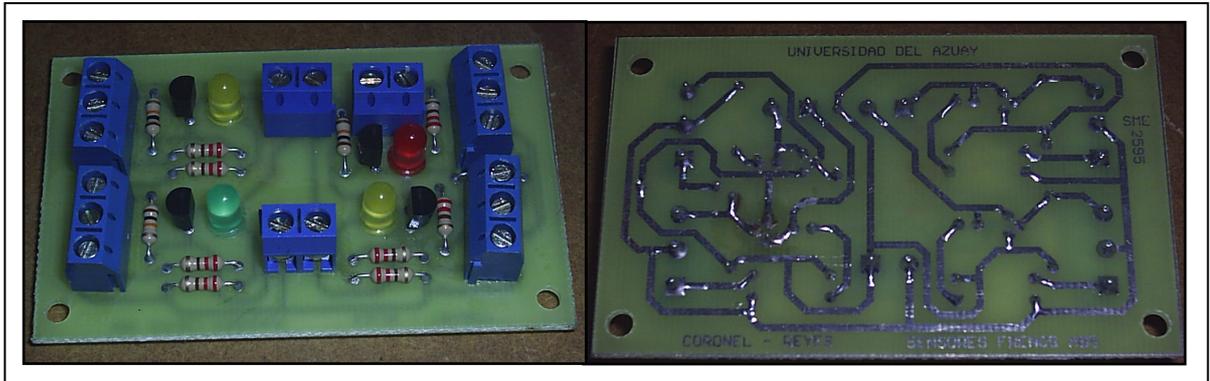
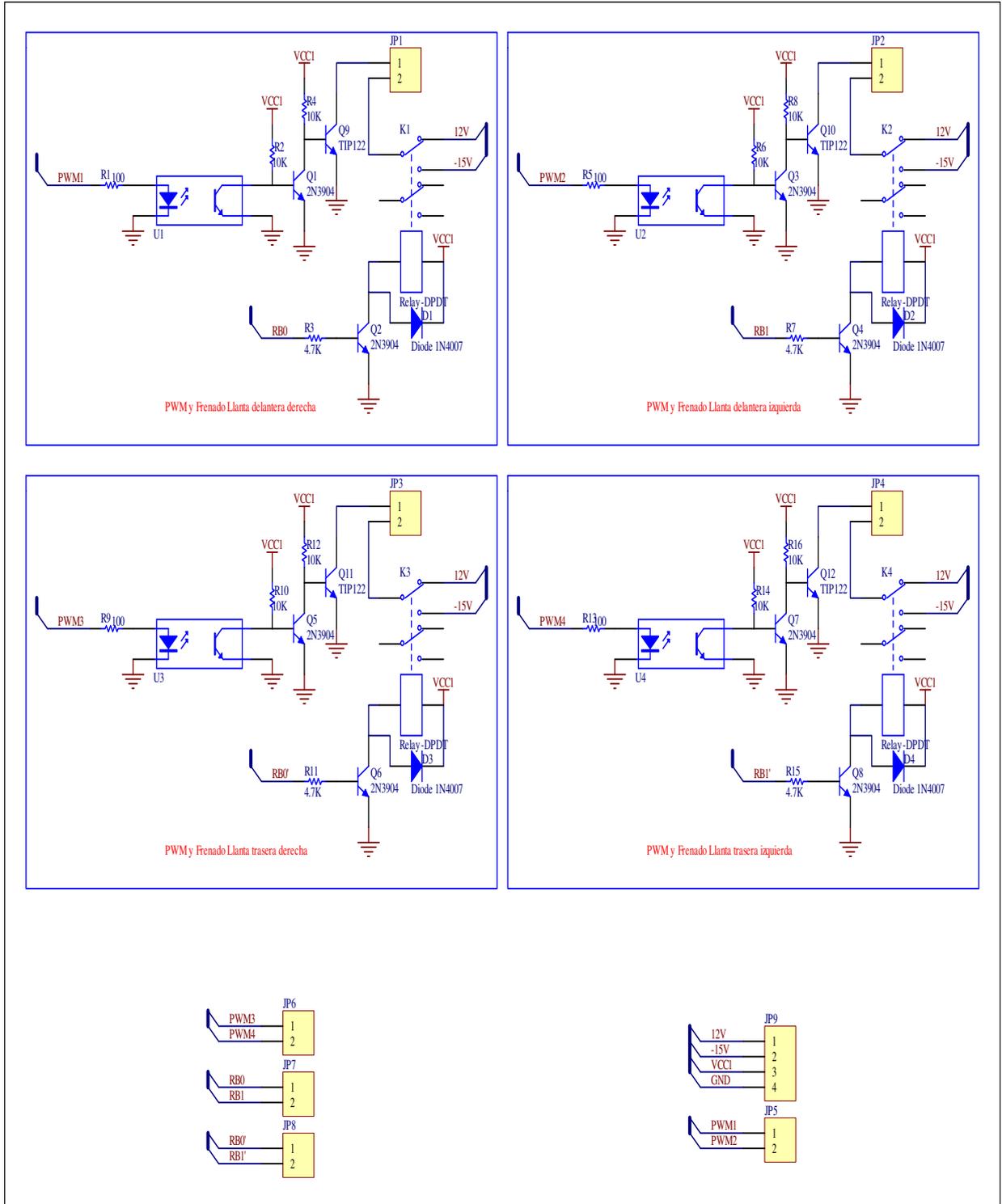


Tabla.2.2 Componentes usados en los Sensores.

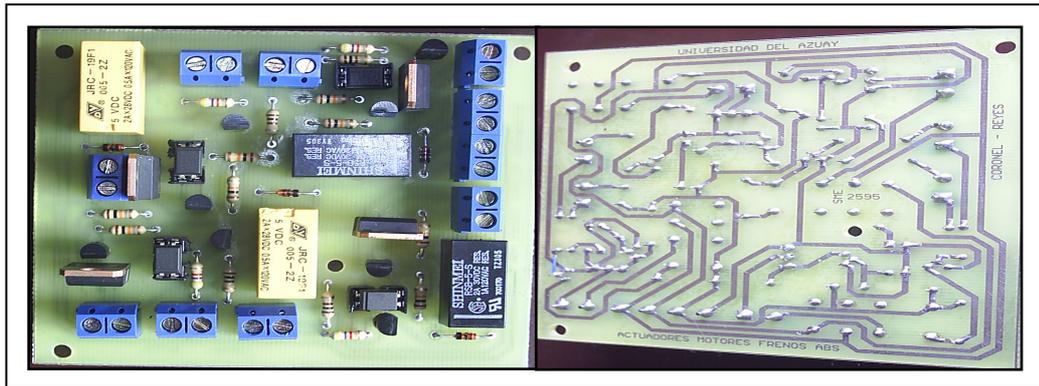
Componentes	Cantidad	Descripción
DS1	4	Leds
DS2		
DS3		
DS4		
JP1	4	Borneras 3 entradas
JP2		
JP3		
JP4		
JP5	3	Borneras 2 entradas
JP6		
JP7		
Q1	4	Transistores 2N3906
Q2		
Q3		
Q4		
R1	8	Resistencias 220
R2		
R4		
R5		
R7		
R8		
R10		
R11		
R3	4	Resistencias 10 K
R6		
R9		
R12		

En el siguiente diagrama se muestra los actuadores del proyecto, con este esquema se maneja los motores de corriente continua, que van a simular el avance del vehículo y el frenado del mismo.

Fig.2.9 Esquema para el manejo de motores DC.



Fotografía 2.3 Placa armada para el manejo de motores DC.

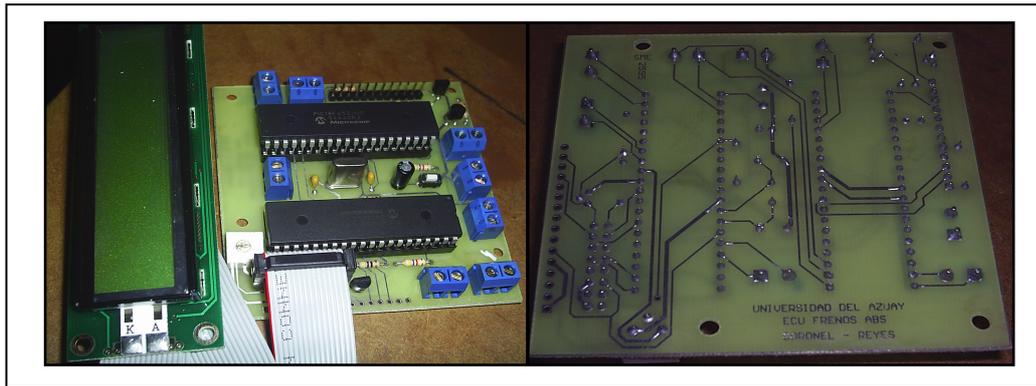


La tabla muestra los componentes utilizados para el esquema anterior.

Tabla.2.3 Componentes usados para controlar los motores.

Componentes	Cantidad	Descripción
D1	4	Diodo 1N4007
D2		
D3		
D4		
JP1	8	Bornera 2 entradas
JP2		
JP3		
JP4		
JP5		
JP6		
JP7		
JP8		
JP9	1	Bornera 4 entradas
K1	4	Rele de 5V
K2		
K3		
K4		
Q1	8	Transistor 2N3904
Q2		
Q3		
Q4		
Q5		
Q6		
Q7		
Q8		
Q9	4	Transistor TIP122
Q10		
Q11		
Q12		
R1	4	Resistencias 100
R5		
R9		
R13		
R2	8	Resistencias 10K
R4		
R6		
R8		
R10		
R12		
R14		
R16		
R3	4	Resistencias 4.7K
R7		
R11		
R15		
U1	4	Optoacopladores PC817
U2		
U3		
U4		

Fotografía 2.4 Placa armada que simula a la ECU de un Vehículo.



En la tabla 2.4 se indica los componentes del esquema de control del proyecto.

Tabla.2.4 Componentes del esquema de control.

Componente	Cantidad	Descripción
C1	2	Condensador cerámico 22pF
C2		
C3	1	Condensador electrolítico 1uF
JP1	11	Bornera 2 entradas
JP2		
JP3		
JP4		
JP5		
JP6		
JP7		
JP8		
JP9		
JP10		
JP11		
Q1	3	Transistores 2N3904
Q2		
Q3		
R1	2	Resistencia 10K
R4		
R2	4	Resistencia 4.7K
R5		
R6		
R7		
R3	1	Resistencia 47
R8	2	Resistencia 330
R9		
S1	1	Pulsante
U1	2	PIC18F452
U2		
Y1	1	Cristal 16MHz

CAPÍTULO III

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUETA

Para el diseño de la maqueta se utiliza un vehículo adquirido en un almacén de juguetes para posteriormente modificarlo, luego fabricamos una maqueta para el montaje del vehículo que simula el avance del mismo, el material de la maqueta es de madera trupán y el del vehículo es plástico.

3.1.- Diseño de la maqueta.

La maqueta esta diseñada de manera que simule el movimiento del vehículo y su correspondiente frenado, el auto comprado en un almacén de juguetes se muestra en la siguiente fotografía.

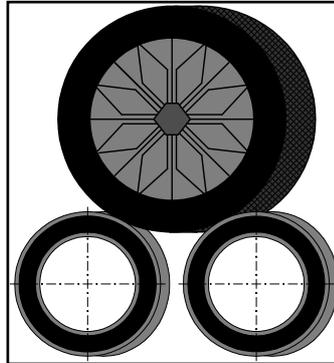
Fotografía 3.1 Vehículo del proyecto.



Las dimensiones del vehículo son: 56 cm de largo x 24 cm de ancho y 20cm de alto. El vehículo fue escogido por su tamaño, sus prestaciones para modificarlo a los requerimientos del proyecto y sobre todo por sus llantas que son de caucho similares a las de un vehículo real.

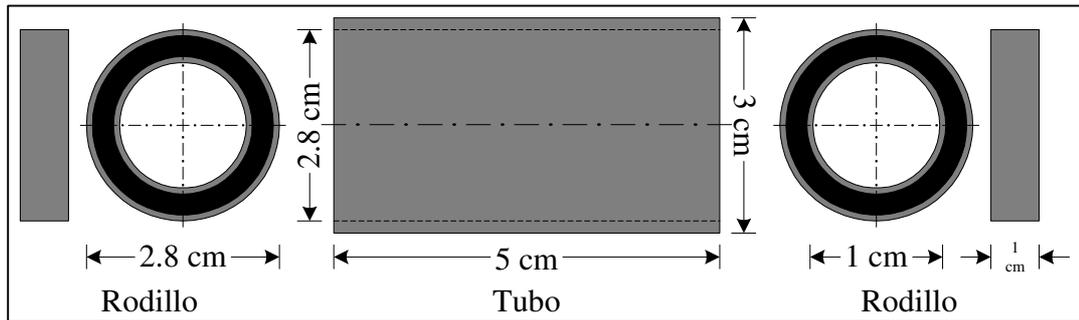
El diseño de la plataforma se realizó para que las llantas del vehículo giren sin que el mismo se mueva, para lo cual se construyó unos módulos conformados por 2 rodillos acoplados en un tubo de hierro como lo muestra la figura siguiente.

Fig. 3.1 Módulo de Rodillos.



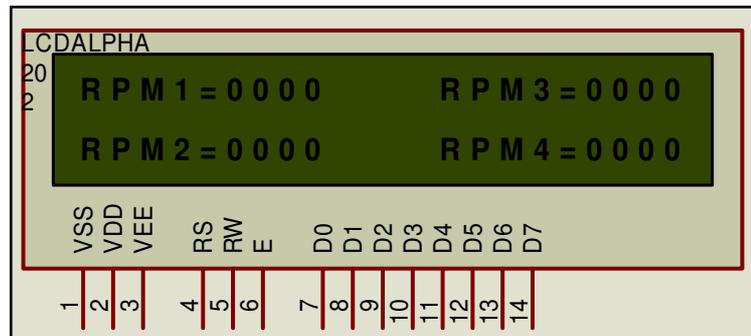
En la siguiente figura se observa las dimensiones del módulo en donde girarán las llantas.

Fig. 3.2 Dimensiones del módulo.



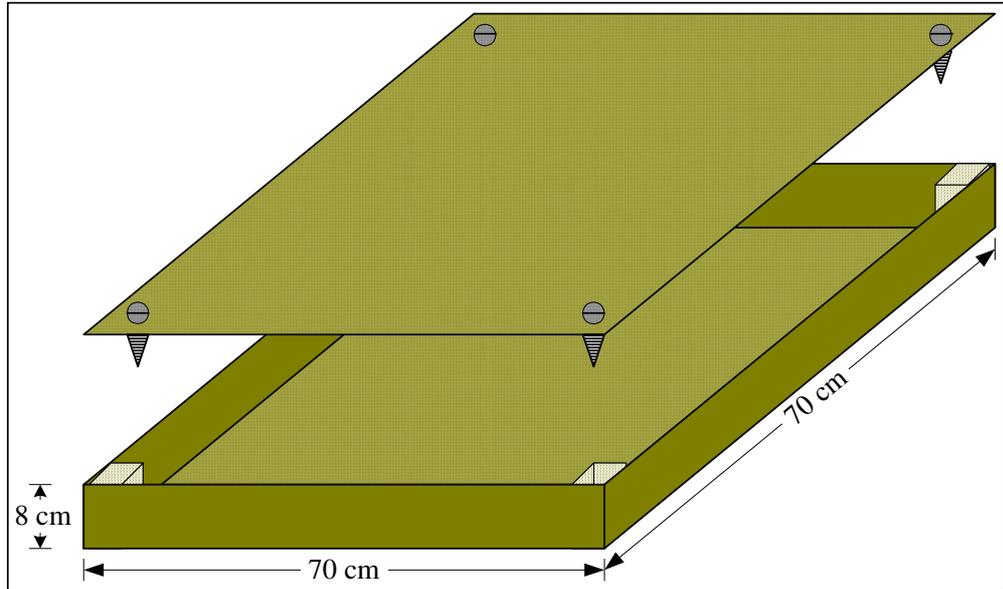
Para ver las revoluciones por minuto de cada una de las llantas se utilizó un LCD de 20 caracteres por 2 filas el mismo que se instaló en la plataforma.

Fig. 3.3 LCD 20 x 2.



Las dimensiones de la plataforma son las siguientes:

Fig. 3.4 Dimensiones de la Plataforma.



3.2.- Construcción de la maqueta y montaje de los componentes.

3.2.1.- Modificación y adaptación de los componentes al vehículo.

- El primer paso fue desarmar por completo el vehículo, en donde se identificó los cables de las luces delanteras que indican que el carro esta encendido y las luces traseras para observar cuando el vehículo frena.

Fotografía 3.2 Vehículo desarmado del proyecto.



- El siguiente paso fue montar los sensores en la madera que se acopló al carro.

Fotografía 3.3 Implementación de sensores en la madera.



- Debido a que los sensores necesitan unos discos con una ranura para dar la señal al PIC18F452 se procedió a su construcción.

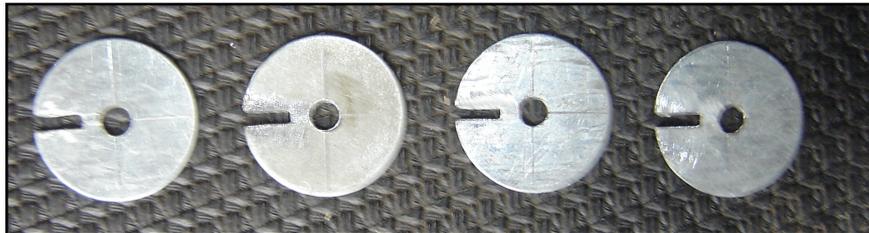
Fotografía 3.4 Construcción de los discos para los sensores.



Fotografía 3.5 Construcción de los discos para los sensores.

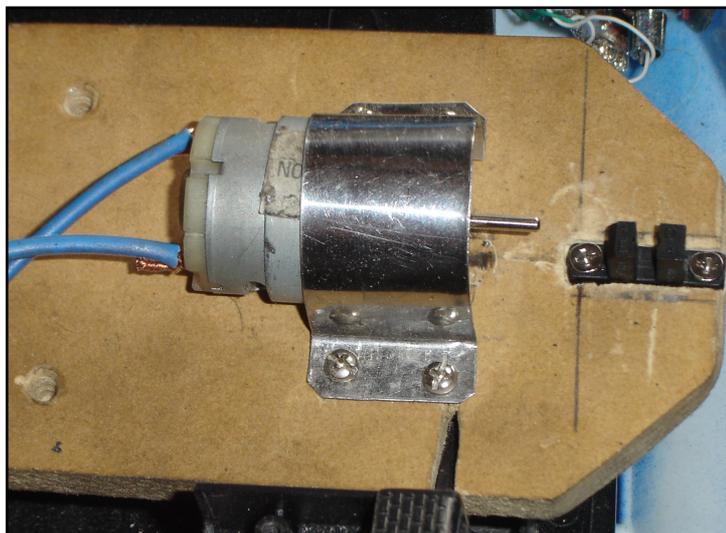


Fotografía 3.6 Discos para el sensor óptico.



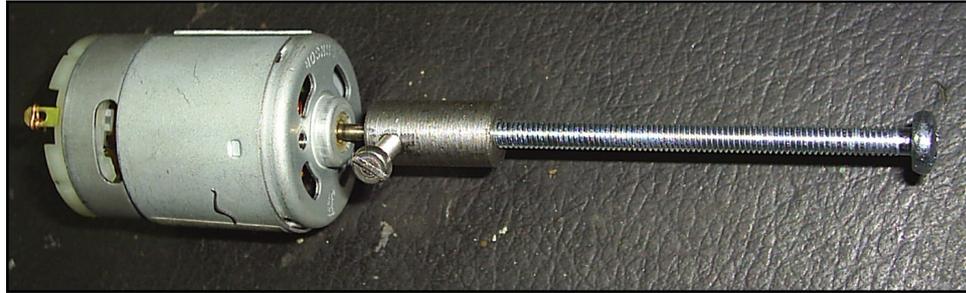
- A continuación se montó uno por uno los motores en la madera.

Fotografía 3.7 Montaje de los motores en la madera.



- Para unir los motores con los discos de los sensores y las llantas se envió a tornearse una pieza.

Fotografía 3.8 Pieza de unión del motor, disco del sensor y llanta.



- Cuando ya estuvieron listos los sensores y los motores acoplados en la madera se procedió a unirlos con las llantas del carro.

Fotografía 3.9 Unión de llanta, sensor con su disco y motor en la madera.



- Posteriormente se acopló la madera con el chasis del vehículo.

Fotografía 3.10 Montaje de los motores con el chasis del carro.



- Luego del montaje de los componentes en el vehículo se ordenó los cables del motor, sensor y luces quedando de la siguiente manera:

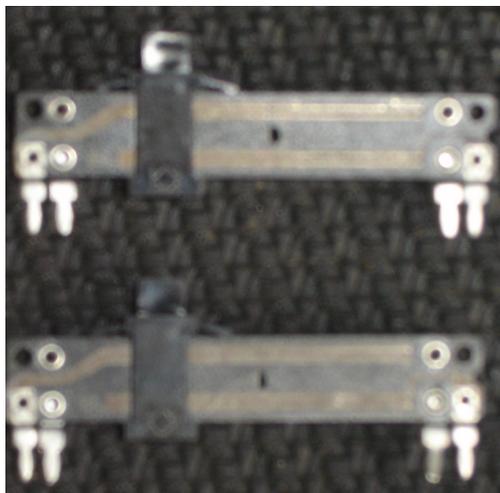
Fotografía 3.11 Vehículo completamente modificado.



3.2.2.- Construcción de los pedales del freno y acelerador

- Se adquirió 2 potenciómetros aptos para el proyecto.

Fotografía 3.12 Potenciómetros para el acelerador y el freno.



- Luego se adaptó estos potenciómetros en unos pedales de máquinas de coser los cuales fueron modificados a los requerimientos del proyecto.

Fotografía 3.13 Armado de los pedales de freno y acelerador.



3.2.3.- Construcción de la plataforma para el vehículo.

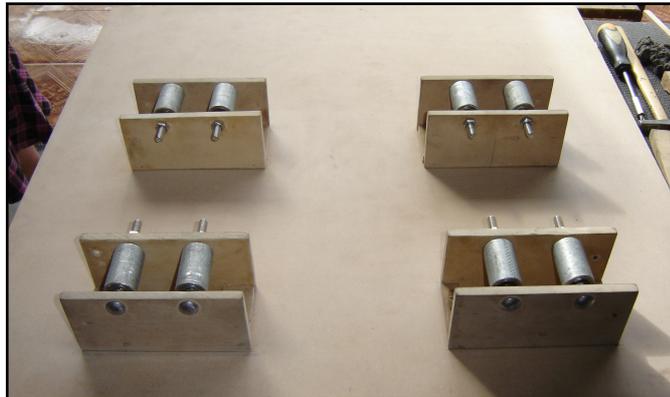
- Primeramente se construyó 4 módulos con rodillos para el rodaje de las llantas en 2 pedazos de madera cada uno.

Fotografía 3.14 Módulo que permiten el rodaje de las llantas.



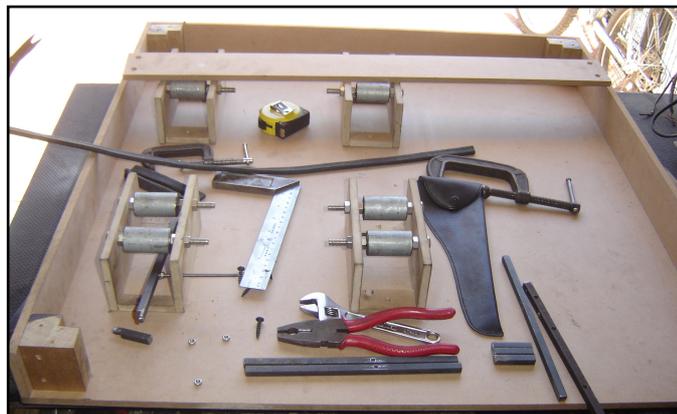
- Se sujetó los 4 módulos en la base de la plataforma quedando de la siguiente manera.

Fotografía 3.15 Sujeción de los módulos que permiten el rodaje de las llantas.



- Luego se armó los lados laterales para que sujeten la tapa de la plataforma

Fotografía 3.16 Construcción de la plataforma.



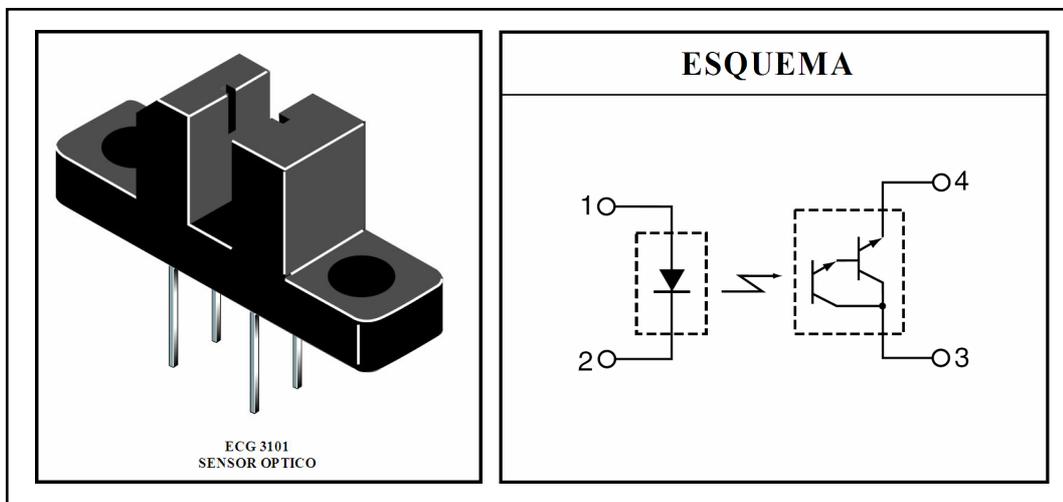
Fotografía 3.17 Plataforma acabada.



3.3.- Sensor utilizado en la maqueta.

El sensor óptico en el proyecto simula al sensor tipo inductivo que se utilizan en los vehículos, en este caso se trata del ECG 3101. Consiste en un diodo emisor infrarojo de arsenico-galio acoplado con un fotodarlington de silicio en un encapsulado plástico. El sistema empaquetado es diseñado para optimizar la resolución mecánica, eficiencia de acoplamiento, rechazo de la luz ambiente, costo y fiabilidad; la abertura del sensor proporciona una medición de interrupción de la señal con un material opaco, funcionando la salida como un interruptor de estado ON/OFF.

Fig. 3.5 Sensor óptico y su esquema.



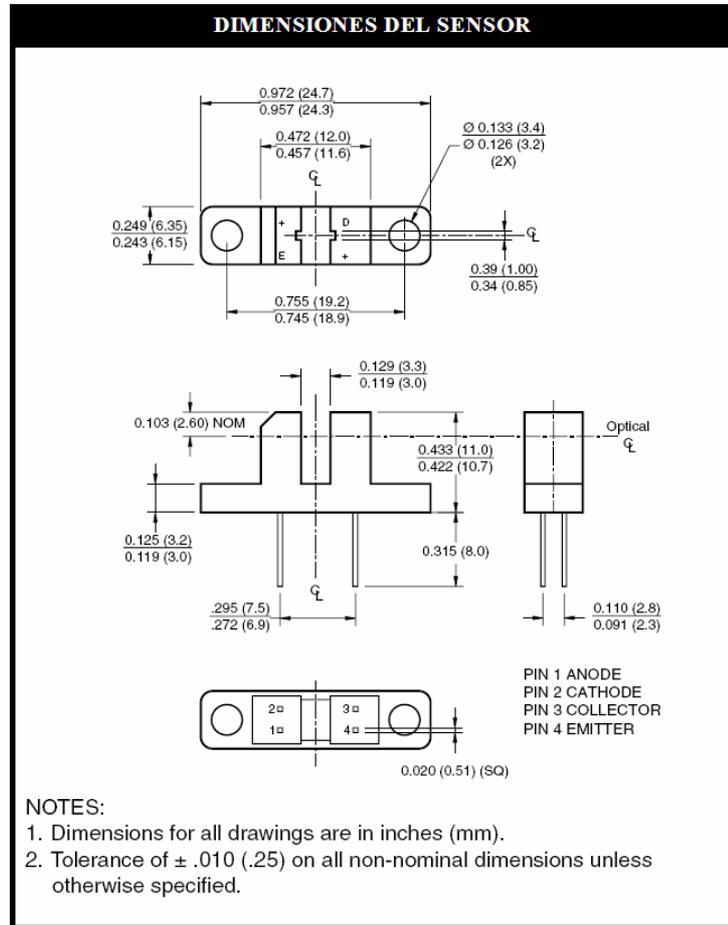
Fuente: www.datasheetcatalog.com Componente:H21B21

Tabla. 3.1 Rangos de funcionamiento del sensor óptico.

RANGOS MAXIMOS ABSOLUTOS $T_A = 25^\circ\text{C}$			
PARAMETRO	SIMBOLO	RANGO	UNIDAD
Temperatura de operación	T_{OPR}	- 55 a +100	$^\circ\text{C}$
Temperatura de almacenamiento	T_{STG}	- 56 a +100	$^\circ\text{C}$
Entrada (EMISOR)			
Corriente continua	I_F	50	mA
Voltage reverso	V_R	6	V
Disipación de Poder	P_D	100	mW
Salida (SENSOR)			
Voltage Colector - Emisor	V_{CEO}	30	V
Voltage Emisor - Colector	V_{ECO}	6	V
Corriente de Colector	I_C	40	mA
Disipación de Poder ($T_c=25^\circ\text{C}$)	P_D	150	mW

Las dimensiones del sensor óptico se observan el siguiente gráfico.

Fig. 3.6 Dimensiones del sensor óptico.



Fuente: www.datasheetcatalog.com Componente:H21B21

3.4.- Realización del sistema de control.

El sistema de control está realizado en el software MPLAB IDE que se muestra a continuación:

```
list p=18f452
#include "p18f452.inc"
;*****

;Configuration bits
; The __CONFIG directive defines configuration data within the .ASM
file.
; The labels following the directive are defined in the P18F452.INC
file.
; The PIC18FXX2 Data Sheet explains the functions of the
configuration bits.
__CONFIG _CONFIG1H, _OSCS_OFF_1H & _HS_OSC_1H
__CONFIG _CONFIG2L, _BOR_OFF_2L & _PWRT_ON_2L
__CONFIG _CONFIG2H, _WDT_OFF_2H
__CONFIG _CONFIG3H, _CCP2MX_ON_3H
__CONFIG _CONFIG4L, _STVR_ON_4L & _LVP_OFF_4L & _DEBUG_OFF_4L
```

```

__CONFIG __CONFIG5L, _CP0_OFF_5L & _CP1_OFF_5L & _CP2_OFF_5L &
_CP3_OFF_5L
__CONFIG __CONFIG5H, _CPB_OFF_5H & _CPD_OFF_5H
__CONFIG __CONFIG6L, _WRT0_OFF_6L & _WRT1_OFF_6L & _WRT2_OFF_6L &
_WRT3_OFF_6L
__CONFIG __CONFIG6H, _WRTC_OFF_6H & _WRTB_OFF_6H & _WRD_OFF_6H
__CONFIG __CONFIG7L, _EBTR0_OFF_7L & _EBTR1_OFF_7L & _EBTR2_OFF_7L &
_EBTR3_OFF_7L
__CONFIG __CONFIG7H, _EBTRB_OFF_7H

```

```

e = 0
rs = 4
M0 = 0x080
M = 0x081
CONT1 = 0x082
CONT2 = 0x083
CONT3 = 0x084
index = 0x085
size = 0x086
ch_cont = 0x087
respaldo = 0x088
retro = 0x089
RPS1 = 0x08A
min0 = 0x08B
min1 = 0x08C
flag = 0x08D
cuenta = 0x08E
RPS2 = 0x08F
tope = 0x090

```

```

org 0x00
goto start

```

```

org 0x18
goto INT_LOW

```

```

;-----
;Tabla de caracteres*****
;-----
tabla addwf PCL,1
;===== index = 0x0
;===== size = 3
retlw 'R'
retlw 'P'
retlw 'S'
retlw '1'

numeros addwf PCL,1
retlw '0'
retlw '1'
retlw '2'
retlw '3'
retlw '4'
retlw '5'
retlw '6'
retlw '7'
retlw '8'
retlw '9'

PWM addwf PCL,1
retlw b'00000000'
retlw b'00101111'
retlw b'01001111'
retlw b'01101111'
retlw b'10001111'
retlw b'10101111'
retlw b'11001111'

```

```

retlw b'11011111'
retlw b'11101111'
retlw b'11111111'
; /* CONFIGURACIONES INICIALES */
start movlw b'00000100'
movwf ADCON1 ; /* Declaración de líneas digitales del puerto E y A
bcf TRISA,4 ; Pin A4 es salida
bcf TRISA,5 ; Pin A5 es salida
clrf TRISD ; Puerto D es salida
bcf TRISB,0 ; Pin B0 es salida
bcf TRISB,1 ; Pin B1 es salida
bsf TRISB,7 ; Pin B7 es entrada
clrf TRISC ; Puerto C salida
clrf PORTC ; borro el puerto c
bcf PORTB,0 ; borro pin B0
bcf PORTB,1 ; borro pin B1
bsf PORTA,5 ; prendo back Light

; /* DECLARACION DE FUNCIONAMIENTO DE LOS REGISTROS */
bsf RCON,7 ; Habilito interrupciones por prioridad
bsf INTCON,7 ; Habilito interrupciones globales
bsf INTCON,6 ; Habilito todas las interrupciones periféricas

; /* Conversión analógica */
movlw b'10000000'
movwf ADCON0 ; Fosc/32 CONVERTOR APAGADO

; /* Timer 1 */
movlw b'10110000' ; /* Timer apagado prescaler1:2
movwf T1CON ;

; /* CONFIGURACION DE 'INTERRUPCIONES' */
; /* Timer 1 */
bsf PIE1,0 ; Habilito interrupción del TMR1
bcf IPR1,0 ; interrupción de alta prioridad
bsf INTCON2,7 ; deshabilito pullups

; /* *** Declaración de los valores por defecto *** */
movlw d'249'
movwf PR2
movlw b'00001111'
movwf CCP1CON
movwf CCP2CON
clrf CCPR2L
clrf CCPR1L
clrf flag
movlw d'3'
movwf cuenta
movlw d'3'
movwf retro
clrf tope

; /* Encendido y asignación de los valores para los Timers */
call ini_lcd
call cartel_principal1
call cartel_principal2
call cartel_principal3
call cartel_principal4
bsf T1CON,0 ; timer1 encendido
clrf TMR1H
clrf TMR1L

;-----;
; /* BLOQUE PRINCIPAL DE FUNCIONAMIENTO */;

```

```

;-----;
again btfs PORTB,7 ;Pregunta por el switch si es ABS o un freno
      convencional
      goto frenonormal
Frenoabs bcf flag,7
      goto again
frenonormal bsf flag,7
      goto again

;-----;
;-----Interrupcion-----;
;-----;
; * / I N T E R R U P C I O N E S B A J A S * /
INT_LOW btfs PIR1,0 ;Pregunto si hubo desbordamiento del timer 1
      retfie
      btfsc flag,0
      goto frenar
      call convierte
      movlw b'10010000'
      subwf ADRESH,0
      btfsc STATUS,0
      goto fin
continua call PWM1
      call visualiza1
      call visualiza2
      call visualiza3
      call visualiza4
      tstfsz ADRESH
      call prende
salir clrf TMR1L
      clrf TMR1H
      bcf PIR1,0
      retfie
prende movlw      b'11111111'
      movwf CCPR1L
      movwf CCPR2L
      return

apaga movlw b'00000000'
      movwf CCPR1L
      movwf CCPR2L
      return
PWM1 movff ADRESH, tope
      swapf ADRESH
      movf ADRESH,w
      mullw 0x02
      movf PRODL,w
      call PWM
      movwf CCPR2L
      movwf CCPR1L
      return
fin movlw b'10010000'
      movwf ADRESH
      bsf flag,0
      bsf ADCON0,3
      goto continua
convierte bsf ADCON0,0 ;ENCIENDO EL CONVERTOR A/D
      call t_hold ;TIEMPO DE ADQUISICION 20us
      bsf ADCON0,2 ;ESTA EN GO
wait btfsc ADCON0,2 ;ESPERA PARA LA CONVERSION
      goto wait ;ESTO LISTO EL DATO
      bcf ADCON0,0
      rlncf ADRESH

```

```

        rlncl ADRESH
        movlw b'11110000'
        return
frenar  btfss flag,7
        goto ABS
        call convierte
        movlw b'10010000'
        subwf ADRESH,0
        btfsc STATUS,0
        goto finfreno
continual movlw b'10010000'
        movwf tope
        movff ADRESH, respaldo
        movf respaldo,w
        subwf tope,1
        movff tope, ADRESH
        goto continua
apaga  bcf PORTC,1
        bcf PORTC,2
        return
finfreno movlw b'10010000'
        movwf ADRESH
        bcf flag,0
        bcf ADCON0,3
        call apaga
        goto continual
ABS    btfsc flag,6
        goto ya
        call convierte
        movlw b'10010000'
        subwf ADRESH,0
        btfss STATUS,0
        goto salir
        movlw 0x89
        call chdir
        movlw b'10010000'
        movwf ADRESH
        swapf ADRESH,0
        mullw d'2'
        movf PRODL,w
        call numeros
        movwf PORTD
        call run
        bsf flag,6
        call apaga
ya     btfsc flag,5
        goto no
        decfsz cuenta
        goto salir
        bsf flag,5
        call prende
        movlw d'3'
        movwf cuenta
        decfsz retro
        goto salir
        bcf flag,0
        bcf ADCON0,3
        bcf flag,6
        bcf flag,5
        call apaga
        movlw d'3'

```

```

        movwf retro
        goto salir
no      decfsz cuenta
        goto salir
        bcf flag,5
        movlw d'3'
        movwf cuenta
        call apaga
        goto salir
giro    bsf PORTB,0
        bsf PORTB,1
        return
nogiro  bcf PORTB,0
        bcf PORTB,1
        return
visualiza1 movlw 0x85
        call chdir
        swapf tope
        movf tope,w
        mullw 0x02
        movf PRODL,w
        call numeros
        movwf PORTD
        call run
        return
visualiza2 movlw 0xC5
        call chdir
        movf tope,w
        mullw 0x02
        movf PRODL,w
        call numeros
        movwf PORTD
        call run
        return
visualiza3 movlw 0x8E
        call chdir
        movf tope,w
        mullw 0x02
        movf PRODL,w
        call numeros
        movwf PORTD
        call run
        return
visualiza4 movlw 0xCE
        call chdir
        movf tope,w
        mullw 0x02
        movf PRODL,w
        call numeros
        movwf PORTD
        call run
        return
cartel_principall
        movlw 0x80
        call chdir
        movlw d'0'
        movwf index
        movlw d'3'
        movwf size
        call write
        return
cartel_principa2

```

```

    movlw 0xC0
    call chdir
    movlw d'0'
    movwf index
    movlw d'2'
    movwf size
    call write
    movlw '2'
    movwf PORTD
    call run
    return
cartel_principal3
    movlw 0x89
    call chdir
    movlw d'0'
    movwf index
    movlw d'2'
    movwf size
    call write
    movlw '3'
    movwf PORTD
    call run
    return
cartel_principal4
    movlw 0xC9
    call chdir
    movlw d'0'
    movwf index
    movlw d'2'
    movwf size
    call write
    movlw '4'
    movwf PORTD
    call run
    return

;*****;
;Subrutina de inicialización del lcd
;*****;
ini_lcd ; return; /*
bcf PORTC,e ;E=0(lcd inhabilitado E=0)
bcf PORTA,rs ;RS=0(modos de instrucciones)
;INICIO DE LA SECUENCIA DE RESET DEL CRISTAL
call dem_5ms ;demora de power up
movlw 0x38
movwf PORTD
call pulse ;enable
call dem_40us
;fin de secuencia de reset del cristal
;*****
;Function set inst
;*****
;modo de transferencia de datos 8 bits
;display en 2 lineas
;matriz de 5x7 puntos
movlw 0x38 ;function set = 38h
movwf PORTD
call pulse ;pulso de luz en "E"
call dem_40us ;demora de 40us
;*****
;Display on/off control
;*****
;display on
;cursor on

```

```

;cursor parpadea
movlw 0x0C ;display on/off control = 0Ch
movwf PORTD
call pulse ;pulso de luz en "E"
call dem_40us
;*****
;Entry mode set inst
;*****
;La posición del cursor se incrementa (direcciones de la DD RAM)
;No desplazarse el dato
movlw 0x06 ;entry mode set=6
movwf PORTD
call pulse ;pulso de luz en "E"
call dem_40us
;*****
;Display clear
;*****
;Limpia la RAM de display y pone el cursor en la posición cero
movlw 1 ;display clear = 1
movwf PORTD
call pulse ;pulso de luz en "E"
call dem_1640us
;*****
;ram a la 80
;*****-----
movlw 0x80
movwf PORTD
call pulse
call dem_40us
bsf PORTA,rs
return
;-----
;Subrutina de habilitación del LCD (pulso en enable)
;-----
pulse bcf PORTC,e
bsf PORTC,e ;E=1
nop
nop
nop
nop ;demora de 1us
bcf PORTC,e ;E=0
return
;-----
;Chdir: subrutina que establece una dirección inicial de escritura
;-----
chdir bcf PORTA,rs ;modo comandos
movwf PORTD ;la dirección viene en el acumulador
call pulse
call dem_40us
bsf PORTA,rs ;modo dato
return
;*****
*****

;-----
;Demora de 1640us
;-----
dem_1640us movlw d'46'
movwf M0 ;parametro a cargar en contadores
movlw d'1'
movwf M ;parametro a cargar en contadores
call demora ;demora de 5ms
return
;-----

```

```

;Demora de 40us
;-----
dem_40us movlw d'7'
        movwf M0 ;parametro a cargar en contadores
        movlw d'1'
        movwf M ;parametro a cargar en contadores
        call demora ;demora de 47us
        return
;//////////////////////////////////////////////////////////////////
;-----
;Demora de 1s
;-----
dem_1s movlw d'120'
       movwf M0 ;parametro a cargar en contadores
       movlw d'100'
       movwf M ;parametro a cargar en contadores
       call demora ;demora de 47us
       return
;-----
;Demora de 5ms
;-----
dem_5ms movlw d'37'
        movwf M0 ;parametro a cargar en contadores
        movlw d'10'
        movwf M ;parametro a cargar en contadores
        call demora ;demora de 131ms
        return
;-----
;Demora de 131ms
;-----
t_hold movlw d'5'
        movwf M0 ;parametro a cargar en contadores
        movlw d'1'
        movwf M ;parametro a cargar en contadores
        call demora ;demora general
        return
;//////////////////////////////////////////////////////////////////
;-----
;Demora parametrica de tiempos (general)
;-----
demora ; return ;*/*/*/*/*/ Debe de borrarse para grabar
        movf M0,w
        movwf CONT1
        movwf CONT2
        movf M,w
        movwf CONT3
loop decfsz CONT1
     goto loop
     movf M0,w
     movwf CONT1
     decfsz CONT2
     goto loop
     movf M0,w
     movwf CONT2
     decfsz CONT3
     goto loop
     return
;-----
;Write: subrutina que escribe cualquier cartel
;-----
write clrf ch_cont ;contador de caracteres del cartel
;que se esta sacando
next_char movf index,w ;indexo

```


Fig. 3.8 Esquema del motor acelerado.

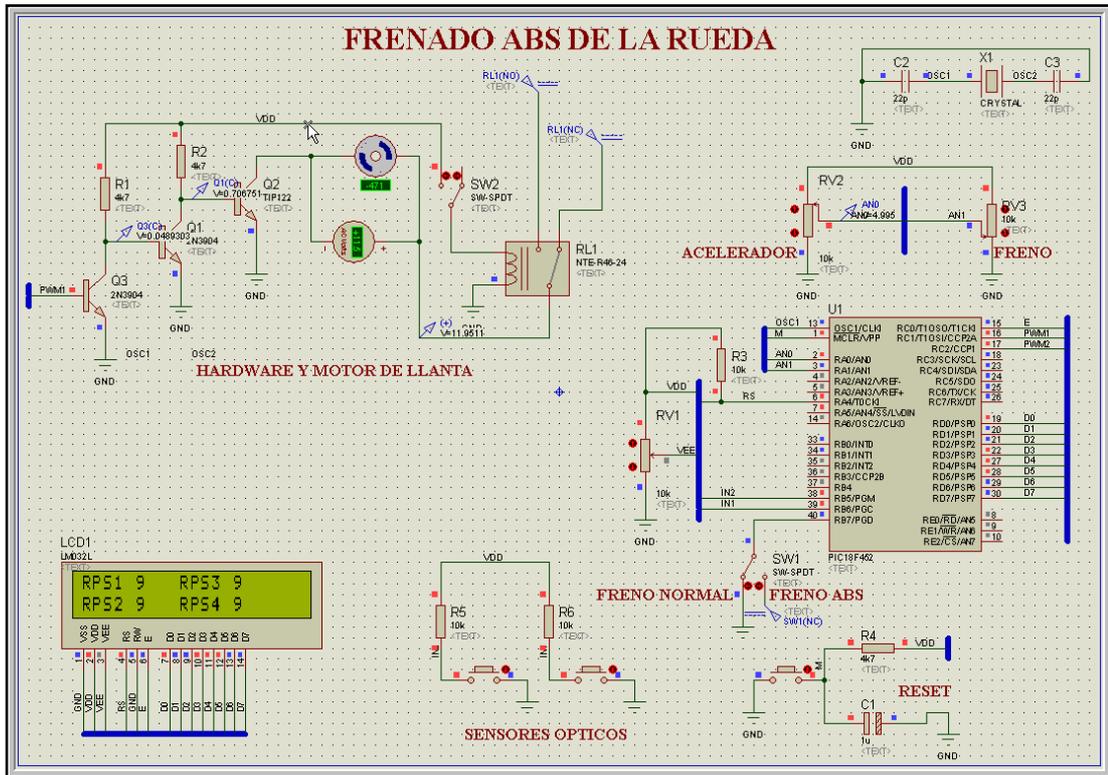
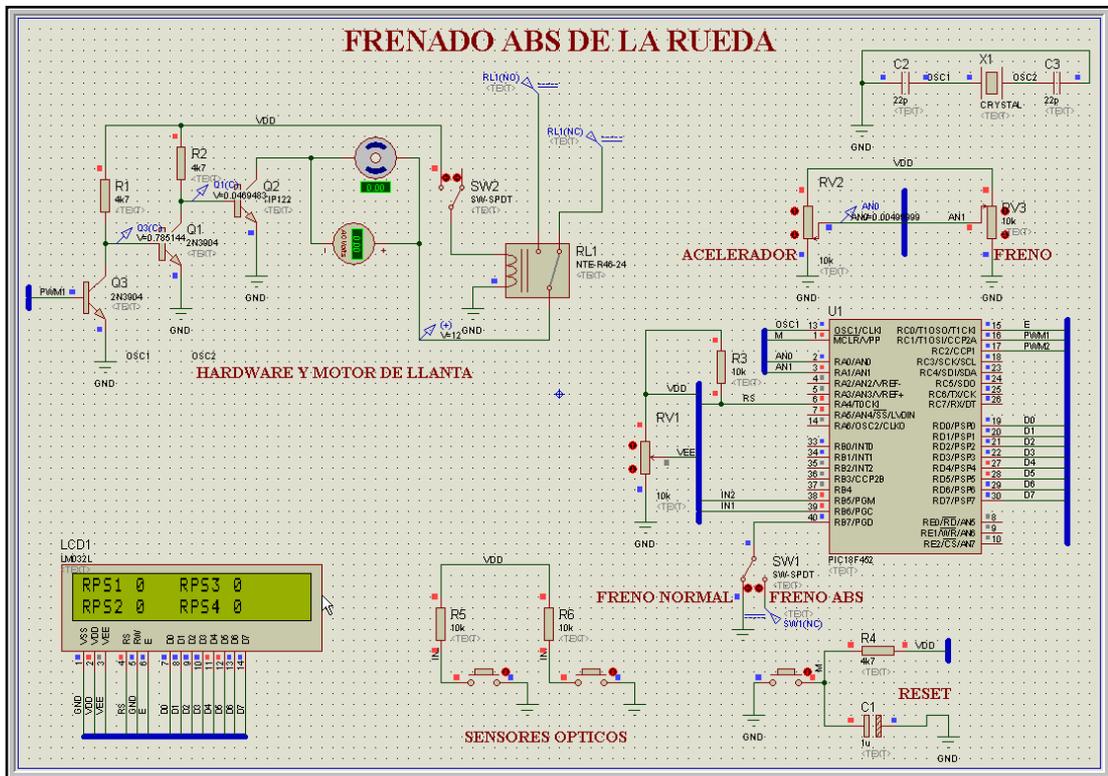


Fig. 3.9 Esquema del motor en pleno frenado normal



CONCLUSIONES

- Después del estudio y las investigaciones realizadas sobre el funcionamiento básico del sistema de frenos ABS, se obtuvo los conocimientos necesarios para la elaboración de la maqueta que simula dicho sistema, con lo cual se cumple con el objetivo principal de la monografía.
- Por los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera e investigaciones realizadas se logró la construcción del hardware del proyecto, el mismo que fue diseñado en diferentes tarjetas electrónicas para brindar mayores prestaciones, comodidad en su implementación en la maqueta y fácil mantenimiento de las mismas.
- Luego de realizado el sistema de control se concluye que el proyecto está basado en un sistema básico de frenos ABS de un vehículo real, por lo que los resultados obtenidos se asemejan pero no son iguales por ser una simulación en un vehículo de juguete.
- Al realizar el montaje y las pruebas de funcionamiento se obtuvo un comportamiento en el cual se logra imitar las características de un frenado ABS básico.
- Cabe acotar que el proyecto es una aplicación electrónica de un sistema que en la realidad está conformado por partes electrónicas, hidráulicas y mecánicas por lo que para fines didácticos e ilustrativos se ha cumplido satisfactoriamente con lo planteado.

RECOMENDACIONES

- En el proyecto realizado no se puede utilizar motores de paso a paso en vista de que estos no brindan la velocidad requerida aunque poseen un gran torque pero no se puede observar el frenado ABS, por lo que se optó por la utilización de motores de corriente continua a través del modulo PWM.
- En la realización del hardware primero se debe contar con todos los componentes que se requieren para realizar sus respectivas huellas de ensamblaje para posteriormente rutear el mismo.
- Es muy importante para cualquier proyecto a realizar, desarrollar primero el hardware para posteriormente elaborar el sistema de control ya que se pueden hacer sus respectivas pruebas.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias Bibliográficas:

BOSCH. Robert. “Manual de la técnica del automóvil”. Alemania. Reverté. 1999. 896 pág. Veintidós Edición.

BOSCH. Robert. “Sistemas de freno convencionales y electrónicos”. Alemania. Reverté. 2003. 134 pág. Tercera Edición.

BOYLESTAD. R. “Electronic Devices and Circuit Theory”. Alemania. Prentice Hall Internacional Edition. 1996. 145 pág. Cuarta Edición.

CORRALES. Santiago. “Electrónica práctica con microcontroladores PIC ” Ecuador. Imprenta Gráfica. 2006. 179 pág. Primera Edición.

HAMBLEY. A. “Electrónica”. USA. 2001. 325 pág. Quinta Edición.

GERSCHLER. Hellmut. “Tecnología del automóvil”. Alemania. Reverté. 1985. 194 pág. Edición Veinte.

GRAY. P. “Principios de Electrónica”. Alemania. Reverté. 1973. 200 pág. Tercera Edición.

MALVINO. A. “Principios de Electrónica”. USA. McGraw – Hill. 2000. 184 pág. Décima Edición.

REYES. Carlos. “Microcontroladores PIC Programación en Basic”. Ecuador. Rispergraf. 2006. 211 pag. Segunda Edición.

TOCCI. Ronald. “Sistemas Digitales”. México. Pearson Educación. 1996. 833 pág. Sexta Edición.

Referencias Electrónicas:

www.datasheetcatalog.com

www.mecanicavirtual.org

www.microchip.com

www.nteinc.com