



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE ENFRIAMIENTO PARA
LOS DISCOS DE FRENO EN UN VEHÍCULO
CHEVROLET VITARA 3 PUERTAS”**

**GAIBOR GARCÍA ROQUE FERNANDO
NÚÑEZ TORRES ANDRÉS VLADIMIR**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA- ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-06-11

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ROQUE FERNANDO GAIBOR GARCÍA

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
ELECTRÓNICO DE ENFRIAMIENTO PARA LOS DISCOS DE FRENO EN UN
VEHÍCULO CHEVROLET VITARA 3 PUERTAS”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Raúl Cabrera Escobar
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Alexandra Pazmiño Armijos
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ROQUE FERNANDO GAIBOR GARCÍA

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE ENFRIAMIENTO PARA LOS DISCOS DE FRENO EN UN VEHÍCULO CHEVROLET VITARA 3 PUERTAS”

Fecha de Examinación: 2014-05-27

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar Guambo PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Raúl Cabrera Escobar DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Alexandra Pazmiño Armijos ASESORA			

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

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Jorge Paucar Guambo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-06-11

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ANDRÉS VLADIMIR NÚÑEZ TORRES

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
ELECTRÓNICO DE ENFRIAMIENTO PARA LOS DISCOS DE FRENO EN UN
VEHÍCULO CHEVROLET VITARA 3 PUERTAS”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Raúl Cabrera Escobar
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Alexandra Pazmiño Armijos
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ANDRÉS VLADIMIR NÚÑEZ TORRES

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE ENFRIAMIENTO PARA LOS DISCOS DE FRENO EN UN VEHÍCULO CHEVROLET VITARA 3 PUERTAS”

Fecha de Examinación: 2014-05-27

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jorge Paucar Guambo PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Raúl Cabrera Escobar DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Alexandra Pazmiño Armijos ASESORA			

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

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Jorge Paucar Guambo
Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

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

Roque Fernando Gaibor García

Andrés Vladimir Núñez Torres

DEDICATORIA

A Dios por darme toda la fortaleza para seguir adelante cumpliendo mis metas, a mi familia por darme el apoyo y la comprensión para realizar uno de mis sueños, ser profesional. A mis padres que me enrumbaron por el camino de la sabiduría y sembraron en mí los más preciados valores que dignifican al hombre.

Fernando Gaibor García

La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general.

Andrés Núñez Torres

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y salud.

A mis Padres Roque y Marcia, a mis hermanos Mauricio y Paulina por siempre brindarme el apoyo necesario, moral y económico en cualquier circunstancia, por estar siempre a mi lado y por haber siempre inculcado en mis valores de superación y que todo en la vida tiene un esfuerzo pero nada es imposible

A la Escuela Politécnica del Chimborazo por acogerme en su templo de la sabiduría y formadora de generaciones.

A todos los profesores que nos impartieron sus conocimientos y experiencias; al director y asesora de mi trabajo de graduación, Ingeniero Raúl Cabrera e Ingeniera Alexandra Pazmiño

Fernando Gaibor García

A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Andrés Núñez Torres

CONTENIDO

	Pág.
1.	INTRODUCCIÓN
1.1	Antecedentes..... - 1 -
1.2	Justificación - 2 -
1.3	Objetivos - 2 -
1.3.1	<i>Objetivo general</i> - 2 -
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i> 2
2.	TIPOS DE FRENOS DEL VEHÍCULO, PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y COMPONENTES
2.1	Proceso de frenado..... 3
2.2	Tipos de freno de un vehículo 4
2.2.1	<i>Frenos mecánicos</i> 4
2.2.2	<i>Frenos hidráulicos</i> 4
2.2.3	<i>Frenos de estacionamiento</i> 4
2.3	Sistema de frenos hidráulico 5
2.3.1	<i>Sistema de freno de tambor</i> 5
2.3.2	<i>Componentes del sistema de freno de tambor</i> 5
2.3.2.1	<i>Bomba de freno</i> 5
2.3.2.2	<i>Servo asistencia</i> 5
2.3.2.3	<i>Líquido de frenos</i> 6
2.3.2.4	<i>Tuberías y latiguillos</i> 7
2.3.2.5	<i>Tambor</i> 7
2.3.2.6	<i>Zapatas</i> 8
2.3.2.7	<i>Bombín de freno</i> 8
2.3.3	<i>Tipos de freno de tambor</i> 9
2.3.3.1	<i>Freno de tambor simplex</i> 9
2.3.3.2	<i>Freno de tambor dúplex</i> 9
2.3.3.3	<i>Freno de tambor twinplex</i> 9
2.3.3.4	<i>Freno de tambor dúo-servo</i> 9
2.3.4	<i>Fallas y averías</i> - 10 -
2.3.5	<i>Trabajos y mantenimientos</i> - 10 -
2.4	Frenos de disco - 10 -
2.4.1	<i>Componentes del sistema</i> - 11 -
2.4.1.1	<i>Pastillas de freno</i> - 11 -
2.4.1.2	<i>Pinza de freno</i> - 12 -
2.5.1.3	<i>Actuador hidráulico</i> - 13 -
2.4.1.5	<i>Disco de freno</i> - 14 -
2.4.3	<i>Trabajos y mantenimientos</i> - 16 -
2.5	Frenos de estacionamiento 16
2.5.1	<i>Tipos de freno de estacionamiento</i> 17
2.5.1.1	<i>Freno de estacionamiento mecánico por palanca y cables</i> 17
2.5.1.2	<i>Freno de estacionamiento neumático</i> 17
2.5.1.3	<i>Freno de estacionamiento eléctrico-electrónico con cable</i> 17
2.6	Sistemas de frenos electrónicos ABS EBD Y BAS 18
2.6.1	<i>Sistema de freno antibloqueo (ABS)</i> 18
2.6.2	<i>Distribución de la fuerza del frenado electrónicamente (EBD)</i> 18
2.6.3	<i>Asistencia al frenado de emergencia (BAS)</i> 18
2.7	Problemas en los sistemas de freno de disco fading y judder 19
2.7.1	<i>Fading</i> 19
2.7.2	<i>Judder</i> 19
2.7.2.1	<i>Cold judder</i> 19
2.7.2.2	<i>Hot judder</i> 19
2.8	Análisis dinámico del sistema de frenos..... 19
2.8.1	<i>Fuerza de frenado</i> 19
2.8.2	<i>Resistencia a la rodadura y coeficiente de resistencia a la rodadura</i> - 20 -
2.8.3	<i>Fuerza de frenado en el pedal</i> - 22 -

2.8.4	<i>Tiempo de frenado</i>	- 23 -
2.8.5	<i>Desaceleración de frenado</i>	- 24 -
2.8.6	<i>Distancia de frenado</i>	- 26 -
2.8.7	<i>Transferencia de calor en los frenos</i>	27
2.8.8	<i>Mecanismos de transferencia de calor</i>	28
2.9	Análisis térmico del sistema de frenos.....	28
2.9.1	<i>Energía disipada en los discos de freno</i>	28
2.9.2	<i>Potencia disipada por el sistema de frenos</i>	30
2.9.3	<i>Cálculo térmico en discos de freno</i>	- 31 -
2.9.4	<i>Enfriamiento de Newton</i>	32
2.10	<i>Tipos de convección que afectan al disco</i>	34
3.	SELECCIÓN DE COMPONENTES, DISEÑO Y MODELACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN	
3.1	Introducción.....	35
3.2	Estudio de los componentes para ventilación de discos de freno.....	35
3.2.1	<i>Estimación del disco de freno</i>	35
3.2.2	<i>Estudio de ductos, y elementos encargados de la dirección de aire</i>	36
3.3	Estudio de los elementos de diseño para el control de la temperatura.....	39
3.4	Diseño del sistema de ventilación.....	45
3.4.2	<i>Cálculo de presión dinámica presente en la tubería</i>	50
3.5	Estudio y rediseño del sistema de tuberías.....	50
3.5.1	<i>Cálculo de la aleta de rotación (obturador)</i>	58
3.6	Selección del ventilador.....	60
3.6.1.1	<i>Características principales</i>	60
3.6.2	<i>Despiece del sistema vista tridimensional</i>	- 62 -
3.7	Diseño electrónico del circuito.....	- 62 -
3.8	Diseño de circuito principal y control de temperatura MLX90614.....	66
3.9	Diseño del circuito de potencia de activación de aletas de obturación.....	71
3.10	Simulación del sistema.....	73
3.10.1	<i>Simulación del sistema de tuberías</i>	- 73 -
4.	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN Y CONTROL ELECTRÓNICO	
4.1	Introducción.....	84
4.2	Construcción a partir del diseño de ventilación de los discos de freno.....	84
4.2.1	<i>Construcción del circuito de tuberías y el alojamiento del ventilador</i>	84
4.3	Implementación del sistema mecánico en el vehículo.....	88
4.4	Implementación y montaje del circuito electrónico y de control.....	90
4.4.1	<i>Tarjetas de control del sistema</i>	94
4.4.1.1	<i>Circuito principal del control de temperatura</i>	94
4.4.1.2	<i>Circuito de interfaz de potencia</i>	95
4.4.1.3	<i>Botonera y funciones</i>	95
4.4.1.4	<i>Carcasa</i>	95
5.	PRUEBAS DE LOS ELEMENTOS DE SISTEMA Y SU FUNCIONAMIENTO	
5.1	Prueba de consumos de corriente de elementos de ventilación.....	96
5.2	Prueba estática de los discos.....	96
5.3	Pruebas en carretera.....	97
5.3.1	<i>Programación del circuito de control</i>	97
5.4	Pruebas de ruta.....	100
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.....	- 102 -
6.2	Recomendaciones.....	103

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

Pág.

1	Valores aproximados del coeficiente de resistencia a la rodadura para neumáticos...	20
2	Valores intermedios de coeficiente de adherencia entre neumático y carretera....	- 21 -1
3	Tiempos de frenado, velocidad vs ángulo de descenso	23
4	Variabilidad de la desaceleración dependiendo del ángulo de descenso.....	- 25 -5
5	Distancia de frenado a velocidades variables con ángulos de descenso.	- 27 -
6	Variación de potencia en función de velocidad y ángulo de descenso	- 30 -
7	Propiedades de componentes de freno (disco, tambor, pastilla y zapata).....	- 31 -
8	Temperatura vs tiempo, enfriamiento de Newton para el disco de freno.	- 33 -
9	Tabla de coeficiente de pérdida en campana.....	- 47 -
10	Velocidades centrifugas,axiales de los ventiladores en función de presión.....	- 61 -
11	Tabla de espesores de láminas de latón	- 84 -
12	Consumos de elementos eléctricos y electrónicos del sistema.	- 96 -
13	Valores de la prueba estática de enfriamiento del disco	- 96 -
14	Valores de la prueba dinámica de enfriamiento del disco.	- 98 -
15	Valores de prueba dinámica de enfriamiento, aletas de obturación.....	- 98 -
16	Valores de la prueba dinámica de enfriamiento, con ventilador encendido.	- 98 -
17	Valores de la prueba dinámica de enfriamiento, con ventilador apagado.....	- 99 -
18	Valores del primer recorrido de la prueba de ruta.	- 100 -
19	Valores del segundo recorrido de la prueba de ruta.....	- 101 -

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Diagrama del proceso de frenado.....	- 3 -
2	Bomba y depósito de líquido de freno.	- 5 -
3	Servofreno del automóvil	- 6 -
4	Líquidos de freno disponibles en el mercado.	- 6 -
5	Tuberías de freno.....	7
6	Tambores de freno.....	- 7 -
7	Zapatas de frenos.	8
8	Bombín de freno.....	8
9	Tambor de freno.....	- 9 -
10	Freno de tambor de freno duplex.....	- 9 -
11	Freno de disco	- 11 - 1
12	Pastillas de freno.....	- 11 -
13	Composición de una pastilla de freno.	- 12 -
14	Pinzas de cuatro pistones.....	- 13 -
15	Diagrama y funcionamiento de un actuador hidráulico.....	- 13 -
16	Latiguillo de líquido de frenos.	- 14 -
17	Disco de freno	- 14 -
18	Fallo en la pinza de freno.....	- 15 -
19	Freno de estacionamiento	- 16 -
20	Componentes del freno de estacionamiento	- 17 -
21	Freno de estacionamiento neumático.....	- 17 -
22	Freno de estacionamiento eléctrico	- 18 -
23	Mancha de cold Judder.....	- 19 -
24	Masa del vehículo real.	- 21 -
25	Resistencia aerodinámica.....	- 24 -
26	Dimensiones del disco de freno (exterior e interior)	- 33 -
27	Enfriamiento de Newton para el disco de freno, a temperatura ambiental.	- 34 -
28	Flujo que rodea al cilindro.	- 34 -
29	Dilatación térmica de un tambor de freno.....	- 35 -
30	Dilatación de un disco de freno.....	- 36 -
31	Aleta de dirección de aire.	- 37 -
32	Conducto de ventilación fórmula 1.....	- 37 -
33	Conducto flexible de aire.	- 38 -
34	Acople en el plato protector del disco.	- 38 -
35	Tubo flexible anillado.	- 39 -
36	Diagrama sensor de temperatura infrarrojo.....	- 40 -
38	Sensor de velocidad VSS Vitara.....	- 41 -
39	Diagrama, pines de conexiones micro procesador.....	- 42 -
40	Microprocesador.	- 42 -
41	Pantalla led LM044L.	- 43 -
42	Motor lineal.....	- 43 -
43	Módulo de control motores lineales	- 44 -
44	Electro ventilador radial.	- 44 -
45	Esquema de refrigeración para enfriamiento de los discos de freno.	- 45 -
46	Sección de la campana.....	- 45 -
47	Dimensión de la campana.	- 47 -
48	Coefficiente de pérdida en tubos acodados de 3 ,4 y 5 piezas.	- 49 -
49	Dimensiones del radio y diámetro	- 49 -
50	Ángulo de ataque del Chevrolet Vitara instalado las tuberías de ventilación.....	- 51 -
51	Dimensiones del ángulo de ataque del vehículo Chevrolet Vitara.	- 52 -
52	Tubería y campana del sistema de ventilación.....	- 53 -
53	Reducción del ducto de ventilación.	- 54 -
54	Codo formado en la manguera flexible.....	- 56 -
55	Funcionamiento de la aleta de aire.....	- 58 -
56	Medidas de la aleta de accionamiento y el ducto de obturación	- 59 -
57	Cotas de la aleta	- 59 -

58	Acoplamiento del ventilador en los ductos	- 60 -
59	Características de un ventilador centrífugo, curvado hacia adelante.....	- 61 -
60	Sistema de ventilación incluido ductos y mangueras	- 62 -
61	Software utilizado en los circuitos.....	- 63 -3
62	Quemador de micro procesadores	- 63 -
63	Diagrama de flujo de la programación	- 67 -
65	Circuito principal de control electrónico.....	- 68 -8
66	Pines de conexión microprocesador.....	- 68 -
67	Diagrama principal (conexión reset)	- 69 -
68	Diagrama principal (conexión cristal 16MHz)	- 69 -
69	Diagrama principal (conexión electroventiladores, aletas de obturación)	- 70 -
70	Diagrama principal (conexión sensor de temperatura MLX90614).....	- 70 -
71	Diagrama principal (conexión sensor de velocidad).....	- 71 -
72	Diagrama principal (conexión botones)	- 71 -
73	Circuito de potencia de activación	- 72 -
74	Sistema de ventilación de los discos de freno.....	- 73 -
75	Tuberías de ventilación, nodos.....	- 74 -
76	Tuberías de ventilación, flujo de aire de entrada.....	- 75 -
78	Tuberías de ventilación, designación de tuberías	- 76 -
79	Tuberías de ventilación, designación de tuberías.....	- 77 -
82	Tuberías de ventilación, campana de entrada.....	- 77 -
83	Tuberías de ventilación, sistema principal.....	- 78 -
84	Tuberías de ventilación, tipo de fluido	- 78 -
86	Tuberías de ventilación, ventana para cálculos.....	- 79 -
88	Tuberías de ventilación, circuito principal.....	- 80 -
89	Datos del fluido del sistema de ventilación.....	- 81 -
90	Resultados del sistema principal de ventilación.....	- 81 -
91	Resultados de los nodos del sistema principal de ventilación.....	- 81 -
92	Resultados de energía utilizada del sistema principal de ventilación.....	- 81 -1
93	Tuberías de ventilación, circuito secundario.....	- 82 -2
94	Datos del fluido del sistema secundario de ventilación.....	- 82 -2
95	Resultados del sistema secundario de ventilación.....	- 83 -3
96	Resultados de los nodos del sistema secundario de ventilación	- 83 -3
97	Resultados de energía utilizada del sistema secundario de ventilación.....	- 83 -3
98	Piezas de latón que conforman los ductos	- 85 -5
99	Piezas laterales de los ductos.....	86
100	Ensamblado de las partes de los ductos de ventilación.....	- 85 -
101	Ensamble de las caracolas donde van alojados los ventiladores	- 86 -
102	Reducción de la tubería para incrementar velocidad	- 86 -
103	Unión del ventilador y su alojamiento al ducto de ventilación	- 86 -
104	Pulido y amolado para quitar desperfectos de los elementos	- 87 -
105	Construcción de la reducción de tubería.....	- 87 -
106	Acoples para mangueras en los discos de freno.....	- 88 -
107	Instalación de componentes en los ducos de ventilación.....	- 88 -
109	Instalación de mangueras en el ducto, hacia los discos de freno	- 89 -
110	Batería del vehículo 12V, 45A	- 90 -
111	Fuente de alimentación dentro del vehículo	- 91 -
112	Módulo de control de potencia.....	- 91 -1
113	Cableado del sistema	- 92 -
114	Placa sensor de temperatura.....	- 92 -2
115	Switch de activación del sistema	- 93 -
116	Consola de control del sistema.....	- 93 -
117	Circuito principal de control de temperatura	- 94 -
118	Circuito de interfaz de potencia de accionamiento de los electroventiladores	- 95 -
119	Carcasa.....	- 95 -
120	Temperatura del disco, inicio del primer recorrido ,segunda prueba de ruta.....	- 100 -
121	Temperatura del disco, al final del primer recorrido de la prueba de ruta.....	- 101 -

SIMBOLOGÍA

A	Amperios	
V	Voltaje	
∂	Deceleración	$\frac{m}{s^2}$
Ff	Fuerza de frenado	N
kg	Kilogramo.	
Fpedal	Fuerza en el pedal	N
t_{v1-v2}	Tiempo de frenado	S
L_{v1-v2}	Distancia de frenado	M
nf	Eficiencia de frenado	%
Ef	Energía de frenado	Joule
H	Potencia de frenado	Watts
ΔT	Rendimiento térmico	°C

LISTA DE ABREVIACIONES

ABS	Sistema Anti Bloqueo
EBD	Sistema de Distribución de Presión
BAS	Servo Freno de Emergencia
EFS	Sistema de Fácil Ajuste
EPROM	Memoria Solo de Lectura Programable y Borrable
LCD	Pantalla de Cristal Líquido
LED	Diodo Emisor de Luz
APS	Sensor que Detecta la Luz
PWM	Modulación Ancho de Pulso
PIC	Circuito Integrado Programable
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio
VCA	Voltaje de Corriente Alterna
VCD	Voltaje de Corriente Directa
ECU	Unidad Electrónica de Control

LISTA DE ANEXOS

- A** Propiedad del aire a la presión de 1 atm
- B** Correlaciones empíricas para el número de Nusselt
- C** Número de Nusselt y factor de fricción para el flujo laminar
- D** Diagrama de Moddy factor de fricción
- E** Tablas de coeficientes de pérdidas en accesorios
- F** Diagramas de pérdida por rozamiento del aire en conductos
- G** Pérdidas de carga en conductos laterales
- H** Diámetros equivalentes para conductos rectangulares
- I** Características de las placas del circuito electrónico
- J** Planos de diseño de circuitos electrónicos
- K** Programación del sistema
- L** Simulación del sistema

RESUMEN

Se ha diseñado y construido un sistema electrónico para el enfriamiento de los frenos de disco del vehículo Chevrolet Vitara 3 puertas, con la finalidad de mantener la temperatura del frenado en su rango ideal de acuerdo a las condiciones de funcionamiento, precautelar la seguridad del conductor y sus ocupantes, y alargar la vida útil del automotor.

El sistema nos permite direccionar el aire del exterior y artificialmente hacia el disco de freno mediante ductos de ventilación, así como un control electrónico que es capaz de analizar y controlar los parámetros de temperatura en las ruedas, realizando comparaciones entre las señales que proporcionan, el sensor de temperatura que envía datos reales de la temperatura en grados del disco de freno, el sensor de velocidad que nos da la rapidez del vehículo instantánea realizando una comparación entre estas señales que nos permite producir, que entren en funcionamiento elementos encargados de abrir paso a la ventilación natural del exterior como son las aletas de obturación, y componentes que generan ventilación artificial como los electroventiladores, de acuerdo a la programación establecida en el módulo de control, dentro de un proceso de cálculos matemáticos, para la obtención de parámetros que permitieron construir los circuitos y placas electrónicas así como los ductos de ventilación del sistema.

Con la implementación del sistema obtenemos el 100% de eficiencia de enfriamiento para mantener la temperatura óptima de funcionamiento de los discos de freno y el alargamiento de vida útil de sus elementos de frenado, ya que las pérdidas de presión en el sistema son de tan solo el 1% en los ductos de conducción de flujo de aire, verificando que los elementos que constituyen el sistema son los correctos y que el sistema es accesible para cualquier vehículo que lleve consigo un sistema de frenos de disco.

ABSTRACT

An electronic system for the cooling of disc brakes of vehicle Chevrolet Vitara 3 doors has been designed and built, in order to maintain the temperature of the braking in its ideal range according to working conditions, to safeguard the safety of the driver and his passengers, and extend the lifespan of the car.

The system allows addressing artificially the outdoor air towards the brake through air ducts, as well as an electronic control that is capable of analyzing and controlling the temperature parameters in the tires, by doing comparisons between the signals that provide, the temperature sensor that sends real data of the temperature of brake disc in degrees, the speed sensor that gives the instantaneous speed of the vehicle by doing a comparison between the signals that allow producing, that it begins their operation elements that are in charge of marking way for natural ventilation from outside such, according to established programming in the control module, within a process of mathematical calculations for obtaining parameters that allowed building circuits and electronic boards as well as the system vents.

It was obtain 100% of cooling efficiency for maintaining the optimal operating temperature of the brake discs and the lifespan of its braking components with the implementation of system, since the loss of pressure in the system is only 1 % in the ducts of the airflow, by verifying that the elements of the system are correct and the system is accesible for any vehicle that has a disc brake system.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El automóvil desde que fue creado se vio en la necesidad de utilizar un sistema de seguridad activa como son los frenos, este sistema ha ido evolucionando de una manera significativa que ahora en la actualidad los vehículos constan de sistemas muy desarrollados lo que les permite ser más veloces y confiables.

En esta investigación se da un estudio profundo y se exponen uno de los elementos de seguridad del automóvil, como es el sistema de frenos y una mejora significativa que brinda la posibilidad de optimizar su uso y de sus componentes del sistema.

Para controlar toda la cantidad de movimiento que tiene un automóvil rodando a ciertas velocidades, si queremos detenerlo, tendremos que oponer un esfuerzo resistente que sea capaz de transformar toda esa energía de movimiento hasta conseguir su detención, y una forma correcta es transformarla la energía del movimiento “Energía cinética”, en calor, haciendo que dos superficies colocadas específicamente puedan estar en contacto.

En esta investigación se analiza el calor que se produce entre los elementos de fricción al momento de frenar y la disipación de calor para poder obtener la eficiencia del sistema, tomando en cuenta la estructura, diseño construcción, y calidad de los materiales que conforman los elementos de utilizados en este estudio.

A partir de todos los resultados conseguidos del estudio del sistema de frenos del Chevrolet Vitara se obtuvo una eficiencia y aplicando este dispositivo de ventilación se obtiene una ganancia de la misma, para afirmar esta propuesta se ha realizado pruebas de comparación con y sin el sistema que se ha diseñado y además se comprueba el sistema mediante simulaciones mediante un software que garantizan todos los resultados por obtener, y la comprobación de los niveles de temperatura obtenidas en el disco de freno en las ruedas, mediante un pirómetro (pistola de temperatura infrarroja), que nos permite visualizar los datos en grados centígrados.

1.2 Justificación

Los sistemas de seguridad sistema de frenos del vehículo han evolucionado con el transcurso del tiempo creando sistemas más eficaces que permiten realizar conducciones mucho más confiables y veloces, un vehículo en condiciones de diseño correctas permite brindar la seguridad de manejo necesaria, pero un sistema que no esté dentro de los parámetros establecidos o un conductor que no de una buena utilización de este sistema está muy propenso a diversos ocasiones de peligro.

En este caso analizado el sistema de frenos del vehículo teniendo como resultado que el uso excesivo y en pendientes muy pronunciadas, como la topografía de nuestro país no es uniforme y existen vías de pendientes pronunciadas, este sistema pierde su confiabilidad y deja propensa la ocasión de ocurrir un accidente o fallo.

En esta investigación se exponen y se estudian uno de los elementos de seguridad del automóvil, como es el sistema de frenos y una mejora adicional al mismo para mejorar su uso controlar la temperatura óptima de funcionamiento y por ende mantener en condiciones estables el sistema y evitar accidentes.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar, construir e implementar un sistema electrónico de enfriamiento para los discos de freno en un vehículo Chevrolet Vitara 3 puertas.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Estudiar los principios básicos tipos y funcionamiento de los frenos del vehículo.

Analizar las alternativas aplicables de ventilación de discos de frenos.

Diseñar y simular el circuito electrónico que controle los parámetros requeridos para el sistema de ventilación.

Ensamblar tanto los componentes mecánicos como electrónicos que conforman el sistema.

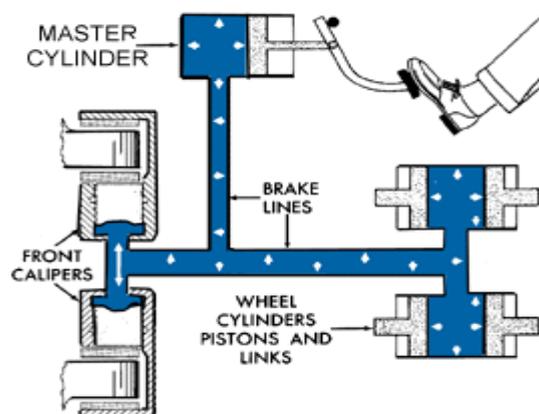
CAPÍTULO II

2. TIPOS DE FRENOS DEL VEHÍCULO, PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y COMPONENTES

2.1 Proceso de frenado

Un vehículo en movimiento dispone de una energía cinética o trabajo que es equivalente a la fuerza de impulsión por la velocidad media del desplazamiento. Este automóvil sufre una aceleración negativa o desaceleración cuando se aplica una fuerza igual y de sentido contrario a la fuerza que produce movimiento. Es decir, se debe aplicar una fuerza de frenado que anule a la fuerza de impulsión. El efecto de frenado consiste en transformar la energía cinética producida por el vehículo movimiento en calor producido por el rozamiento entre los elementos mecánicos de los frenos. La fuerza de frenado tiene el mismo valor que la fuerza de adherencia o rozamiento y por lo tanto se calculará mediante el producto entre el peso que gravita sobre una rueda y el coeficiente de adherencia entre esta y el suelo, y tiene sentido contrario a la fuerza de impulsión. Como la fuerza de impulsión se determina por la resistencia que oponen las ruedas a su desplazamiento, la fuerza de frenado que hay que aplicar para detener el vehículo está también en función de la resistencia obtenida en los neumáticos. (monografias.com, 2013)

Figura 1. Diagrama del proceso de frenado



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos72/sistema-frenos-hidraulicos/image001.jpg>

2.1.1 *El frenado y sus etapas.* El frenado comienza cuando se acciona el mando o pedal y termina en el momento que los frenos dejan de actuar, comprendiendo las siguientes fases principales:

- Respuesta inmediata del sistema de freno. El cual se inicia desde el momento que el conductor pisa el pedal del freno hasta que las ruedas se bloquean trascurriendo un tiempo conocido como "tiempo de respuesta del sistema de frenos".
- Bloqueo de ruedas anterior a la aparición de las huellas en el pavimento. Para que se alcance la temperatura óptima del caucho, es necesario que la rueda circule bloqueada durante un determinado espacio.

2.2 Tipos de freno de un vehículo

Dentro de un vehículo encontramos tres tipos de sistema de frenos según su accionamiento:

2.2.1 *Frenos mecánicos.* Caracterizado porque al momento de presionar el freno con la fuerza de tu pie, un cable transmitía la fuerza para tratar de frenar el vehículo, estos tipos de frenos dejaron de ser funcionales cuando la potencia de los motores empezó a desarrollarse, porque debido a las altas velocidades que empezaron a desarrollar los vehículos se requería de un gran esfuerzo físico para lograr frenar un auto, por lo tanto este sistema de frenado quedo totalmente obsoleto y se evoluciono hacia los frenos hidráulicos, pues con un esfuerzo mucho menor se logra una potencia de frenado mucho mayor.

2.2.2 *Frenos hidráulicos.* El sistema de frenos hidráulicos consta de dos tipos de sistemas: sistema hidráulico y materiales de fricción. En el sistema hidráulico cuando presionas el freno de tu vehículo un cilindro conocido como cilindro maestro, que va colocado en el motor, se encarga de impulsar hidráulicamente el líquido de frenos por toda la tubería, hasta llegar a los frenos colocados en las llantas y lograr frenar el vehículo

2.2.3 *Frenos de estacionamiento.* El freno de mano o freno de estacionamiento es un sistema que inmoviliza el vehículo cuando está parado, ya sea manual

o [automáticamente](#). También está disponible para parar el vehículo en caso de fallo del [freno de servicio](#) (función de emergencia). En la inmensa mayoría de los vehículos ligeros se acciona con la mano y mediante un cable acciona las ruedas traseras.

2.3 Sistema de frenos hidráulico

El sistema de frenos accionado hidráulicamente se divide en dos:

- Sistema de freno de tambor
- Sistema de freno de disco

2.3.1 *Sistema de freno de tambor.* El freno de tambor se caracteriza que la [fricción](#) se causa por un par de [zapatas](#) que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o la rueda.

2.3.2 Componentes del sistema de freno de tambor

2.3.2.1 *Bomba de freno.* La bomba de freno está montada delante del servofreno, ésta transforma la fuerza mecánica que se aplica en el pedal en fuerza hidráulica, el movimiento de estos pistones genera la presión en el circuito.

Figura 2. Bomba y depósito de líquido de freno



Fuente: <http://montandomimoto.files.wordpress.com/>

2.3.2.2 *Servo asistencia.* Es el elemento que se utiliza para ayudar al conductor en la acción de frenado. La acción del servofreno multiplica la fuerza ejercida por el conductor

sobre el pedal, con el objetivo de mejorar la frenada. El servofreno se fue implantando en todos los vehículos a medida que estos ganaban en peso y potencia y velocidad.

Figura 3. Servofreno del automóvil



Fuente: http://motores.com.py/foro/index.php?attachments/18307952_1-jpg.339301/

2.3.2.3 Líquido de frenos. Es el fluido de color variable según el tipo y de olor fuerte que tiene como objetivo la de transmitir la presión hidráulica desde la bomba hasta los actuadores. Está repartido por el circuito sin que exista presencia de aire en ninguna de las zonas, y debe cumplir las siguientes propiedades.

Figura 4. Líquidos de freno disponibles en el mercado



Fuente: http://blobel.cl/img_noticias/9185.jpg

- Temperatura de ebullición alta.
- Temperatura de congelación baja.
- No debe provocar daño a los materiales con los que está en contacto.
- No debe tener variaciones de viscosidad importantes con los cambios de temperatura.
- Debe tener una durabilidad moderada, normalmente se recomienda cambiarlo cada año o 50000 km.

2.3.2.4 Tuberías y latiguillos. Las tuberías y los latiguillos son los encargados de conducir el líquido de frenos desde la bomba o cilindro principal hasta la entrada en los cilindros.

Las tuberías o conductos de freno normalmente son tubos de acero recubiertos de una capa exterior de polímero para resistir la corrosión, y abarcan todo el recorrido desde la salida de la bomba hasta las proximidades de cada rueda.

Figura 5. Tuberías de freno



Fuente: <http://fotos01.autofacil.es/2011/11/18.jpg>

2.3.2.5 Tambor. El tambor es la pieza que constituye la parte giratoria del freno y que recibe la casi totalidad del calor desarrollado en el proceso de frenado.

Se fabrica comúnmente de fundición gris perlítica con grafito esférico, material que se ha impuesto por su elevada resistencia al desgaste.

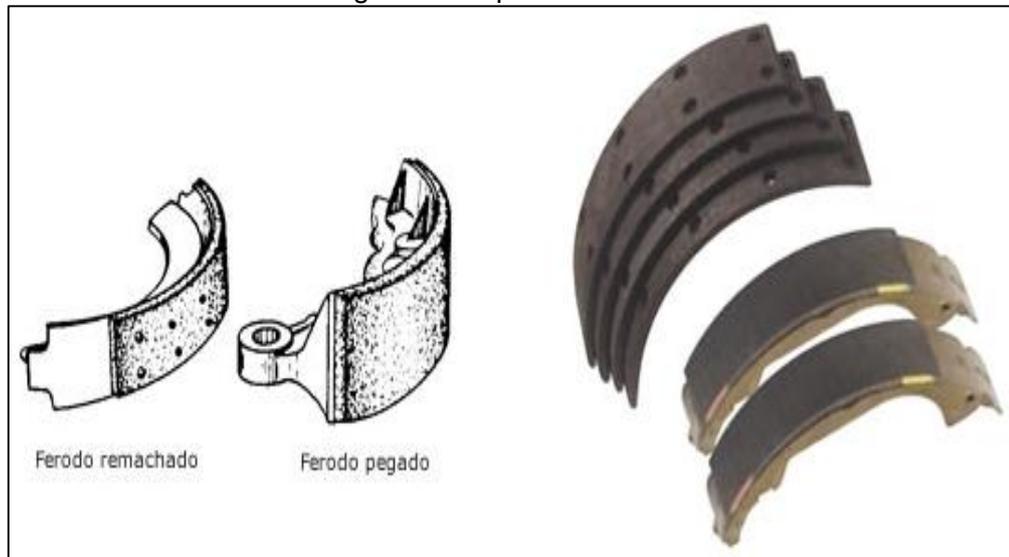
Figura 6. Tambores de freno



Fuente: <http://www.mecatech.com/photos/GH27900.jpg>

2.3.2.6 Zapatas. Tiene una forma de media luna construida generalmente de acero o hierro y aleaciones, recubierta por un material llamada ferodo en ciertas ocasiones con ferodo y partículas de cerámica.

Figura 7. Zapatas de frenos



Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/imagenes/frenos/zapata.jpg>

2.3.2.7 Bombín de freno. Conocido también como cilindro maestro, se desplazan un pistón por cada lado y éstos empujan a las zapatas contra el tambor, cuando se aplica una fuerza sobre el pedal de freno.

Figura 8. Bombín de freno



Fuente: <http://www.cardediimport.es/files/4821-28497-imagen/18E19.gif>

2.3.3 Tipos de freno de tambor. De acuerdo a la forma de acoplamiento de las zapatas al tambor para ejercer la fuerza de frenado, los frenos de tambor se clasifican en los siguientes tipos:

2.3.3.1 Freno de tambor simplex. En este tipo las zapatas van montadas en el plato, fijas por un lado al soporte de articulación y accionadas por medio de un solo bombín de doble pistón. Este tipo de frenos es de los más utilizados sobre todo en las ruedas traseras de los vehículos.

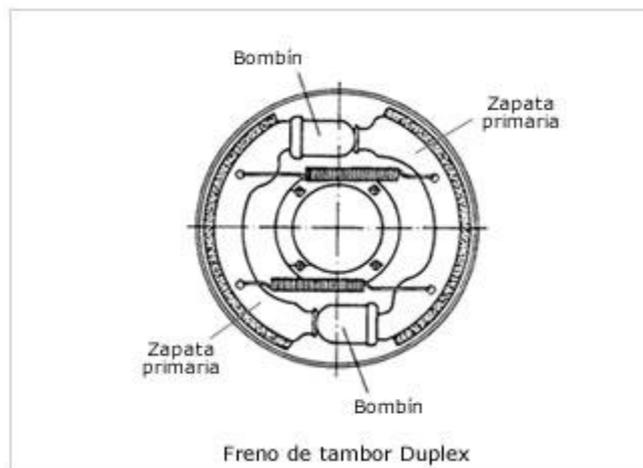
Figura 9. Tambor de freno simplex



Fuente: www.proyectoagrega.es

2.3.3.2 Freno de tambor dúplex. En este freno, y con el fin de obtener una mayor fuerza de frenado, se caracteriza porque las zapatas en forma que ambas resulten primarias. Para esto se acopla un doble bombín de pistón único e independiente para cada zapata, los cuales reparten por igual las presiones en ambos lados del tambor.

Figura 10. Freno de tambor dúplex



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

2.3.4 *Fallas y averías*

- Ralladuras internas en el tambor
- Balatas desgastadas o trizadas
- Resortes dañados o estirados
- Ajustador de frenos dañado
- Cilindro de rueda con fugas
- Cable de freno obstruido o dañado

2.3.5 *Trabajos y mantenimientos.* En el trabajo de mantenimiento preventivo se puede realizar usando agua y jabón o solvente.

1. Preparar un recipiente con agua y jabón
2. Con una brocha impregnar esta solución en todo el freno de motor hasta eliminar toda la suciedad.
3. Enjuagar con agua limpia el freno.
4. Lavar con agua y jabón el tambor.
5. Enjuagar con agua limpia el tambor.
6. Limpiar con solvente
7. Rociar el solvente sobre las balatas.
8. Rociar el solvente sobre el cilindro de rueda.
9. Rociar el solvente en cada uno de los resortes.
10. Rociar el solvente en el ajustador.
11. Rociar el solvente en el tambor.
12. Eliminar lo cristalizado del tambor usando una lija del número 320.
13. Eliminar lo cristalizado de la balata usando una lija del número 320. (Wikipedia, 2013)

2.4 Frenos de disco

El freno de disco es un sistema de frenado normalmente para ruedas de vehículos, en el cual una parte móvil (el disco) solidario con la rueda que gira es sometido al rozamiento de unas superficies de alto coeficiente de fricción (las pastillas) que ejercen sobre ellos una fuerza suficiente como para transformar toda o parte de la energía cinética del vehículo en movimiento, en calor, hasta detenerlo o reducir su velocidad, según sea el caso.

Figura 11. Frenos de disco



Fuente: [http://_es.wikipedia.org/](http://es.wikipedia.org/)

Principales características

- Se calientan menos que los de tambor porque el disco va flotando y se mantiene mejor ventilado.
- Se logra una frenada mucho más potente.

2.4.1 Componentes del sistema. El freno de disco está formado por un disco que se une al buje de la rueda o forma parte de él, girando con la rueda y constituyendo el elemento móvil de frenado, una mordaza sujeta al puente o mangueta en cuyo interior se forman los cilindros por los que se desplazan los pistones

2.4.1.1 Pastillas de freno. Estos elementos son los que están en contacto con el disco de freno mediante fricción para disminuir la velocidad, poseen una superficie metálica que soporta al forro y es el apoyo en la pinza.

Figura 12. Pastillas de freno



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

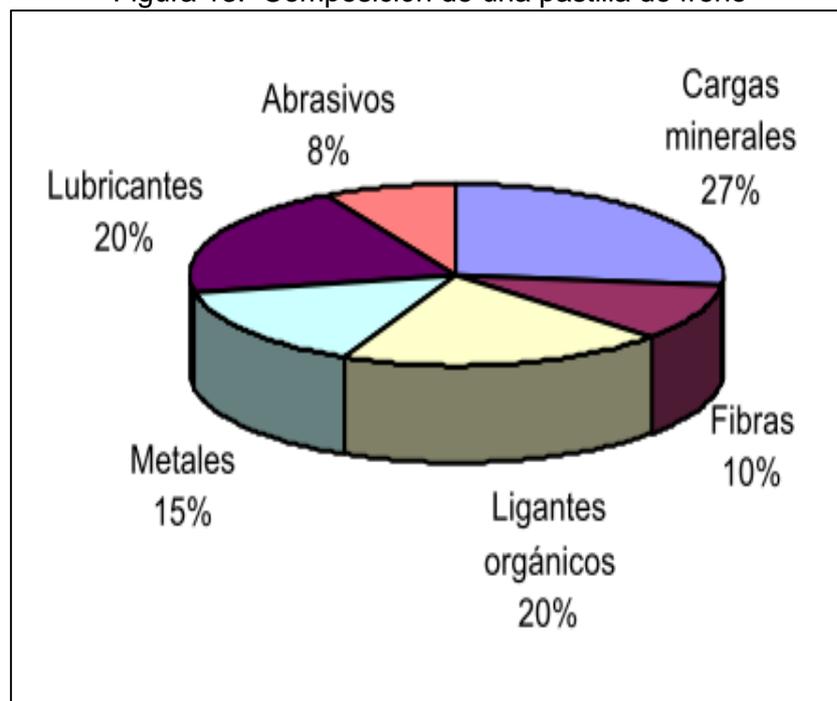
Las cargas minerales. Son las que le dan resistencia mecánica a la pastilla, aporta resistencia a la abrasión, cortadura, altas temperaturas.

Componentes metálicos. Homogenizan el coeficiente de fricción así como la transferencia de calor de la pastilla a la mordaza, los más usuales son: latón, cobre bronce entre otros.

Los materiales orgánicos. Agrupan el resto de los materiales, fluyen y atan el resto de componentes y lo polimerizan cuando alcanzan una determinada temperatura, las más elementales son: las resinas fenólicas, termo endurecibles, cauchos, ceras aceites.

Los abrasivos. Incrementan el coeficiente de fricción también limpian el disco de freno formando lo que se llama la tercera capa.

Figura 13. Composición de una pastilla de freno



Fuente: <http://www.roadhouse.es>

2.4.1.2 Pinza de freno. Están diseñadas para que hagan de soporte para las pastillas de freno, además de contener a los actuadores hidráulicos de modo que empujen las pastillas contra el disco de freno, esta pieza está sometida a grandes cargas de esfuerzos durante el frenado, como vibraciones, temperaturas elevadas, y factores que afecten su uso óptimo.

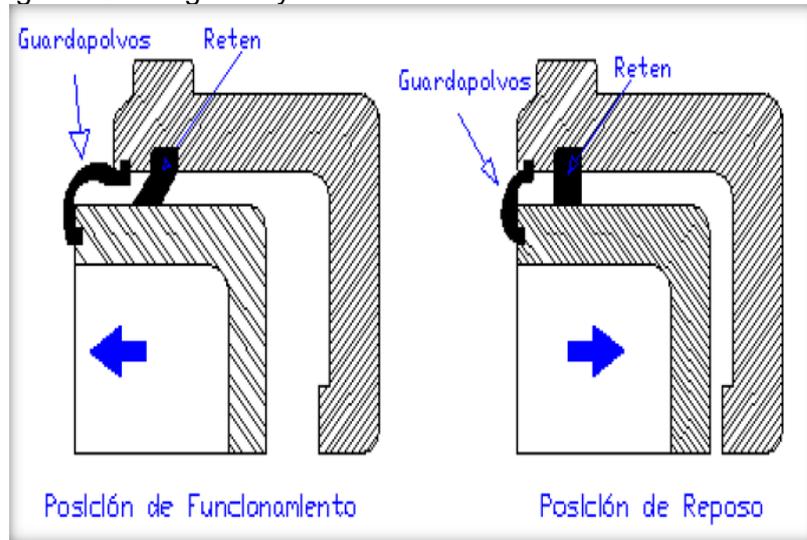
Figura 14. Pinzas de cuatro pistones



Fuente: www.mercadoracing.org

2.4.1.3 Actuator hidráulico. La función que esta cumple es de desplazar el pistón sobre la balata o pastilla de freno, y por ende esta contra el disco produciendo así el frenado

Figura 15. Diagrama y funcionamiento de un actuador hidráulico

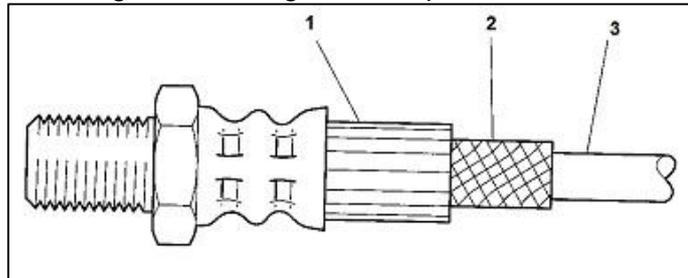


Fuente: <http://www.roadhouse.es>

2.4.1.4 Tuberías y latiguillos. Las tuberías y los latiguillos son los encargados de conducir el líquido de frenos desde la bomba o cilindro principal hasta la entrada en el "caliper" o mordaza de freno a los cilindros, estas cañerías deben ser de un material adecuado que permita mantener la temperatura del líquido higroscópico, así como la temperatura de ebullición del mismo.

Las tuberías o conductos de freno normalmente son tubos de acero recubiertos de una capa exterior de polímero para resistir la corrosión, y abarcan todo el recorrido desde la salida de la bomba hasta las proximidades de cada rueda.

Figura 16. Latiguillo de líquido de frenos



Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn74.html>: fig 10

2.4.1.5 Disco de freno. Principal elemento del freno de disco. Es solidario a la rueda y soporta la acción de frenado que la pinza ejerce sobre sus superficies. Su diámetro y espesor varían según las prestaciones requeridas y tipo de vehículo. Así mismo también son variables su estructura, su composición metálica, aleaciones, su posición a lo largo de los ejes y los sistemas de acoplamiento a las ruedas del vehículo.

Figura 17. Disco de freno



Fuente: <http://grupasa.es/portal/index.php/consejos/frenos>

2.4.2 Fallas y Averías

Averías en los discos

- El alabeado se produce por un sobrecalentamiento de la superficie de frenado que provoca una deformación en el disco. Esto provoca vibraciones en la frenada y una disminución en la potencia de frenado. El alabeado puede ser prevenido con

una conducción menos exigente con los frenos, aprovechando el freno motor con un uso inteligente de la caja de cambios para reducir la carga del freno de servicio.

- La rotura está en todos los tipos de discos, en los que pueden aparecer grietas entre los agujeros (para los ventilados y súper-ventilados), y grietas en la superficie de fricción que tiene el disco.
- El rayado es producido cuando las pastillas de freno no están bien instaladas o son de material más duro que el material proveniente de los discos, esto al frenar provoca un rayado en el cual hace que el disco, en la superficie de fricción se deforme. La solución para este problema es el rectificado de ambos discos.
- El disco se cristaliza cuando, al momento de frenar, el material de fricción del disco con las pastillas genera una mayor temperatura. Para este daño hay que reemplazar el disco de freno por uno nuevo. Sin embargo esta peligrosa práctica puede dejar al vehículo sin frenos, ya que puede causar el "desvanecimiento" de éstos.

Averías en todo el sistema

- El coche tiende a irse de atrás: puede que pierda líquido de frenos, el bombín está agarrotado o falla la bomba del servofreno.
- El coche tira a la derecha al frenar: revisar el desgaste de las pastillas del lado izquierdo. Si está desgastada la pastilla exterior, las correderas están agarrotadas. Si es la interior la desgastada, es el pistón el que falla.

Figura 18. Fallo en la pinza de freno



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net>

- El coche tira a la izquierda al frenar: revisar el desgaste de las pastillas del lado derecho. Si está desgastada la pastilla exterior, las correderas están agarrotadas. Si es la interior la desgastada, es el pistón el que está atascado.
- Los frenos retiemblan: para saber si son los delanteros, en movimiento pisamos el pedal ligeramente, subiendo y bajando.

2.4.3 Trabajos y mantenimientos. Para tener un adecuado mantenimiento en frenos de disco se requiere de:

1. Realizar periódicamente la revisión de las balatas para comprobar que no estén muy desgastadas.
2. Revisar que se cuente con la cantidad adecuada de líquido de frenos.
3. Comprobar que los discos se encuentren en buen estado.
4. Mantener las tuberías del líquido de frenos libres de aire.
(Aficionadosalamecanica, 2012)

2.5 Frenos de estacionamiento

Los que sirven para mantener el automóvil detenido cuando no está en movimiento o cuando se deja solo aparcado. Este sistema aplica una fuerza de frenado fija y suficientemente elevada como para bloquear la rueda. Normalmente en los vehículos ligeros se acciona a través de un pedal o con el uso de una palanca que se aplica manualmente.

Figura 19. Freno de estacionamiento

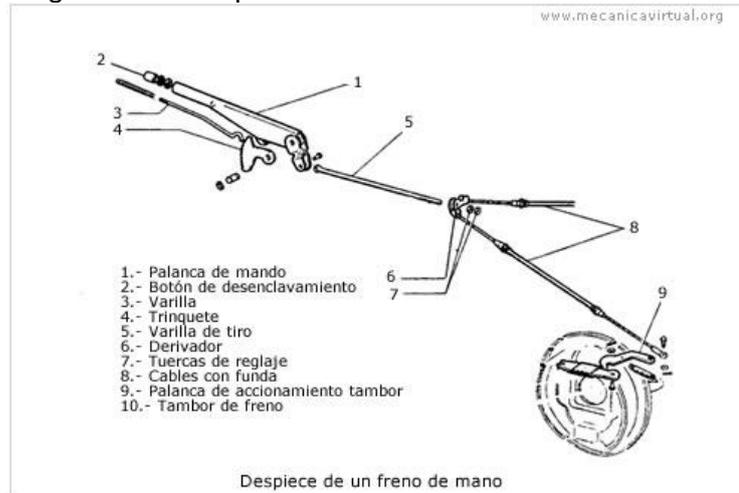


Fuente: <http://es.wikipedia.org>

2.5.1 Tipos de freno de estacionamiento

2.5.1.1 Freno de estacionamiento mecánico por palanca y cables. El accionamiento del freno de estacionamiento es por medio de una palanca con trinquete, y al tirar de ella se tensan los cables que accionan los frenos de rueda.

Figura 20. Componentes de freno de estacionamiento



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

2.5.1.2 Freno de estacionamiento neumático. Este tipo de frenos los utilizan los camiones y los vehículos de rally por ejemplo, el accionamiento de los frenos es a través de una válvula de tres posiciones.

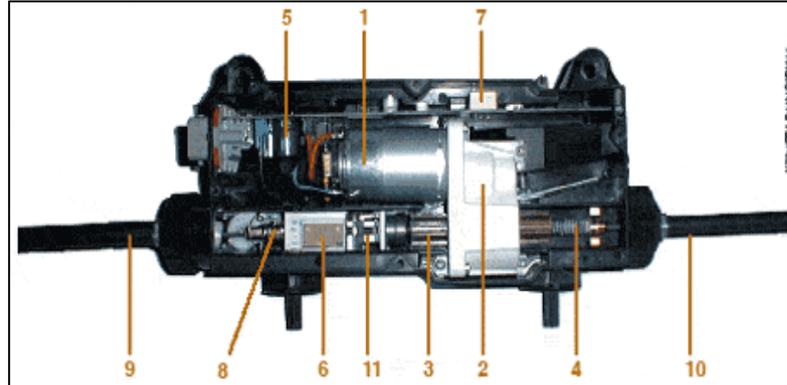
Figura 21. Freno de estacionamiento neumático



Fuente: <http://img145.imageshack.us/img145/3092/vlvulafrenodemano.gif>

2.5.1.3 Freno de estacionamiento eléctrico-electrónico con cable. Este sistema supone una mejora en el confort y la seguridad, puesto que la gestión electrónica permite la activación automática del freno de estacionamiento.

Figura 22. Freno de estacionamiento eléctrico



Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

2.6 Sistemas de frenos electrónicos ABS EBD Y BAS

2.6.1 *Sistema de freno antibloqueo.* Cuando se produce una frenada de emergencia, este sistema busca evitar que las ruedas se bloqueen y el vehículo se deslice sin control y no reacciones a los movimientos del volante. Para que esto no ocurra, los sensores envían una señal al módulo de control del sistema ABS, el cual reduce la presión realizada sobre los frenos, sin que intervenga en ello el conductor. Cuando la situación se ha normalizado y las ruedas giran de nuevo correctamente y la presión sobre los frenos vuelve a actuar con toda la intensidad.

2.6.2 *Distribución de la fuerza del frenado electrónicamente (EBD).* La función de este dispositivo es repartir la fuerza del frenado entre las ruedas delanteras y traseras para lograr una eficiente detención del vehículo. El sistema calcula si el reparto es adecuado a partir de los mismos sensores que el ABS. Ambos sistemas en conjunto actúan mejor que el ABS en solitario, ya que éste último regula la fuerza de frenado de cada rueda según si ésta se está bloqueando, mientras que el reparto electrónico reparte la fuerza de frenado entre los ejes, ayudando a que el freno de una rueda no se sobrecargue y el de otra quede infrutilizado.

2.6.3 *Asistencia al frenado de emergencia (BAS).* Este sistema interpreta cuándo se produce una frenada de emergencia y aplica al sistema de frenos la máxima potencia aunque el conductor no lo esté haciendo. Para interpretar cuándo se produce un frenada de emergencia, el BAS mide la velocidad con la que se suelta el acelerador y se pisa el freno, además de la presión con la que este movimiento se hace. En ese momento el BAS aplica una presión máxima y constante a los frenos hasta la detención total del vehículo. Siempre funciona combinado con el ABS. (conduciendo, 2013)

2.7 Problemas en los sistemas de freno de disco Fading y Judder

2.7.1 Fading. El **fading** es la **pérdida de eficacia de los frenos** ante una utilización abusiva de ellos. Suele aparecer tras someter a los frenos a un uso prolongado y se produce porque el sistema de frenado no es capaz de desalojar el calor provocado por la fricción de los componentes del freno.

2.7.2 Judder. Son vibraciones que se producen en el sistema de freno y esto es susceptible al sentido del conductor.

2.7.2.1 Cold Judder. Son vibraciones ocasionadas por fallas de mecanizado o problemas de ensamblaje, provocando una deformación del disco. Las vibraciones de puede sentir en el volante o frenos. (ingemecanico, 2013)

Figura 23. Mancha de Cold Judder



Fuente: Autores

2.8 Análisis dinámico del sistema de frenos

2.8.1 Fuerza de frenado. Aparicio Izquierdo indica que las fuerzas de frenado son las que se desarrollan en la superficie de contacto neumático-carretera, estas fuerzas se ven limitados por factores como: el uno el impuesto por la adherencia, y el otro por el mismo sistema de frenos instalado en el vehículo, este último es el crítico ya que si dicha fuerza rebasa el límite de adherencia neumático-calzada se puede llegar al bloqueo de las ruedas. La fuerza de frenado total, para alcanzar una desaceleración es:

$$F_f = P_x \left[\frac{a}{g} - F_r \right] \quad (1)$$

Dónde:

Ff: Fuerza de frenado, en (N).

P: Peso del vehículo, en (N).

a: Desaceleración, en (m/s²).

g: Aceleración gravitatoria, en (m/s²).

Fr: Coeficiente de resistencia a la rodadura (adimensional).

2.8.2 Resistencia a la rodadura y coeficiente de resistencia a la rodadura. Se denomina a la fuerza contraria al avance del neumático en dirección longitudinal, esta fuerza contraria es aplicada en la zona de contacto neumático-calzada, y la relación de esta fuerza con la carga normal P aplicada verticalmente en la superficie de rodadura, se denomina coeficiente de resistencia a la rodadura *Fr*. Cuya expresión viene dada por la siguiente fórmula:

$$R_r = F_r \times P \quad (2)$$

$$F_r = 0,01 \left(1 + \frac{v}{160} \right)$$

Dónde:

Rr: Resistencia a la rodadura, en (N).

V: Es la velocidad del vehículo, en (m/s).

A continuación se presenta una tabla de valores del coeficiente de resistencia a la rodadura.

Tabla 1. Valores aproximados del coeficiente de resistencia a la rodadura para neumáticos

Tipo de vehículo	Superficie		
	Hormigón o asfalto	Dureza media	Arena
TURISMOS	0,015	0,08	0,30
CAMIONES	0,012	0,06	0,025
TRACTORES	0,02	0,04	0,20

Fuente: IZQUIERDO Aparicio. Teoría de los Automóviles

Se opta por tomar 0.015 como valor constante de para vehículos turismo que circula por una superficie de asfalto o carreteras de hormigón.

Sabemos también que la desaceleración del vehículo es:

$$\alpha_{\max} = \frac{p \times \mu}{\frac{p}{g}} = \mu \times g \quad (3)$$

$$\frac{a}{g} = \mu$$

Dónde:

α_{\max} : Es la desaceleración máxima de frenado, en (m/s²).

p: Es el peso del vehículo, en (N).

μ : Es el coeficiente de adherencia entre neumático calzada (adimensional)

g: Es la aceleración gravitatoria, en (m/s²).

Entonces la ecuación queda de la siguiente manera:

$$F_f = p \times [\mu - Fr] \quad (4)$$

Tabla 2. Valores intermedios de coeficiente de adherencia entre neumático y superficie de contacto

SUPERFICIE	VALOR MAX(μ)	VALOR DE DESLIZAMIENTO ID (μ)
Asfalto y hormigón secos	0,8-0,9	0,75
Asfalto mojado	0,5-0,7	0,45-0,6
Hormigón mojado	0,8	0,7
Grava	0,6	0,55
Tierra seca	0,68	0,65
Tierra húmeda	0,55	0,4-0,5
Nieve dura	0,2	0,1

Fuente: IZQUIERDO Aparicio. Teoría de los Automóviles.

Figura 24. Masa del vehículo real



Fuente: Autores

Conociendo los valores de los coeficientes, masa del vehículo que es de 1090 kg, y también las fórmulas de los parámetros que intervienen en la fuerza de frenado, calculamos:

$$F_f = p \times [\mu - Fr] = m \times g \times [\mu - Fr]$$

$$F_f = 1090 \text{kg} \times 9,8 \text{ m/sg}^2 \times [0,8 - 0,015]$$

$$F_f = 8385,37 \text{ N}$$

Se puede decir que la fuerza de frenado de un sistema de frenos, de un vehículo que circula sobre una superficie seca de hormigón o asfalto, con una masa de 1090 kg y con coeficiente de resistencia a la rodadura de 0,015 es de 8385,37 N.

2.8.3 Fuerza de frenado en el pedal. Se calcula la fuerza de frenado, procedemos a obtener la fuerza ejercida en el pedal, tomando en consideración parámetros, de forma general para todos los vehículos que se encuentran dentro esta gama, el torque del pedal duplica la fuerza ejercida sobre el pedal a 4,5 veces la fuerza inicial que se aplica al momento de pisar el freno, el servofreno aumenta 8,5 veces la fuerza que sale del torque del pedal y el cilindro maestro aumenta cinco veces la fuerza del servofreno, entonces, la ecuación queda de la siguiente forma:

$$F_{\text{pedal}} = \frac{F_f}{F_p \times F_s \times F_c} \quad (5)$$

Dónde:

F_{pedal} : Es la fuerza en el pedal, en (N).

F_f : Fuerza de frenado, en (N).

F_p : Fuerza del torque del pedal, en (N).

F_s : Fuerza producido por el servofreno, en (N).

F_c : Fuerza en el cilindro maestro, en (N).

Calculados los valores procedemos a calcular la fuerza en el pedal, la cual va a ser la fuerza que el conductor aplique para detener el vehículo.

$$F_{\text{pedal}} = \frac{830085,37\text{N}}{4,5 * 8,5 * 5}$$

$$F_{\text{pedal}} = 43,89\text{N}$$

2.8.4 Tiempo de frenado. El tiempo de frenado es el tiempo que tarda un vehículo en desacelerar entre dos velocidades al actuar sobre el pedal de freno esta es:

$$t_{v1-v2} = m * \gamma f * \frac{1}{F_f + m * g * \text{sen}\theta + m * x * g * Fr} * (v1 - v2) \quad (6)$$

En donde la expresión $m * g * \text{sen}\theta = R_g$ es la resistencia gravitatoria θ , es el ángulo de descenso en este caso el ángulo es negativo R_g y también, por lo que dicha resistencia se vuelve una fuerza propulsora, en caso de ascenso el ángulo es positivo R_g y también lo es, aquí esta resistencia se opone al movimiento y es una fuerza opositora, γf = factor de masas rotativas que es igual a 1,05. A continuación se presenta una tabla de tiempos de frenado entre dos velocidades, en función de la pendiente y de la velocidad.

Tabla 3. Tiempos de frenado, velocidad vs ángulo de descenso

Intervalo de velocidad	Km/h	m/s	Tf $\theta=0$	Tf $\theta=5=5$	Tf $\theta=10\theta=10$	Tf $\theta=15=15$	Tf $\theta=20=20$
V1-V2 (90-85)Km/h	5	1,3889	0,1860098	0,2047527	0,23762639	0,2750908	0,3251511 1
V1-V2 (90-80)Km/h	10	2,7778	0,3720196	0,4095054	0,47525278	0,5501813	0,6503022 2
V1-V2 (90-75)Km/h	15	4,1667	0,5580295	0,6142581	0,71287917	0,8252745	0,9754533 3
V1-V2 (90-70)Km/h	20	5,5556	0,7440393	0,8190108	0,95050556	1,100327	1,3006044 4
V1-V2 (90-65)Km/h	25	6,9445	0,9300491	1,0237635	1,18813195	1,3755408	1,6257555 5
V1-V2 (90-60)Km/h	30	8,3334	1,11605	1,2285162	1,42575834	1,6505449	1,9509066 6
V1-V2 (90-55)Km/h	35	9,7223	1,3020688	1,4332689	1,66338473	1,9256357	2,2760577 7
V1-V2 (90-50)Km/h	40	11,111	1,4880786	1,638021	1,90101112	2,2007264	2,6012088 8
V1-V2 (90-45)Km/h	45	12,500	1,6740885	1,8427744	2,13863751	2,4758175	2,9263599 9
V1-V2 (90-40)Km/h	50	13,889	1,8600983	2,0475271	2,3762639	2,7509017	3,2515111
V1-V2 (90-35)Km/h	55	15,277	2,0461081	2,2522798	2,61389029	3,0259989	3,5766622 1
V1-V2 (90-30)Km/h	60	16,666	2,2321180	2,4570325	2,85151669	3,301089	3,9018133 3
V1-V2 (90-0)Km/h	90	25	3,3481502	3,6855193	4,27724081	4,9515950	5,8526731 7
TIEMPO TOTAL (s)	480		17,856917	19,656230	22,8120993	26,408678	31,214459 8

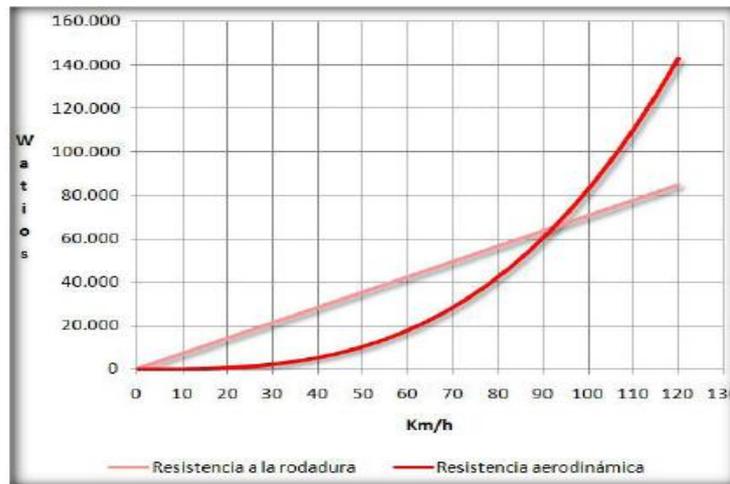
Fuente: Autores

Se puede apreciar que los tiempo de frenada aumentan con la velocidad y el ángulo, aquí no se considera los tiempos de reacción del conductor, que es el tiempo que surge

desde que existe una circunstancia imprevista hasta que el conductor actúa sobre el pedal de freno.

A más de estos tiempos en la ecuación de tiempo de frenado, no se toma en consideración las acciones aerodinámicas, ya que la resistencia aerodinámica hace a partir de más de 90 km/h sobre el vehículo.

Figura 25. Resistencia aerodinámica



Fuente: www.wikipedia/forocohe.com

La curva de resistencia aerodinámica y la curva de resistencia a la rodadura se intersecan a partir de los 90 km/h, a partir de esta velocidad la resistencia aerodinámica se vuelve una fuerza opositora al avance del vehículo.

Esta gráfica representa simplemente la velocidad a la cual la resistencia aerodinámica se opone al avance del mismo, la energía consumida por el motor varía de acuerdo al tipo de vehículo y sus prestaciones.

2.8.5 Desaceleración de frenado. Generalmente la desaceleración necesaria para lograr detener un vehículo en marcha sin tomar en consideración los efectos aerodinámicos del mismo esta viene expresada por la siguiente ecuación:

$$a = \frac{F_f + m * g * \text{sen}\theta + m * g * F_r}{m} \quad (7)$$

Si la velocidad del vehículo alcanza más de los 90 km/h la expresión anterior queda de la siguiente forma:

$$a = \frac{F_f + m * g * \text{sen}\theta + m * g * F_r + 0,5 * \rho * C_x * A_f * V^2}{m}$$

Dónde:

a: Desaceleración de frenado, en (m/s²).

ρ : Es la densidad del aire, en (kg/m³).

C_x: Es el coeficiente de resistencia aerodinámico del vehículo (adimensional).

A_f: Es el área frontal del vehículo, en (m²).

A continuación se adjunta la Tabla de desaceleraciones en cada frenada. Sin considera las acciones aerodinámicas. Donde:

Tabla 4. Variabilidad de la desaceleración dependiendo del ángulo de descenso para la frenada

Intervalo de velocidad	Km/h	m/s	Tf $\theta=0$	Tf $\theta=5$	Tf $\theta=10$	Tf $\theta=15$	Tf $\theta=20$
V1-V2 (90-85)Km/h	5	1,388	-7,84154	-6,987472	-6,140262	-5,305302	-4,48994
V1-V2 (90-80)Km/h	10	2,777	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884
V1-V2 (90-75)Km/h	15	4,166	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884
V1-V2 (90-70)Km/h	20	5,555	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884
V1-V2 (90-65)Km/h	25	6,944	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884
V1-V2 (90-60)Km/h	30	8,333	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884
V1-V2 (90-55)Km/h	35	9,722	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884
V1-V2 (90-50)Km/h	40	11,11	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884
V1-V2 (90-45)Km/h	45	12,50	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884
V1-V2 (90-40)Km/h	50	13,88	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884
V1-V2 (90-35)Km/h	55	15,27	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884
V1-V2 (90-30)Km/h	60	16,66	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884
V1-V2 (90-0)Km/h	90	25	-7,84	-6,98593	-6,13872	-5,30376	-4,4884

Fuente: Autores

Se analiza que la desaceleración de frenado del vehículo en distintas velocidades en un mismo ángulo θ , es siempre la misma puesto que la fuerza de frenado en todas las pruebas permanece constante, y que es proporcional el aumento del ángulo de descenso.

Las desaceleraciones, ya que la resistencia gravitatoria va subiendo también que en este caso es una fuerza propulsora.

2.8.6 Distancia de frenado. Para calcular la distancia de frenado se toma en consideración la siguiente ecuación:

$$L_{v1-v2} = \frac{P * \gamma f}{2 * g * C} * \text{Ln} \left[\frac{Ff + P * \text{sen}(\theta) + P * Fr + C * V_1^1}{Ff + P * \text{sen}(\theta) + P * Fr + C * V_2^1} \right] \quad (8)$$

Dónde:

L_{v1-v2} : Es la distancia total de frenado recorrida entre dos velocidades, en (m).

$v1, v2$: Es la velocidad inicial y final en el frenado, en (m/s).

γf : Es el factor de masas equivalentes (adimensional).

Ff : Es la fuerza de frenado, en (N).

P : Es el peso del vehículo, en (N).

Fr : Es el coeficiente de resistencia a la rodadura (adimensional).

g : Es la gravedad, en (m/s²)

$$C = \frac{1}{2} C_x * A_f$$

Las acciones aerodinámicas no están tomadas en cuenta en el término se toma un valor de 1.

En los cálculos de distancia de frenado superiores a 90 km/h el término tiene un valor de 0.3 y un valor de 1.8 m² valores aproximados según la forma y tamaño del vehículo.

Y la distancia hasta parar el vehículo ($V_2=0$) es.

$$L_{v1-v2} = \frac{P * \gamma f}{2 * g * C} * \text{Ln} \left[1 + \frac{C * V_1^1}{n_f * \mu * P + P * \text{sen}(\theta) + P * Fr} \right]$$

Dónde:

n_f : Rendimiento de frenado que es igual a.

$$n_f = \frac{a_{\text{max}}}{\mu_{\text{max}} * g} \quad (9)$$

El valor de μ_{max} es de 0,8. Y la desaceleración máxima es la misma deceleración que el vehículo alcanza al frenar. En la ecuación de distancia de frenado se ha sustituido F_t por.

$$F_t = N_f * \mu * P$$

A continuación se presenta la tabla de distancia de frenado para distintas velocidades y ángulos de descenso.

Tabla 5. Distancia de frenado a velocidades variables con ángulos de descenso

PENDIENTE	Vel	0°	5°	10°	15°	20°
V1(m/s)	V2(m/s)	L(m)	L(m)	L(m)	L(m)	L(m)
25	23,61111111	4,27183221	4,35091882	4,493887823	4,7606323	4,8444601
25	22,22222222	8,53508042	8,69556773	8,98302131	9,5173114	9,684826699
25	20,83333333	12,7897791	13,0339648	13,46741051	14,270044	14,52110671
25	19,44444444	17,0359623	17,366128	17,94706544	19,018836	19,35330702
25	18,05555555	21,2736643	21,6920751	22,42199609	23,763695	24,18143452
25	16,66666666	25,5029187	26,0118241	26,89221241	28,504628	29,00549606
25	15,27777777	29,7237592	30,3253927	31,35772432	33,241639	33,82549848
25	13,88888888	33,9362192	34,6327984	35,81854172	37,974737	38,64144862
25	12,49999999	38,1403319	38,934059	40,27467446	42,703927	43,45335327
25	11,11111111	42,3361304	43,2291918	44,72613238	47,429216	48,26121923
25	9,72222221	46,5236474	47,5182144	49,17292527	52,150610	53,06505328
25	8,33333332	50,7029156	51,801144	53,61506289	56,868116	57,86486216
25	0	75,6071023	77,371734	80,17067125	85,091857	86,57956325
		406,379343	414,963013	429,3413259	455,29525	463,2816294

Fuente: Autores

Podemos darnos cuenta que es proporcional el aumento del valor de distancia de frenado y el ángulo de inclinación.

Así como la propia velocidad del vehículo, lo que era de suponerse puesto que la energía cinética cada vez es más creciente así como la resistencia gravitatoria que impulsa el vehículo. (IZQUIERDO, 2001)

2.8.7 *Transferencia de calor en los frenos.* Samuel Kreith nos dice que según la cantidad de transferencia de calor que experimenta un sistema de un estado a otro se llama termodinámica. La transferencia de calor estudia la velocidad con la que se da esta transmisión de calor.

2.8.8 *Mecanismos de transferencia de calor.* La transferencia de energía calorífica que se expresa como calor se produce desde un medio de temperatura más alto hacia otro con temperatura más baja, y dicha transferencia cesa cuando los dos medios igualan su temperatura.

2.9 Análisis térmico del sistema de frenos

Para la obtención del estudio del análisis térmico recurrimos a un punto de partida, el cual nos lleva a determinar la energía y potencia disipada en el proceso de frenado como primer paso.

Con el objeto de la seguridad, es necesario que consideremos que el sistema de frenos, además de detener el vehículo, a de frenar las inercias de las masas en rotación, que como vimos antes el coeficiente de masas rotativas es de 1.05

2.9.1 Energía disipada en los discos de freno. La disipación de energía por medio de los frenos, tendrá que ser igual a la energía cinética que poseen los automóviles al encontrarse en movimiento. La energía de frenado está dado por la siguiente ecuación:

$$E_f = \gamma_f * m * (v_1^2 - v_2^2)/2 \quad (10)$$

Dónde:

E_f : Es la energía a disipar por el sistema de frenos, en (J).

γ_f : Es el factor de masas equivalentes (adimensional).

m : Es la masa del vehículo, en (kg).

En seguida se calcula esta energía de frenado:

$$E_f = 1,05 * 1090\text{kg} * \left(\left(\frac{V_1}{s} \right)^2 - \left(\frac{V_2}{s} \right)^2 \right) / 2$$

$$E_f = 1,05 * 1090\text{kg} * \left(\left(\frac{25\text{m}}{s} \right)^2 - \left(\frac{0\text{m}}{s} \right)^2 \right) / 2$$

$$E_f = 357656,25\text{J}$$

La obtención de este resultado nos representa la energía total que se debe disipar por el sistema de frenos y es acorde a la energía cinética que lleva el vehículo a la velocidad de 90 km/ h. (KREITH, 2002)

Yanus Cengel indica que la masa de los ejes en el vehículo se reparte.

Proporcionalmente, delanteras y posteriores, el reparto de frenado en el vehículo el eje delantero es de 60 % y de 40 % en el eje trasero. Dejando a la vista que el eje delantero tiene mayor absorción de energía, entonces tendremos la siguiente de la siguiente manera la ecuación:

$$E_{\text{eje delantero}} = E_f * 0,6$$

$$E_{\text{eje delantero}} = 357656,25 * 0,6$$

$$E_{\text{eje delantero}} = 2141593,75 \text{ J}$$

Y como el eje delantero está comprendido por dos discos la energía se dividirá para dos.

$$E_{\text{disco}} = E_{\text{eje delantero}}/2$$

$$E_{\text{disco}} = 2141593,75 /2$$

$$E_{\text{disco}} = 107296,875 \text{ J}$$

Adicionalmente sabemos que el disco absorbe aproximadamente un 90% de la energía en la rueda delantera, y la pastilla de freno un 10%, esta relación está tomada en base a las masas de estos dos elementos, entonces la energía es:

$$E_{\text{disco}} = 107296,875 * \%_{\text{disco}}$$

$$E_{\text{disco}} = 107296,875 * 0,9$$

$$E_{\text{disco}} = 96567,1875 \text{ J}$$

2.9.2 Potencia disipada por el sistema de frenos. Para el presente desarrollo de cálculo se toma en consideración que el motor no actúa como freno. Por conocimiento general se sabe que en una frenada de emergencia no solo se acciona el freno, sino también el embrague ya que desarticula las masas de rotación de la transmisión. La potencia queda expresado en la siguiente ecuación:

$$H = (\gamma f * m * a + m * g * \text{sen}\theta) * V \quad (11)$$

A continuación se muestra la tabla de potencia disipada en el proceso de frenado en función de la desaceleración vs velocidad.

Tabla 6. Niveles de variación de potencia en función de velocidad y ángulo de descenso

Intervalo de velocidad	Km/h	m/s	a $\theta=0$	a $\theta=5$	a $\theta=10$	a $\theta=15$	a $\theta=20$
			-7,84154246	-6,98747246	-6,14026246	-5,30530246	-4,48994246
V1-V2 (90-85)km/h	5	1,3889	12462,433	12538,1909	12635,3447	12739,704	12764,9105
V1-V2 (90-80)km/h	10	2,7778	24924,8661	25076,3818	25270,6895	25479,408	25529,8209
V1-V2 (90-75)km/h	15	4,1667	37387,2991	37614,5727	37906,0342	38219,112	38294,7314
V1-V2 (90-70)km/h	20	5,5556	49849,7321	50152,7636	50541,379	50958,816	51059,6418
V1-V2 (90-65)km/h	25	6,9445	62312,1652	62690,9545	63176,7237	63698,52	63824,5523
V1-V2 (90-60)km/h	30	8,3334	74774,5982	75229,1455	75812,0685	76438,224	76589,4627
V1-V2 (90-55)km/h	35	9,7223	87237,0312	87767,3364	88447,4132	89177,928	89354,3732
V1-V2 (90-50)km/h	40	11,1112	99699,4643	100305,527	101082,758	101917,632	102119,284
V1-V2 (90-45)km/h	45	12,5001	112161,897	112843,718	113718,103	114657,336	114884,194
V1-V2 (90-40)km/h	50	13,889	124624,33	125381,909	126353,447	127397,04	127649,105
V1-V2 (90-35)km/h	55	15,2779	137086,763	137920,1	138988,792	140136,744	140414,015
V1-V2 (90-30)km/h	60	16,6668	149549,196	150458,291	151624,137	152876,448	153178,925
V1-V2 (90-0)km/h	90	25	224322	225685,631	227434,386	229312,838	229766,55

Fuente: Autores

Siendo la velocidad constante se aumenta la potencia que se disipa al ambiente, al aumentar el ángulo de descenso, esto se explica ya que la desaceleración es proporcional la potencia, por consecuencia a mayor sea la pendiente la desaceleración aumenta.

2.9.3 Cálculo térmico en discos de freno. La potencia que se disipa en el sistema de frenos proviene de la energía cinética y potencial del vehículo, es transformada en energía calorífica, que se generara en un corto tiempo.

Para obtener el funcionamiento óptimo del sistema de frenos, el calor que se genera debe evacuarse lo más pronto posible, para que las sucesivas frenadas no produzcan una elevada temperatura y así perder la seguridad del sistema.

En el caso de llegar a la temperatura de saturación, se perderá el coeficiente de fricción y por ende la aparición del fenómeno fading.

Tabla 7. Propiedades de componentes de freno (disco, tambor, pastilla y zapata)

ELEMENTOS	Energía calorífica K(J/s*m*° C)	Densidad ρ (kg/m ³)	Calor específico C (J/kg*° C.)
Disco de freno (fundición gris)	35,57	7100	460,24
Tambor de freno (hierro)	80,2	7870	447
Pastilla (carbón al silicio)	51,84	7817	669,4
Zapata		2204	

Fuente: <http://www.wikipedia/miguelabad.com>

Si el conjunto de freno tiene un elevado aumento de temperatura se evalúa aproximadamente por la expresión clásica:

$$\Delta T = \frac{Ec}{m * c} \quad (12)$$

Donde:

ΔT : Es la diferencia de temperatura entre los discos y el ambiente, en (°C)

Ec : Energía cinética absorbida por un disco, en (J).

m : Masa del disco de freno, en (kg).

c : Calor específico del material del disco = 460,24 J/kg*° C.

Obtenidos los valores procedemos a calcular la diferencia de temperatura con la ecuación de cálculo térmico en los discos.

$$\Delta T = \frac{96567,187\text{J}}{9,1\text{kg} * 460,24 \text{ J/ Kg} * ^\circ\text{C}}$$

$$\Delta T = 23,06^\circ\text{C}$$

$$T1 - T_\infty = 23,06^\circ\text{C}$$

Donde T_∞ es la temperatura ambiente de 20°C , entonces se calcula la temperatura que alcanzó la superficie del disco de freno y es.

$$T1 = (23,06 + 20)^\circ\text{C}$$

$$T1 = 43,06^\circ\text{C}$$

Lo que nos indica que un vehículo con una masa de 1090 kg y que lleva una velocidad de 90 Km/h, con temperatura ambiental 20°C , la temperatura generada en el disco de freno hasta detenerse es de aproximadamente $43,06^\circ\text{C}$. (YANUS, 2007)

2.9.4 Enfriamiento de Newton. Gil's Mayochi indica que un objeto a cierta temperatura $T1$, se enfriara si se deja a temperatura ambiente T de acuerdo con la ecuación exponencial:

$$T_i - T_\infty = (T_i - T_\infty)e^{-\frac{A*U}{m*C}*t} \quad (13)$$

Dónde:

T_i : Es la temperatura instantánea en cada momento, en ($^\circ\text{C}$).

A : Es el área de transferencia de calor, en (m^2).

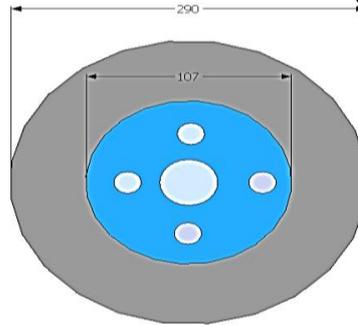
U : Es el coeficiente de transmisión térmica superficial, en el caso del material del de freno es $32 \text{ J/ m}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$.

m : Masa del disco de freno, en (kg).

C : Calor específico del material del disco, en ($\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$).

t : Es el tiempo de enfriamiento de Newton, en (s).

Figura 26. Dimensiones del disco de freno (exterior e interior)



Fuente: Autores

Como sabemos el disco de freno y las pastillas se encuentran siempre en contacto mediante fricción, el área aproximada tiene la siguiente expresión:

$$A_{\text{disco}} = 2 * \pi(r_{\text{exterior}}^2 - r_{\text{interior}}^2)$$

$$A_{\text{disco}} = 2 * \pi((145)^2 - (53,5)^2)$$

$$A_{\text{disco}} = 0,114\text{m}^2$$

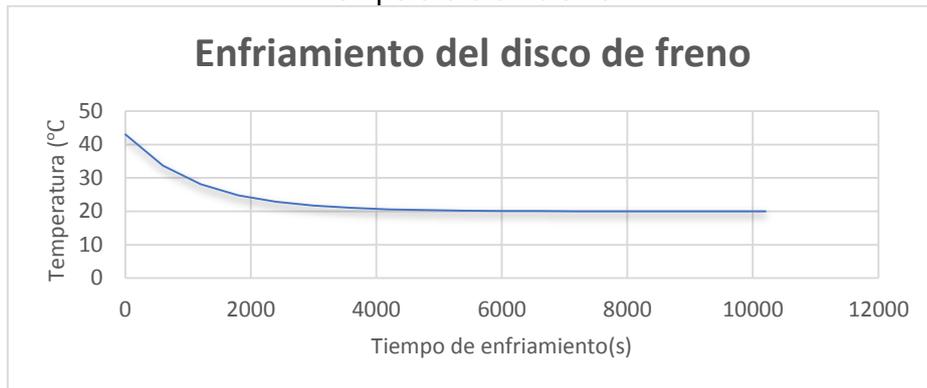
A continuación se presenta una tabla del enfriamiento de Newton donde se evidencia los valores de tiempo vs temperatura calculados tomando en consideración la temperatura ambiente y el tipo de proceso que se utilizó para calentar el disco de freno

Tabla 8. Temperatura en función del tiempo, enfriamiento de Newton para el disco de freno

Tiempo	Temperatura
(s)	(°C)
0	43,06
600	33,68225195
1200	28,11812742
1800	24,81675042
2400	22,85793551
3000	21,69570658
3600	21,00611815
4200	20,5969628
4800	20,35419754
5400	20,21015698
6000	20,12469301
6600	20,07398444
7200	20,04389739
7800	20,02604575
8400	20,0154538
9000	20,00916924
9600	20,00544041
10200	20,00322797

Fuente: Autores

Figura 27. Representación del enfriamiento de Newton para el disco de freno, a temperatura ambiental



Fuente: Autores

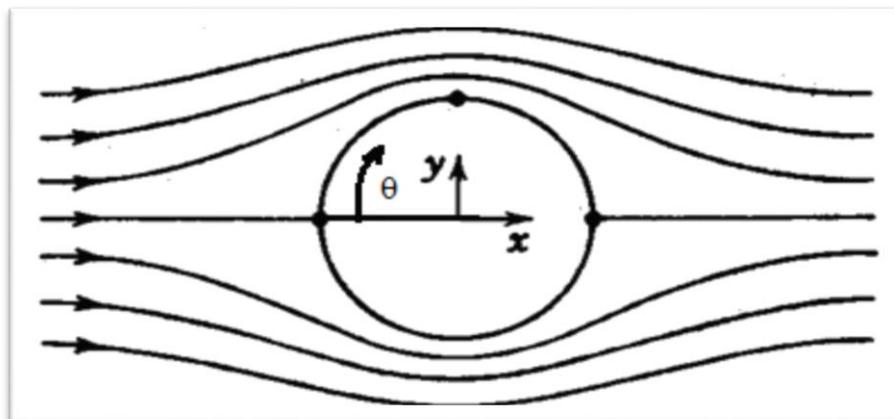
El disco de freno luego de haber alcanzado una temperatura de $43,06^{\circ}\text{C}$, en una frenada, este elemento se tomará aproximadamente 1 hora para alcanzar la temperatura de ambiente, tomando en cuenta que ese proceso será por convección natural, es decir velocidad del aire = 0 (Gil S, 2006)

2.10 Tipos de convección que afectan al disco

Antonio Coll menciona que en los sistemas de frenos de discos están afectados por dos tipos de movimientos, el primero que es el producido por el motor y transmitido por los ejes hasta la rueda y el segundo que es el movimiento de traslación que el vehículo lleva al desplazarse.

Para la condición $Re \leq 1$ se obtiene flujo deslizante y el coeficiente de resistencia disminuye al aumentar el número de Reynolds. (COLL, 1974.)

Figura 28. Flujo que rodea al cilindro



Fuente: Autores

CAPÍTULO III

3. SELECCIÓN DE COMPONENTES, DISEÑO Y MODELACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

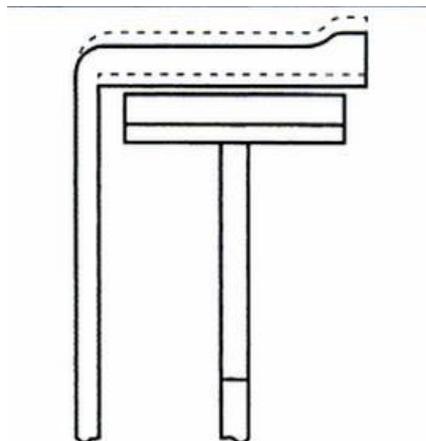
3.1 Introducción

Previamente ya estudiado las distintas probabilidades y la mejor alternativa de diseño del sistema para la ventilación de los discos de freno, damos un estudio más profundo de los elementos inmersos en el sistema, así como los elementos del sistema de control de temperatura, posteriormente se realizara los cálculos necesarios para dimensionar las características que debe tener los conductos. Siempre tomando en consideración el espacio disponible en el vehículo

3.2 Estudio de los componentes de diseño para ventilación de discos de freno

3.2.1 *Estimación del disco de freno.* Siendo de nuestro conocimiento la evolución de los disco de freno, empezando con un disco convencional macizo luego surgió con la necesidad de ventilar un elemento de freno, nació como una innovación de antiguo tambor, el cual presentaba inconvenientes de refrigeración pues los elementos de fricción se encontraban sin tener una refrigeración adecuada, además la dilatación del tambor a altas temperaturas traía como riesgo un accidente o fallo.

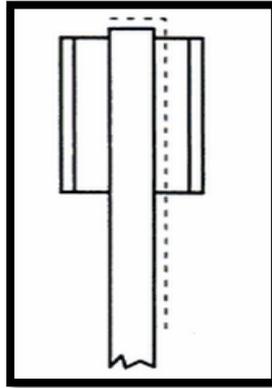
Figura 29. Dilatación térmica de un tambor de freno



Fuente: <http://www.frum.com.br/es/tambores-de-freno/>

Para mejorar este inconveniente los encargados de los diseños de freno innovaron el sistema de disco macizo, el cual tiene como característica principal una evacuación de calor al ambiente en orden de 250 W/cm^2 , y no presentaba consecuencias cuando se dilataba, ya que este tenía una distancia mínima con la pastilla, los primeros discos macizos se crearon de fundición de hierro.

Figura 30. Dilatación de un disco de freno



Fuente: <http://www.frum.com.br/es/tambores-de-freno/>

Como podemos apreciar estudiando los casos anteriores, la expansión del tambor causa un aumento de diámetro de éste, lo que pierde contacto con las zapatas y por ende adherencia, en cambio en el caso del disco, éste aumenta su tamaño y diámetro, pero con la ventaja de que cuando ocurre aquello, éste se encontrará más cerca a la pastilla.

A medida que las exigencias de los vehículos se hacían cada vez más grandes, las prestaciones de estos como mayores velocidades, involucraba un aumento de la energía cinética que alcanzaban, lo cual afectaba considerablemente a los discos de freno, ya que por su disposición en la parte delantera del vehículo, debían soportar grandes esfuerzos y temperaturas

3.2.2 *Estudio de ductos y elementos encargados de la dirección del aire.* Varias son las formas de llevar aire fresco a las ruedas, la más sencilla es instalar una aleta con una inclinación adecuada, y fijarlo a la mordaza obteniendo que cuando el vehículo está en movimiento el aire entre direccionado por la aleta y llegue al disco, el problema que existe al hacer esto es que solo enfría una parte de la superficie del disco por lo que a futuras frenadas éste presentará daños superficiales debido a la diferencia de temperatura entre las dos superficies.

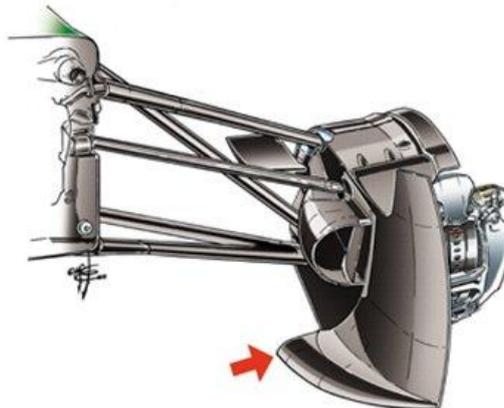
Figura 31. Aleta de dirección de aire



Fuente: <http://frenosol.files.wordpress.com/2013/03/ducto-aire.jpg>

El sistema de ductos de enfriamiento por aire en los vehículos de fórmula uno son muy eficaces ya que alcanzan velocidades hasta de 320 km/h, no requieren de un control de temperatura ya que su diseño se acopla a cada prueba que estos vayan a desempeñar clima, pista, curvas etc. Lo que conlleva a un estudio más profundo, además por las dimensiones y disposición de estos conductos en fórmula 1, resulta práctico ya que por los mismos diseños de carrocería permiten su instalación, en un vehículo de calle no se dispone de esas comodidades ya que la disposición de elementos de suspensión es un factor limitante.

Figura 32. Conducto de ventilación fórmula 1



Fuente: http://_soloformula1.wordpress.com

Los conductos de dirección de aire se catalogan de acuerdo a la cantidad de aire que estos transporten, el diámetro de los conductos debe ser de 3 in y de un material flexible, para acomodarse a los movimientos en la dirección. Recalca también que la entrada debe tener un diámetro adecuado y mayormente posible de manera de ganar caudal y luego velocidad y presión estrangulando con el conducto flexible.

Figura 33. Conducto flexible de aire



Fuente: http://_www.directindustry.es

Debemos tomar en cuenta también que el ducto debe tener una tendencia no tan curva o recta para evitar las curvas agudas ya que el aire forzado choca con las paredes y pierde velocidad, la parte final del conducto se puede conectar al plato protector del disco, y se debe fijar con brida para asegurarlo.

Figura 34. Acople en el plato protector del disco



Fuente: http://_es.boschtools.com

En condiciones climáticas severas con presencia de lluvia, el agua entraría a través de los conductos y se dirigiría directamente al disco, lo que provocaría tensiones sobre este para evitar que el agua entre y conociendo las características del material que vamos a utilizar realizamos unos agujeros a una distancia determinada aprovechando de esta manera que el agua que entra y choca en las paredes de conducto sea llevado hasta la parte inferior y por ende evacuado.

Figura 35. Tubo flexible anillado



Fuente: http://_www.directindustry.es

3.3 Estudio de los elementos de diseño para el control de la temperatura

Para saber que está ocurriendo con la temperatura en los disco de freno tenemos que disponer de un elemento que sea capaz de medir e informar de dicha situación.

El circuito electrónico dispondrá de un sensor de temperatura, un procesador, y un actuador, que sea el encargado de contralar la entrada de aire cuando el disco sobrepase los niveles de temperatura fuera de los rangos normales.

Particularmente, el sensor infrarrojo es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, ésta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible.

Sensor de temperatura MLX90614. El MLX90614 es un termómetro infrarrojo para mediciones de temperatura de no contacto es decir puede leer datos sin estar relacionado directamente con el objeto.

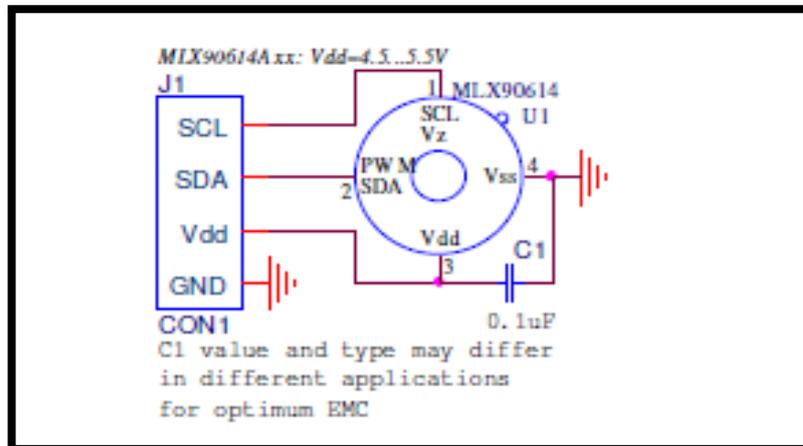
Gracias a su amplificador de bajo ruido de 17 bits, una alta precisión y resolución de la que consigue el termómetro. El termómetro viene calibrado con un digital de fábrica PWM y SMBus (System Management Bus) de salida. Como un estándar, la PWM de 10 bits está configurado para transmitir de forma continua la temperatura medida en el rango de -20. 120 °C, con una resolución de salida de 0,14 °C.

El MLX90614 es calibrado en amplios rangos de temperatura de fábrica: -40-125 ° C para el ambiente temperatura y -70-380 ° C para la temperatura del objeto.

El valor medido es la temperatura media de todos los objetos en el campo de visión del sensor.

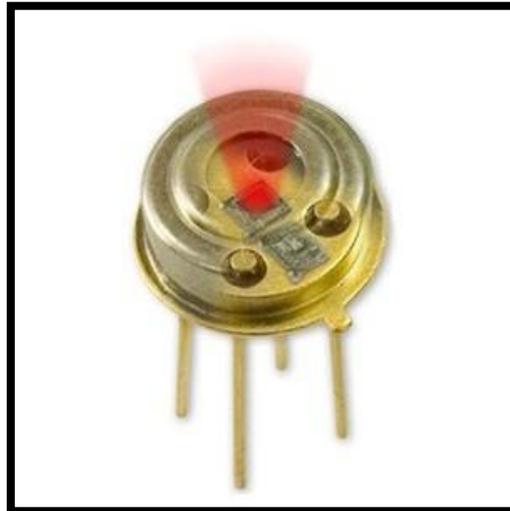
Diagrama funcional

Figura 36. Diagrama sensor de temperatura infrarrojo



Fuente: <http://www.infraredthermometerin.com>

Figura 37. Sensor de temperatura infrarrojo



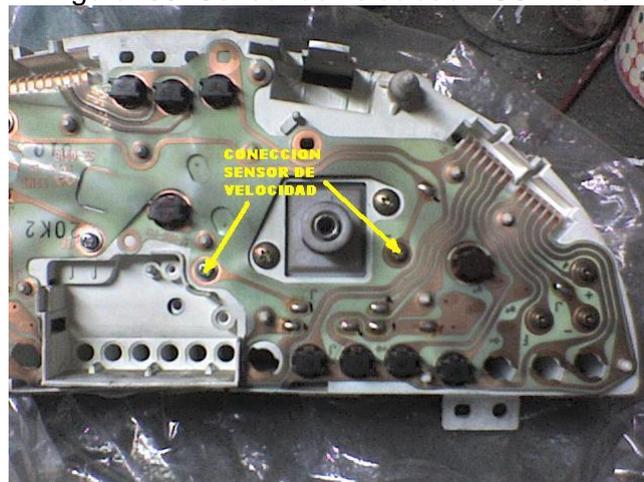
Fuente: <http://www.infraredthermometerin.com>

Sensor de velocidad VSS. El sensor de velocidad del vehículo VSS (Vehicle Speed Sensor) es un captador magnético, se encuentra montado en el transeje donde iba el cable del velocímetro.

El VSS proporciona una señal de corriente alterna al ECM la cuál es interpretada como velocidad del vehículo. Este sensor es un generador de imán permanente montado en el transeje.

Al aumentar la velocidad del vehículo la frecuencia y el voltaje aumentan, entonces el ECM convierte ese voltaje en km/h, el cual usa para sus cálculos. Los km/h pueden leerse con el monitor.

Figura 38. Sensor de velocidad VSS Vitara



Fuente: <http://www.foroswift.com.ar>

Micro controlador ATMEGA328P

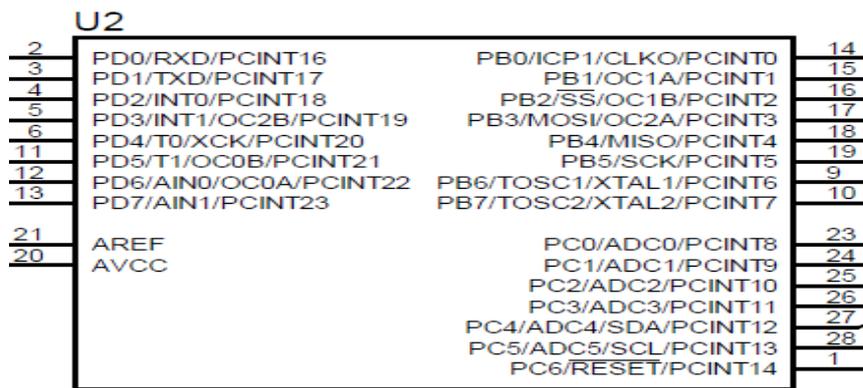
El ATmega328P es un CMOS de baja potencia del micro controlador de 8 bits basados en el AVR mejorada arquitectura RISC.

Mediante la ejecución de instrucciones potentes en un solo ciclo de reloj, el ATmega328P logra rendimientos que se acercan a 1 MIPS por MHz que permiten.

Que el núcleo AVR combine un conjunto de instrucciones con 32 registros de trabajo como propósito general.

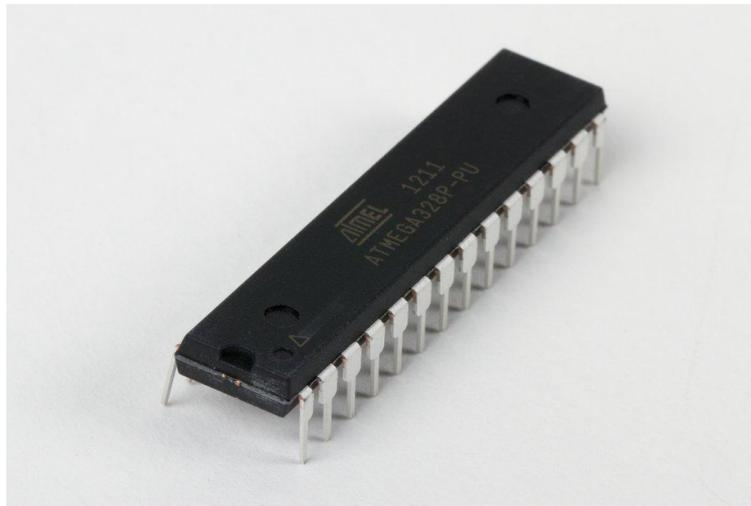
Todos los 32 registros están conectados directamente a la unidad lógica aritmética (ALU), lo que permite dos registros independientes para ser visitada en una sola instrucción ejecutada en un solo ciclo de reloj.

Figura 39. Diagrama, pines de conexiones micro procesador



Fuente: Autores

Figura 40. Microprocesador



Fuente: http://_www.sparkfun.com

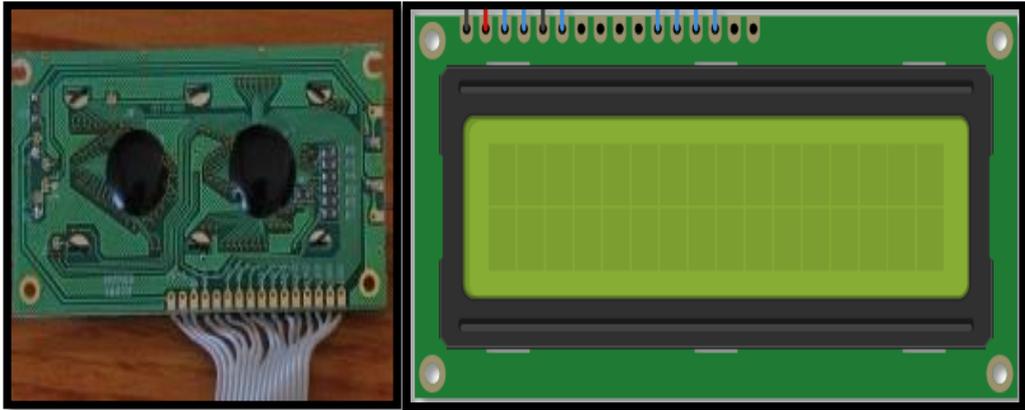
Pantalla LCD LM044L

Entre las características principales del Im044l es su brillo de la retroiluminación LED, voltaje y corriente varían ampliamente.

Al igual que la calidad de la pantalla tiene una resistencia variable, que ajusta la velocidad de la interfaz LCD mediante el control de la interna frecuencia del oscilador.

En 5 V la resistencia debe ser 91 K Ω En 3 V debería ser 75 K Ω . El uso de una pantalla de 3 V a 5 V es aceptable desde un punto de vista de tensión (la pantalla puede funcionar en 3 – 5 V) pero el oscilador luego serán funcionando muy despacio.

Figura 41. Pantalla led LM044L



Fuente: http://_www.systronix.com

Motor lineal. El sistema consta también de un actuador que es quien abre y cierra la aleta para dejar entrar aire luego de haber recibido una señal que la temperatura esta fuera de los rangos.

Figura 42. Motor lineal



Fuente: http://_autos.mercadolibre.com.ar

Módulo de boqueo central

El sistema de bloqueo central es un sistema que trabaja con corriente que viene del módulo de alarma o con una DC (corriente directa) para que el bloqueo funcione necesita un módulo el cual es la pistola del conductor que va hacer subir o bajar todas las pistolas de todas las puertas.

Para nuestro estudio este módulo es un conmutador del accionamiento de los motores lineales que comprende un circuito de potencia comandado por un relé que se encargada de dar señal a todos los puertos de conexión en este caso 2 para su correcta activación.

Figura 43. Módulo de control motores lineales



Fuente: <http://mec-s2-p.mlstatic.com>

La entrada de mayor captación de aire es en el parachoques y es aquí donde se encuentran las secciones del ducto que son rectos para mayor absorción.

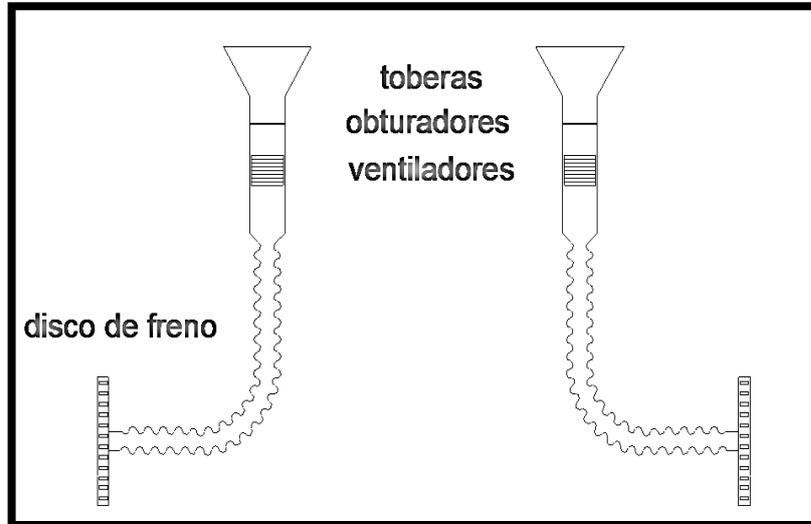
Para condiciones donde el vehículo se detenga o se mantenga a velocidades baja donde la entrada de flujo de aire es escaso se dispone de un electroventilador conectado a los ductos, que este se encenderá el momento que la señal de RPM conjuntamente con la de temperatura de los discos marque que la velocidad del vehículo es baja y la temperatura esté elevada.

Figura 44. Electro ventilador radial



Fuente: <http://garatgeavinguda.com>

Figura 45. Esquema de refrigeración para enfriamiento de los discos de freno



Fuente: Autores

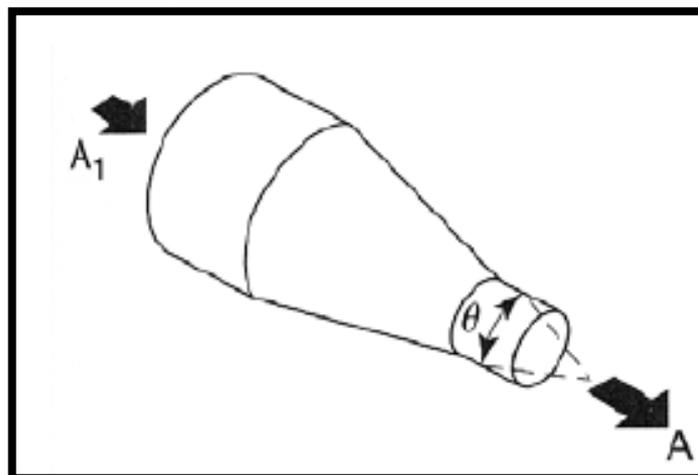
Como podemos apreciar en el diagrama las entradas de aire van diseñadas de tal manera que en su entrada tenga la mayor absorción de aire y luego vayan incrementando su velocidad mediante la reducción de secciones entre las partes de los ductos de aire.

3.4 Diseño del sistema de ventilación

3.4.1 Cálculo de la sección de la campana

La sección de la campana queda de la siguiente forma:

Figura 46. Sección de la campana



Fuente: <http://www.wikipedia.org>

Dónde:

A: Es el área de la sesión más delgada de la campana, en (m²)

A1: Es el área de la sesión más ancha de la campana, en (m²)

Para obtener las dimensiones correctas de la campana debemos tener en cuenta que existe una parte con diámetro menor de 28,5 cm, pero necesitamos que la velocidad el aire este a 25 m/s, lo que nos conduce a las tablas de pérdidas por rozamiento en conductos circulares presente en el Anexo D en donde nos dice que para existir una pérdida de aproximadamente 100 Pa es necesario que pase por esa área un caudal de 100 m³/s y esto es igual a 0,1 m³/s.

Entonces con el caudal adecuado y la velocidad de entrada encontramos el área de entrada de la campana con la siguiente expresión (A1):

$$A1 = \frac{Q}{V_{\text{aire}}} \quad (14)$$

$$A1 = \frac{0,1\text{m}^3/\text{s}}{25 \text{ m/s}}$$

$$A1 = 0,004\text{m}^2$$

Obtenidas estas dos áreas calculamos una relación entre ellas y de acuerdo a esta obtenemos las pérdidas que se dan en la campana dependiendo el ángulo que vayamos a variar.

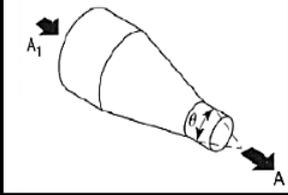
$$\frac{A1}{A} = \frac{0,004\text{m}^2}{0,00285\text{m}^2} = 1,4$$

Como resultado obtenemos una variación de 1,4 con este resultado nos dirigimos a la Tabla del Anexo F.

Y escogemos la relación más aproximada que es de 2 y con ésta vemos cuando es la pérdida de acuerdo al ángulo de la campana.

Para tener la menor pérdida es este fase hemos tomado un ángulo para la campana de 10°.

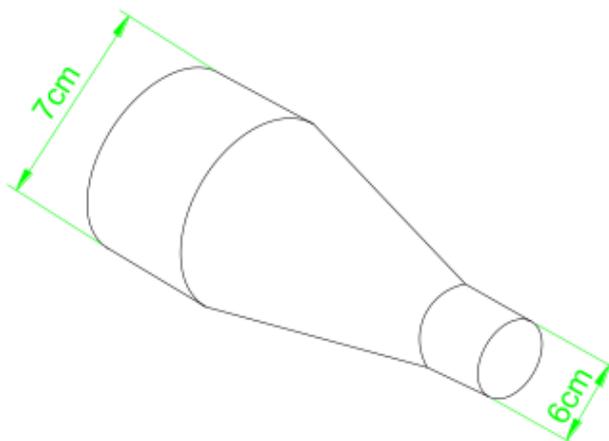
Tabla 9. Tabla de coeficiente de pérdida en campana

A_1/A	θ						
	10°	15°- 40°	50°- 60°	90°	120°	150°	180°
2	0,05	0,05	0,06	0,12	0,18	0,24	0,26
4	0,05	0,04	0,07	0,17	0,27	0,35	0,41
6	0,05	0,04	0,07	0,18	0,28	0,36	0,42
10	0,05	0,04	0,07	0,19	0,29	0,37	0,43

Fuente: <http://www.sodeca.com/>

Consecuentemente las dimensiones de la campana serian:

Figura 47. Dimensión de la campana



Fuente: Autores

Y el coeficiente de pérdida que se producen con estas áreas y este ángulo de 10° es $C = 0,05$.

Entonces se calcula la diferencia de presión en la campana así.

$$\Delta P = C * P * \frac{V_P^2}{2} \quad (15)$$

Dónde:

ΔP : Es la diferencia de presión, en (Pa)

C: Coeficiente de pérdida de la campana (adimensional)

P: Es la densidad del aire, en (kg/m^3)

V_p : Es la velocidad en la sección A de la campana. Se calcula mediante.

$$V_p = \frac{Q}{A_A} \quad (16)$$

$$V_p = \frac{0,1 \text{ m}^3/\text{s}}{0,002827 \text{ m}^2}$$

$$V_p = 35,37 \text{ m/s}$$

Observamos que la velocidad en la tubería principal llega a 35 m/s de los 25 m/s impuestos inicialmente.

Con esta velocidad se calcula la diferencia de presión:

$$\Delta P = 0,05 * 1,204 \text{ kg}/\text{m}^3 * \frac{(35,37 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$\Delta P = 37,66 \text{ Pa}$$

Como sabemos al transportar un fluido tenemos pérdidas por fricción lo que vamos a determinar en el siguiente cálculo.

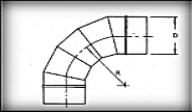
Para lo cual se considera la nueva velocidad obtenida, el caudal de 100 lt/s es el mismo.

En los valores de pérdidas de presión del Anexo E se observa que para dicha velocidad y caudal las pérdidas son de más de 100 Pa/m, aproximadamente 200 Pa/m.

Ahora tomamos en cuenta las pérdidas que se producen en los codos, que en este caso se va a suponer que se trata de un codo de 5 piezas flexible.

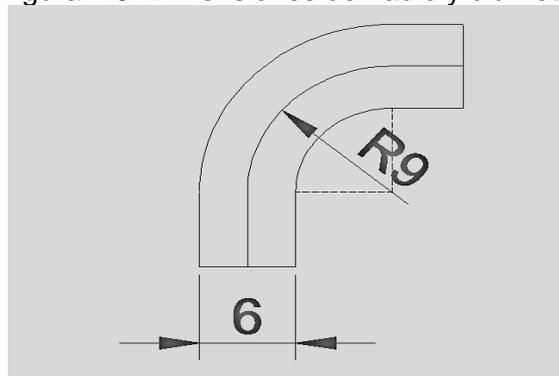
Debemos tomar en cuenta que la curvatura del conducto no sea muy pronunciado, por lo que la relación R/D sea de 1,5 así obtenemos un coeficiente de pérdida de 0,24.

Figura 48. Coeficiente de pérdida en tubos acodados de 3 ,4 y 5 piezas

PIEZAS	R/D				
	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00
5	-	0,46	0,33	0,24	0,19
4	-	0,50	0,37	0,27	0,24
3	0,98	0,54	0,42	0,34	0,33

Fuente: <http://www.atco.org.mx>

Figura 49. Dimensiones del radio y diámetro



Fuente: Autores

Seguidamente se calcula la pérdida de presión en el codo de la tubería:

$$\Delta P = 0,24 * 1,204 \text{ kg/m}^2 * \frac{(35,37 \text{ m/s})^2}{2} \quad (17)$$

$$\Delta P = 153,72 \text{ Pa}$$

A continuación se calcula las pérdidas totales:

$$\Delta P_{\text{total}} = \Delta P_{\text{campana}} + \Delta P_{\text{tuberia}} + \Delta P_{\text{codo}} \quad (18)$$

$$\Delta P_{\text{total}} = 37,66\text{Pa} + 200 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} * (0,66\text{m}) + 153,72\text{Pa}$$

$$\Delta P_{\text{total}} = 323,38\text{Pa}$$

3.4.2 *Cálculo de presión dinámica presente en la tubería.* Se ha visto que la presión dinámica, expresada en términos de metros de altura de columna de agua, responde a la expresión:

$$PD = \frac{V^2}{2 \times g} * \frac{\rho}{1000} \quad (19)$$

Dónde:

PD: Es la presión dinámica en el sistema en (metros de columna de agua m cda).

V: Es la velocidad del aire, en (m/s).

g: Es la aceleración gravitatoria, en (m/s)

ρ : es la densidad del aire, en (kg/m)

Entonces la presión es:

$$PD = \frac{\left(\frac{35,37}{s}\right)^2}{2 \times 9,8 \text{m/s}^2} * \frac{1,204 \text{kg/m}^3}{1000}$$

$$PD = 0,7668 \text{ m cda} \approx 753,15 \text{ Pa}$$

Sabemos también que la presión total del sistema está relacionada e influenciada por la presión estática que viene a ser la presión atmosférica (PA) y su valor es de 101325 Pa, entonces la presión total sería.

$$P_{\text{total}} = PD + PA \quad (20)$$

$$P_{\text{total}} = 753,15 \text{ Pa} + 101325 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{total}} = 102078,15 \text{ Pa}$$

Y tomando en consideración las pérdidas de presiones, se calcula la presión al final de la tubería.

$$P_{\text{final}} = P_{\text{total}} - \Delta P$$

$$P_{\text{final}} = 102078,15 - 323,38 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{final}} = 101754,77 \text{ Pa}$$

3.5 Estudio y rediseño del sistema de tuberías

Según los resultados obtenidos y la guía de verificación de las tablas, el sistema tendrá que tener ductos circular de aproximadamente 6 cm de diámetro para una velocidad de avance de 25 m/s.

Ahora tomando atención a las tablas de diseño de ductos, éstas indican que para dicha velocidad se necesita una tubería de 8 cm de diámetro, pero esto influye a una pérdida de 100 Pa/m de presión por lo que no nos resulta muy útil.

Si prestamos atención al ángulo de ataque del vehículo, disponer de una tubería de 8 cm por debajo de este, implica una pérdida de este ángulo lo cual perjudica a la capacidad de evadir los obstáculos por delante del vehículo.

Ahora si nos fijamos en la tabla de diámetros equivalentes, presente en el Anexo H, encontramos que para este diámetro se puede utilizar una tubería de sección rectangular de 40X130 mm de lado.

Lo que indica que ya no serán necesario los 8 cm en el ángulo de ataque sino tan solo 4 cm.

Figura 50. Ángulo de ataque del Chevrolet Vitara instalado las tuberías de ventilación



Fuente: Autores

Cálculo del ángulo de ataque

El ángulo de ataque es:

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{\text{cat opuesto}}{\text{hipotenusa}} \quad (21)$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{32}{63}$$

$$\alpha = 30,6^\circ$$

Ahora con la tubería instalada el ángulo disminuye así.

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{28}{59}$$

$$\alpha = \sin^{-1} 0,4745$$

$$\alpha = 28^\circ$$

Figura 51. Dimensiones modificadas del ángulo de ataque del vehículo Chevrolet Vitara



Fuente Autores

Y la pérdida del ángulo de ataque es:

$$\alpha_{\text{perdida}} = 30,6^\circ - 28^\circ \quad (22)$$

$$\alpha \text{ perdida} = 1,4^\circ$$

Estimación de pérdidas de presión del sistema

La presión perdida en la tubería de 0,6 m incluido la tubería flexible es la siguiente:

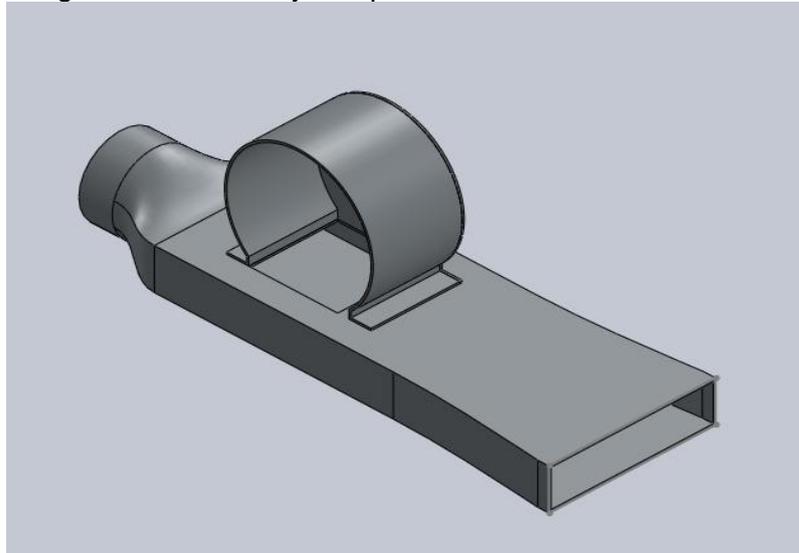
$$\Delta P_{\text{friccion}} = 100\text{Pa/m} * 0,60 \quad (23)$$

$$\Delta P_{\text{friccion}} = 60\text{Pa}$$

Para aprovechar de mejor manera la entra de aire se debe utilizar una campana que direccionen el aire, cuyas dimensiones no provoquen pérdidas de presión, y la tubería tenga las siguientes dimensiones 150x40 cm, además debemos cambiar la sección rectangular a circular.

Debido a la facilidad de encontrar tuberías circulares flexibles, ya que los restrictores se apoyaran en el plato de suspensión del vehículo, el cual estará sometido a oscilaciones.

Figura 52. Tubería y campana del sistema de ventilación



Fuente: Autores

El caudal de ingreso de aire es:

$$Q = V * A \quad (24)$$

$$A = L * L$$

$$A = 15\text{cm} * 4\text{cm}$$

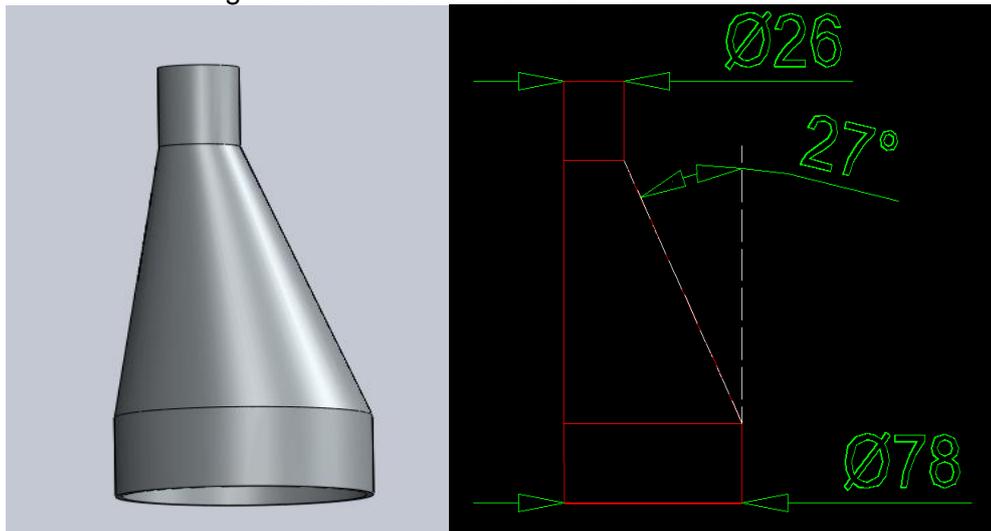
$$A = 60\text{cm}^2 = 0,006\text{m}^2$$

$$Q = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.006\text{m}^2$$

$$Q = 0.15\text{m}^3/\text{s}$$

La situación ideal del estudio sería mantener la misma cantidad de flujo hasta el punto crítico, pero esta condición no se hace realidad ya que la sección que nos permite el vehículo varía por circunstancias de espacio, la correcta dirección de aire debería ser por una sección de 1 pulgada, y por consecuencia esta restricción sería de 76 mm hasta 24 mm.

Figura 53. Reducción del ducto de ventilación



Fuente: Autores

Conociendo el A1 y A en las tuberías para la reducción calculamos las pérdidas y el ángulo de que necesitamos para la reducción.

A1 es:

$$A1 = \pi r^2 \tag{25}$$

$$A1 = \pi(3.8\text{cm})^2$$

$$A1 = 45,36 \text{ cm}^2 = 0,004536 \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi(1,2\text{cm})^2$$

$$A = 4,54\text{cm}^2 = 0,00454\text{m}^2$$

La relación de áreas es:

$$\frac{A1}{A} = \frac{0,00453\text{m}^2}{0,00452\text{m}^2}$$

$$\frac{A1}{A} = 10,09$$

Con esta relación, y un ángulo de 27° , el coeficiente de pérdida es $C= 0.05$.

La pérdida de presión es:

$$\Delta P = C * \rho * \frac{Vp^2}{2} \quad (26)$$

$$\Delta P = 0,05 * 1,24\text{kg/m}^3 * \frac{\left(\frac{Vp}{s}\right)^2}{2}$$

$$\Delta P = 0,05 * 1,24\text{kg/m}^3 * \frac{\left(\frac{25\text{m}}{s}\right)^2}{2}$$

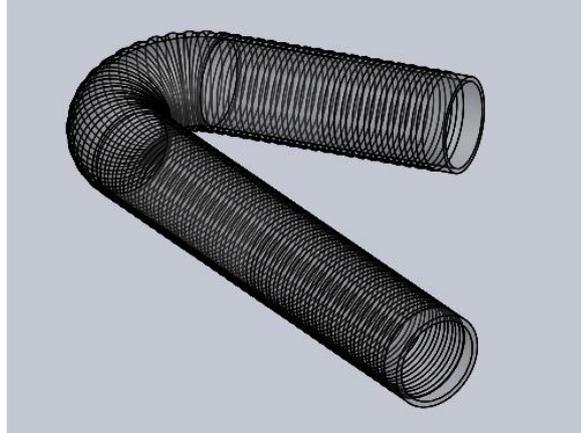
$$\Delta P = 18,81\text{Pa}$$

En cuanto a la pérdida por el codo a 90° .

Que nos muestra que la velocidad del aire respecto al ángulo de giro de codo sigue siendo mayor.

Por lo tanto la pérdida de presión es mínima ya que el valor del ángulo del codo que tomamos es el correcto.

Figura 54. Codo formado en la manguera flexible



Fuente: Autores

Para reducir la pérdida del radio de curvatura se realizó lo siguiente.

Como es conocido el diámetro de la tubería que es de 2,4 cm y de acuerdo a la Figura. 49

De la relación entre el radio de curva y el diámetro para obtener la menor pérdida es de 1,50 en un codo de 5 piezas.

$$\frac{R_{\text{curva}}}{D} = 1,50 \quad (27)$$

El factor de pérdida C es:

$$C = 0,24$$

$$R_{\text{curva}} = 1,50 * D$$

$$R_{\text{curva}} = 1,50 * 2,4 \text{ cm}$$

$$R_{\text{curva}} = 3,6 = 0,036 \text{ m}$$

La pérdida de presión es:

$$\Delta P = C * P * \frac{Vp^2}{2} \quad (28)$$

$$\Delta P_{\text{codo}} = 0,24 * 1,204 \text{kg/m}^3 * \frac{(\frac{25\text{m}}{\text{s}})^2}{2}$$

$$\Delta P_{\text{codo}} = 90,30 \text{Pa}$$

La suma de todas las pérdidas de presión es:

$$\Delta P_{\text{total}} = \Delta P_{\text{friccion}} + \Delta P_{\text{codo}} + \Delta P_{\text{disminucion de area}}$$

$$\Delta P_{\text{total}} = 60 \text{Pa} + 90,60 \text{Pa} + 18,81 \text{Pa}$$

$$\Delta P_{\text{total}} = 169,11 \text{Pa}$$

Procedemos con los cálculos de la presión dinámica que posteriormente sumarse a la presión estática y finalmente encontrar la presión de entrada para los ductos del sistema de freno.

Presión dinámica PD queda expresada de la siguiente forma:

$$PD = \frac{V^2}{2 * g} * \frac{\rho}{1000} \quad (29)$$

$$PD = \frac{(\frac{25\text{m}}{\text{s}})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} * \frac{1,204 \text{kg/m}^3}{1000}$$

$$PD = 0,0383 \text{mcda} \approx 376,50 \text{Pa}$$

Presión estática "PE" es:

$$PE = 1 \text{amt} = 101325 \text{Pa}$$

La presión de entrada en el sistema "PS" es:

$$PS = PD + PE \quad (30)$$

$$PS = 376,50 \text{Pa} + 101325 \text{Pa}$$

$$PS = 101701,50P$$

Entonces la presión al final de la tubería “PF” con las pérdidas calculadas es:

$$PF = PS - \Delta P_{\text{total}} \quad (31)$$

$$PF = 101701,50Pa - 169,11Pa$$

$$PF = 101532,39Pa$$

Ahora calculamos la velocidad de llegada al disco de freno.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (32)$$

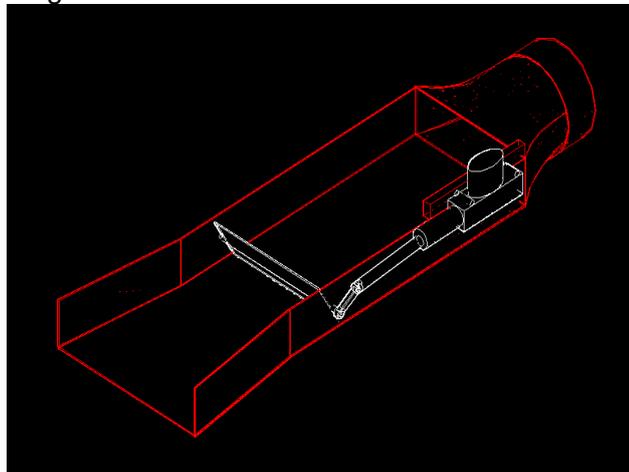
$$V = \frac{0,15 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00045\text{m}^2}$$

$$V = 305,57 \text{ m/s}$$

Se observa que esta velocidad es extremadamente alta, este valor es teórico, y se comprobará más adelante en la simulación en el software.

3.5.1 *Cálculo de la aleta de rotación (obturador).* La aleta del aire estará ubicada luego de la campana de la tubería, por lo que rotará por medio de un motor y palanca.

Figura 55. Funcionamiento de la aleta de aire

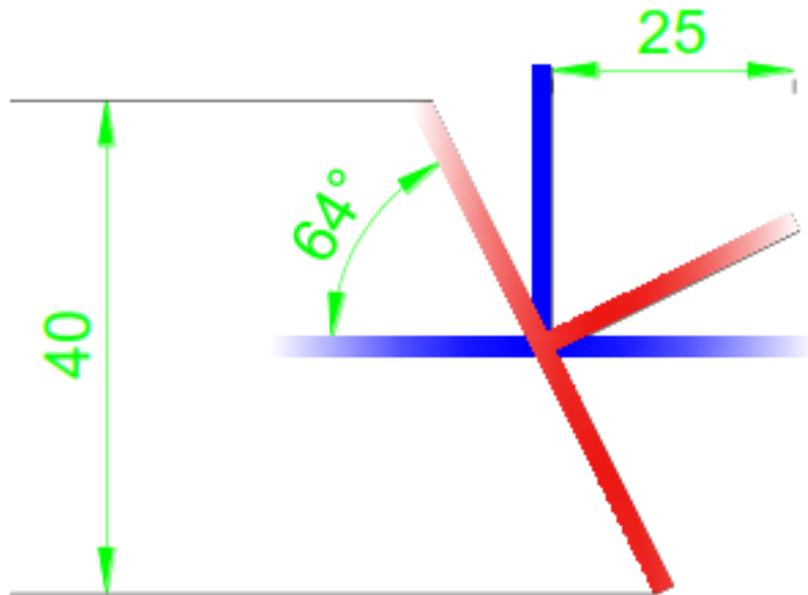


Fuente: Autores

El desplazamiento mayor del motor en función de su vástago es 25 mm, la cual será suficiente para mover la palanca.

El ángulo de rotación de la aleta debe ser menor a 90 grados, el canal de obturación es de 40 mm.

Figura 56. Medidas de la aleta de accionamiento y el ducto de obturación



Fuente Autores

Tomando en cuenta todas estas condiciones tenemos una aleta con las siguientes dimensiones.

Figura 57. Cotas de la aleta

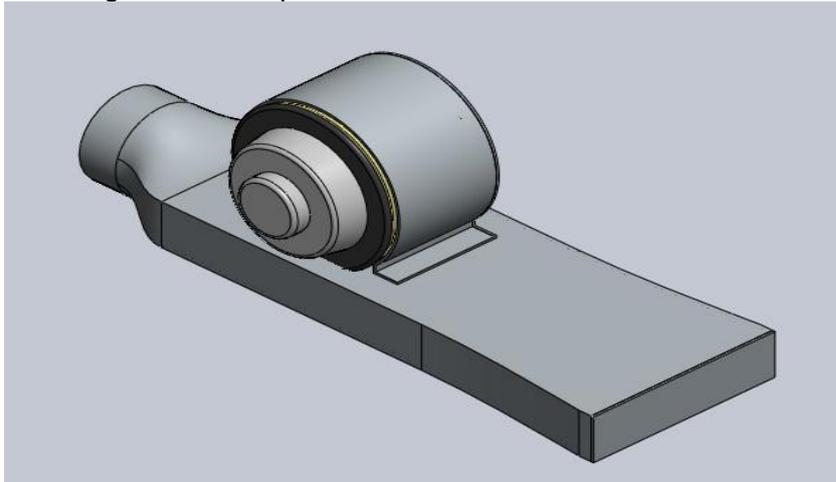


Fuente: Autores

3.6 Selección del ventilador

Tomando en cuenta que el espacio debajo del vehículo es reducido hemos visto la necesidad de adaptarlos sobre las tuberías donde logramos una mejor eficiencia de flujo de aire el momento de la activación de este bajo las condiciones estudiadas anteriormente.

Figura 58. Acoplamiento del ventilador en los ductos



Fuente: Autores

Como primer punto para buscar el ventilador con las características requeridas:

- Un ventilador capaz de generarnos el flujo de aire necesario que es de 25 m/s.
- Otra consideración es que cumpla con las dimensiones requeridas en nuestro espacio de trabajo.

Estas características las encontramos en un ventilador automotriz que generalmente viene acoplado en los sistemas de calefacción de los vehículos sobretodo son de corriente directa la cual nos facilita su uso.

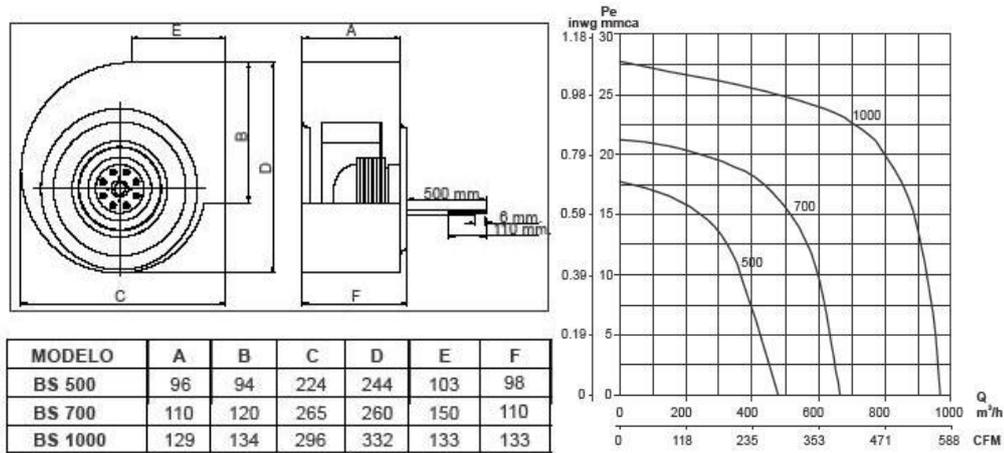
3.6.1 Ventilador centrífugo curvado hacia adelante (automotriz). Los ventiladores de álabes curvados hacia adelante (también se llaman de jaula de ardilla) tienen una hélice o rodete con las álabes curvadas en el mismo sentido que la dirección de giro.

Estos ventiladores necesitan poco espacio, baja velocidad periférica y son silenciosos. Se utilizan cuando la presión estática necesaria es de baja a media, tal como la que se encuentran en los sistemas de calefacción, aire acondicionado o renovación de aire, etc.

Características principales. Los motores de los ventiladores son del tipo rotor exterior, que como su nombre lo indica llevan el rotor en la parte exterior del motor, quedando el estator en la parte interior. Esto implica una ventilación directa de rotor, así como una mayor inercia que se traduce en una mayor estabilidad de funcionamiento. Así mismo, permite fijar el rodete sobre el mismo rotor con lo cual se logra el concepto de ventilador compacto.

Con el siguiente grafico se puede hacer una comparación entre caudal, velocidad, régimen de giro y las longitudes del ventilador, lo que nos permite escoger un modelo de acuerdo a nuestra necesidad y en concordancia a lo que existe en el mercado.

Figura 59. Características de un ventilador centrífugo, curvado hacia adelante



Fuente: Autores

Tabla 10. Velocidades centrífugas y axiales de los ventiladores en función de la presión

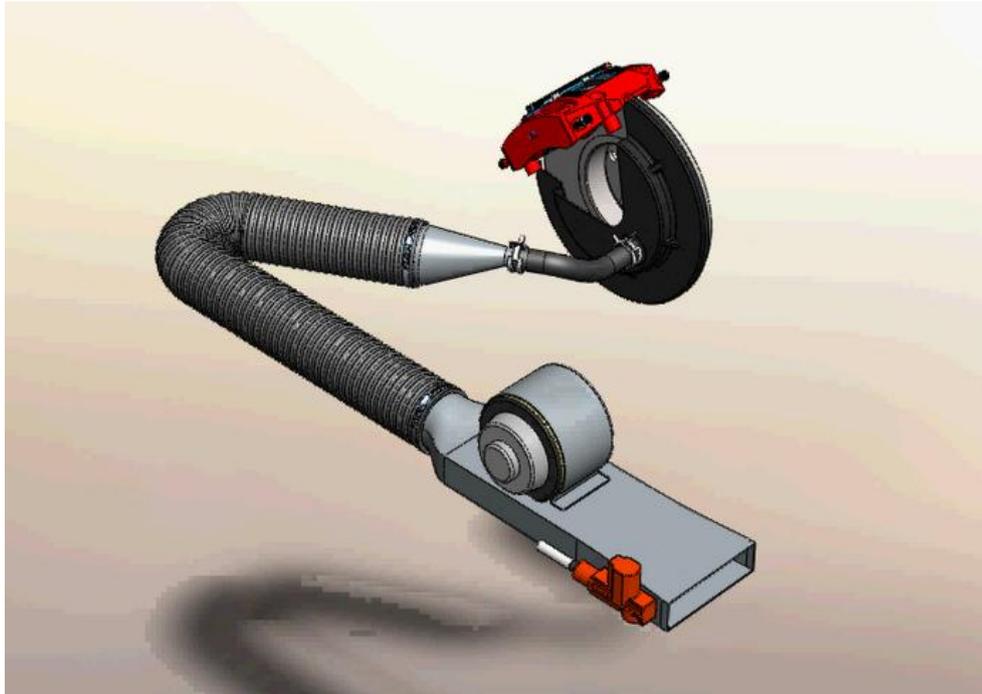
ΔP (mm.c.a)	Velocidad (m/s) Centrifuga	Velocidad (m/s) Axial
6	2-2,5	4.5-7,5
12	2,5-7,5	6.5-9,5
18	3,5-8,5	8,5-11,5
25	4-10	9,5-13,5
27	4-12,5	-

Fuente: [http:// www.soler-palau.com](http://www.soler-palau.com)

Con estos datos obtenidos del fabricante hemos escogido el ventilador modelo BS-500 que nos satisface y va más acorde a los puntos planteados para el sistema, tiene rangos que van desde 0,3 m/s y 0,5 m/s en ventiladores centrífugos pequeños.

3.6.2 *Despiece del sistema vista tridimensional*

Figura 60. Sistema de ventilación incluido ductos y mangueras visto tridimensionalmente



Fuente: Autores

3.7 **Diseño electrónico del circuito**

Los diversos circuitos que integran el sistema electrónico de control de temperatura de los disco de freno. Están programados en lenguaje C en el software AVR estudio y en una base de ARDUINO

Con la ayuda de este software fue posible escoger los diversos elementos que conforman los diversos circuitos electrónicos para el control de los elementos del sistema.

Así también luego de tener armado todo el sistema con sus diversos elementos, se procedió a correr el programa observando que funcione correctamente.

Para comprobar este estudio se utilizó el software Proteus desing suite versio 8.0

Figura 61. Software utilizado en los circuitos

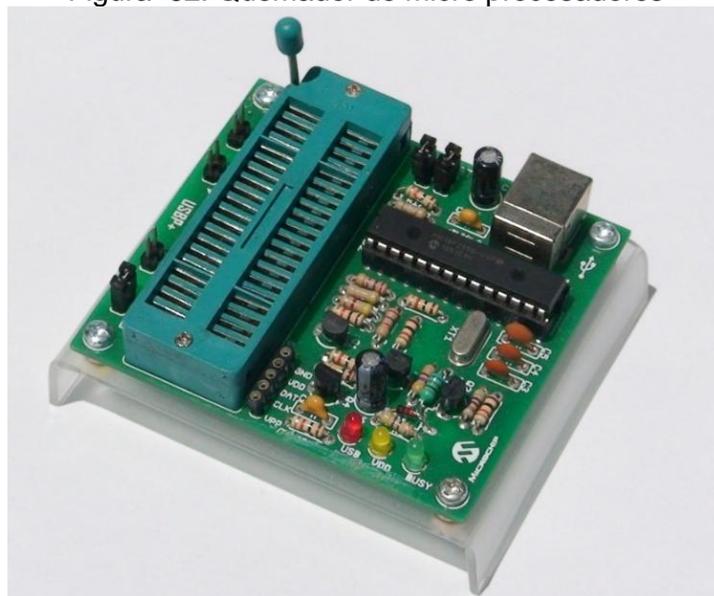


Fuente <http://www.uchobby.com/>

En [electrónica](#), un circuito impreso, tarjeta de circuito impreso o PCB, es una superficie constituida por caminos o pistas de material conductor laminadas sobre una base no [conductora](#).

Para quemar las placas se utilizó el software PROGIES USB y bajo las normas PCB de construcción de placas electrónicas.

Figura 62. Quemador de micro procesadores



Fuente: <http://mco-s1-p.mlstatic.com/>

Figura 63. Diagrama de flujo de la programación de sistema electrónico de control

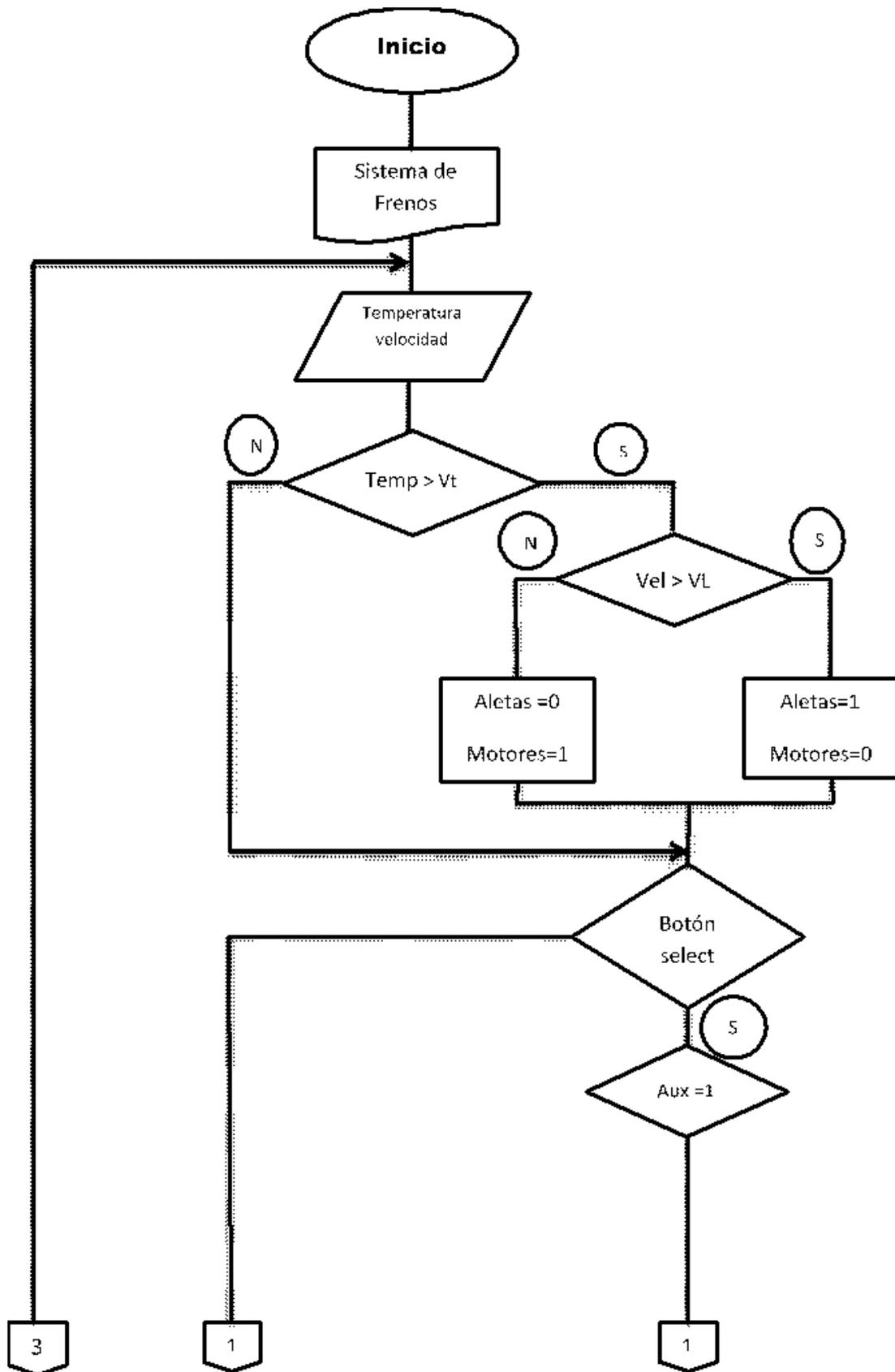


Figura 63. (Continuación)

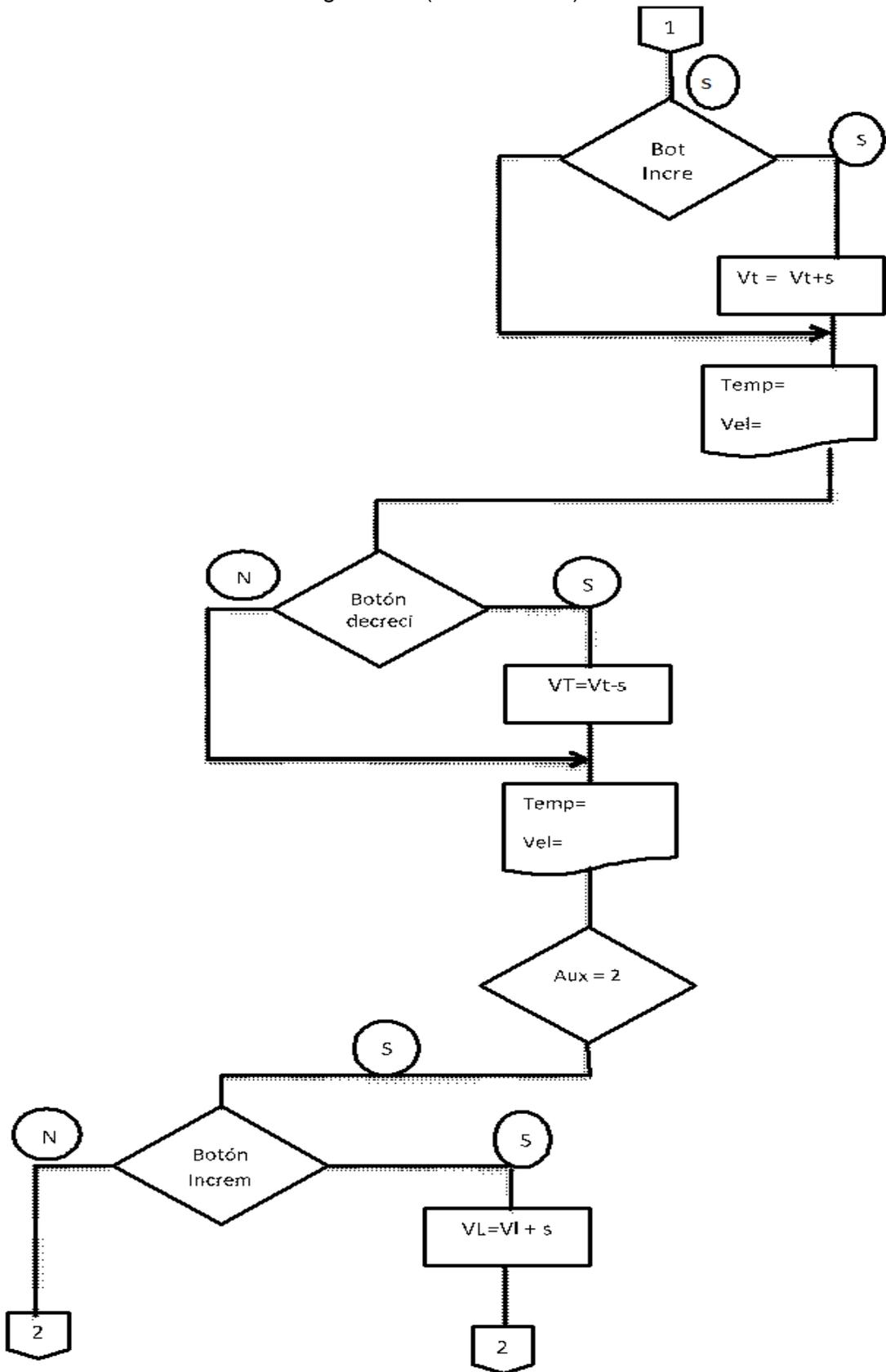
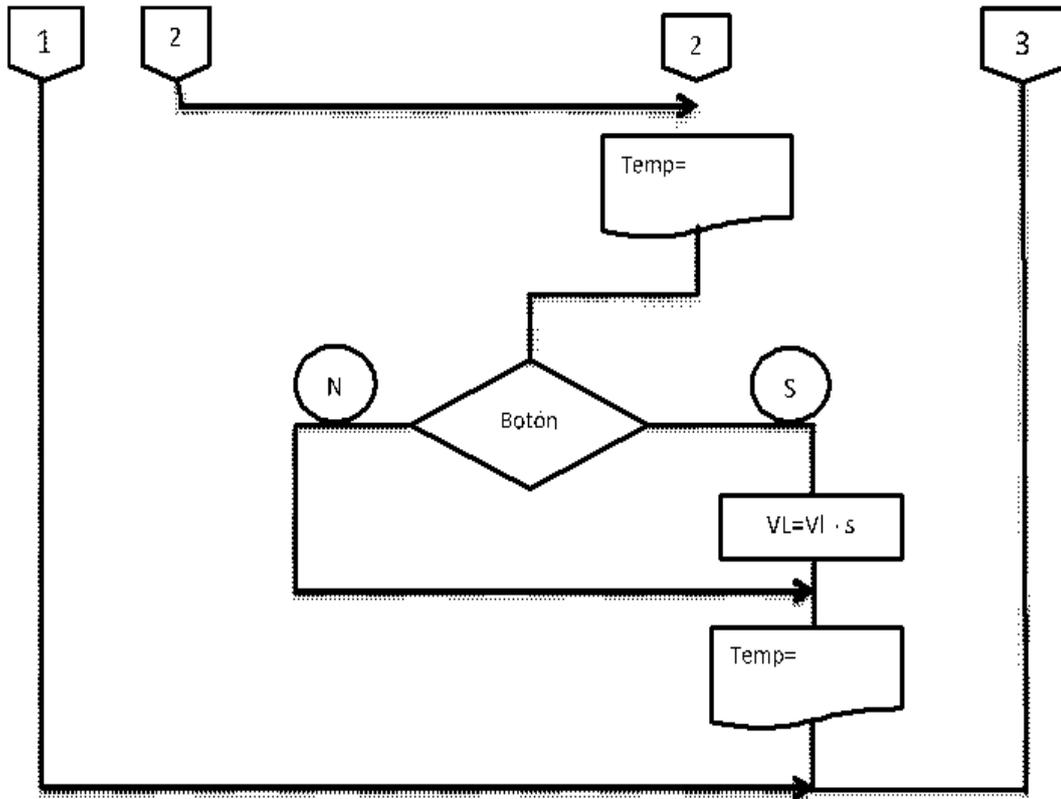


Figura 63. (Continuación)



3.8 Diseño del circuito principal y control de temperatura mediante MLX90614

El micro controlador recibe señal del sensor MLX90614 que es un sensor infrarrojo que da señal sin tener contacto con el objeto, el micro controlador recibe estas señales y hace comparaciones de acuerdo a la programación que contiene.

En ciertos instantes el micro envía estas señales al auto acoplador y estas se ven reflejadas en la activación de los electroventiladores o las aletas de obturación esto ocurrirá cuando la temperatura sea mayor a la referenciada, para nuestro estudio es de 50 °C.

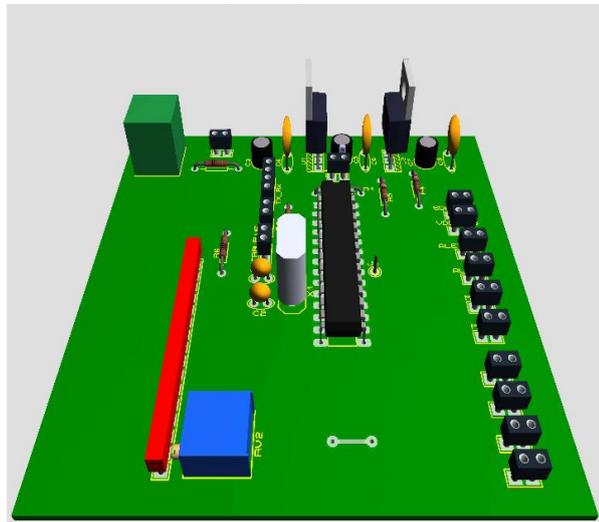
Entonces cuando la temperatura es mayor a 50 °C y la velocidad es menor a este valor se activan los electroventiladores, si la temperatura es del mismo valor pero la velocidad mayor a 50 Km/h las aletas de obturación se abren y los electroventiladores se desactivan.

Cabe recalcar que la batería no tiene voltaje constante siempre mayor a 12 V por eso se puso el regulador 7812 que ayuda a mantener constante el voltaje.

El circuito principal de control, comandado por un micro procesador consta de

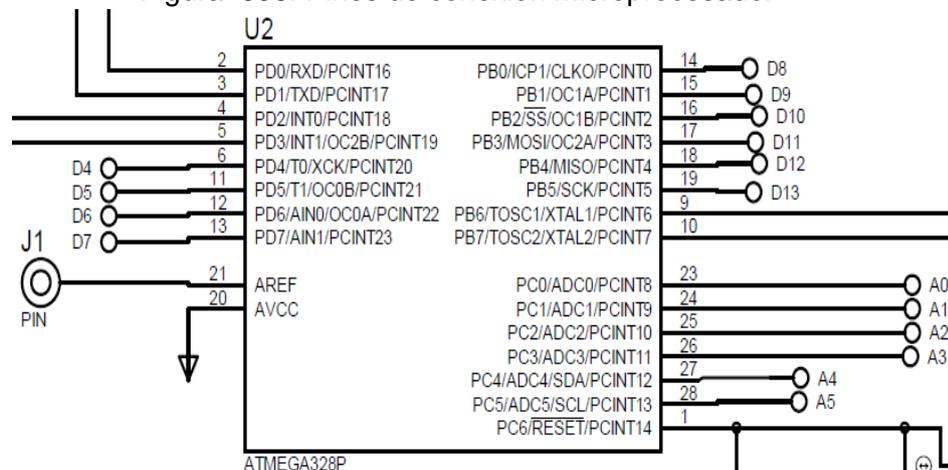
- 1 micro controlador ATMEGA628P
- 1 cristal de 16 MHz
- 2 capacitores de 22pF
- 1 resistencia de 1 K Ω
- 1 botón

Figura 65. Circuito principal de control electrónico



Fuente: Autores

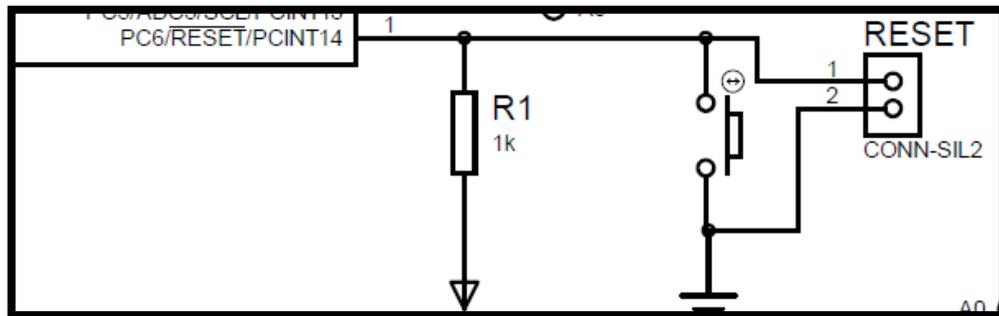
Figura 636. Pines de conexión microprocesador



Fuente: Autores

Pin 1(PC6). Reset del micro controlador, conformada por un botón y una resistencia de 10 K Ω que permite realizar un reseteo total del programa en caso de falla del sistema.

Figura 67. Diagrama principal (conexión reset)



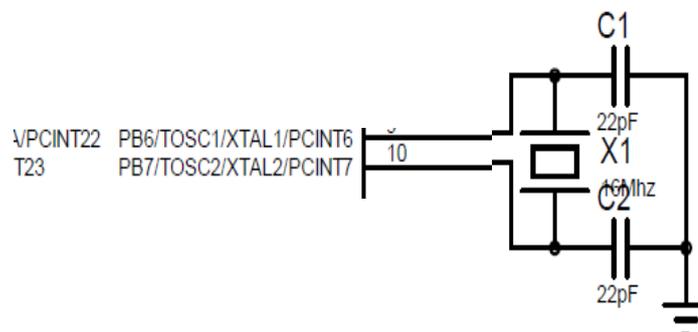
Fuente: Autores

Pines 6, 11, 12,13 (PD4, PD5, PD6, PD7). Son los que transmiten los datos desde el micro controlador hacia el LCD, para que el usuario pueda visualizar la información.

Pines 14, 15 (PB0, PB1). El PB0 está conectado al enable del LCD el cual permite controlar el funcionamiento del LCD, y el PB1 está conectado al RS del LCD para establecer un control del LCD.

Pines 9, 10 (PB6, PB7). En estos pines se conecta el cristal de 16MHz conectados con dos capacitores de 22pF, dicho circuito permite que; el oscilador genere pulsos de reloj para que el micro controlador funcione formando parte principal del circuito de control.

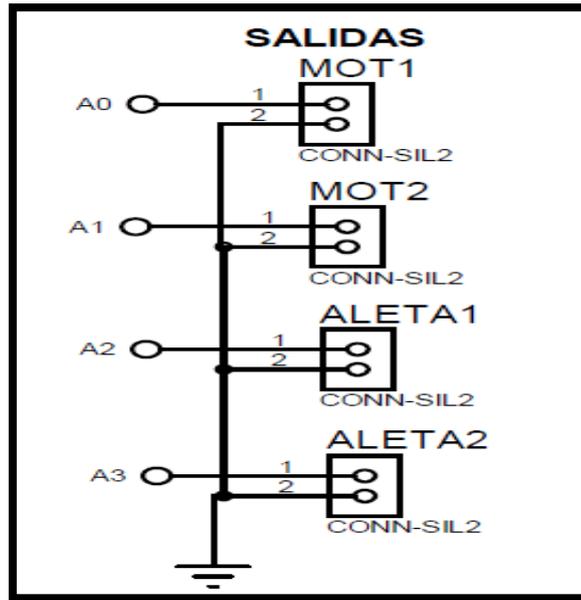
Figura 68. Diagrama principal (conexión cristal 16MHz)



Fuente: Autores

Pines 23, 24, 25, 26 (PC0, PC1, PC2, PC3). PC0 y PC1 Envían la señal de 5V para activar los electroventiladores, PC2 y PC3 activan los motores de las aletas de obturación.

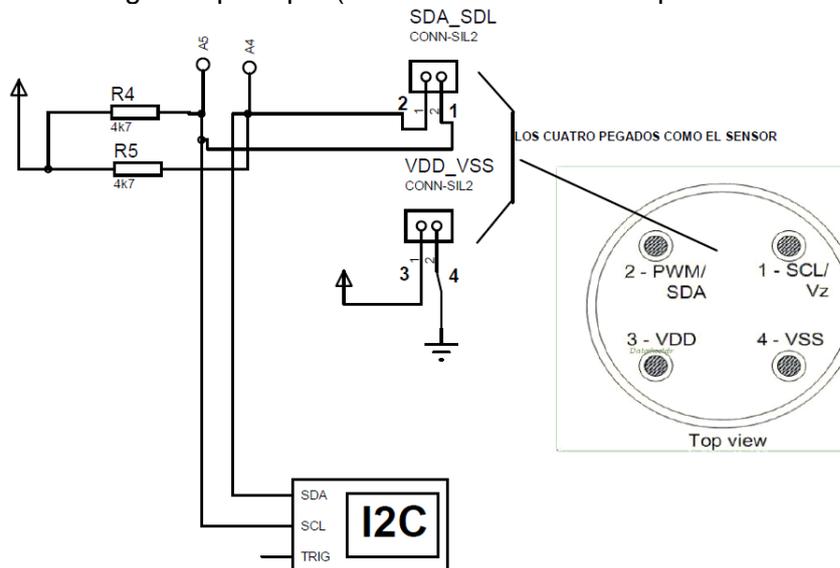
Figura 69. Diagrama principal (conexión electroventiladores, aletas de obturación)



Fuente: Autores

Pines 27, 28, (PC4, PC5). Estos pines se utilizan para una conexión I2C el cual permite controlar el sensor de temperatura MLX90614, cabe recalcar que necesita de 2 resistencias de 4.7 K Ω conectadas a 5 V o VCC.

Figura 70. Diagrama principal (conexión sensor de temperatura MLX90614)



Fuente: Autores

Pines 4, (PD2). Por este pin ingresa la señal PWM proveniente de la señal de la ECU la cual nos brinda la señal de velocidad a través de pulsos (0 – 5V). Ya que esta señal es tomada de la ECU del vehículo.

Figura 71. Diagrama principal (conexión sensor de velocidad)

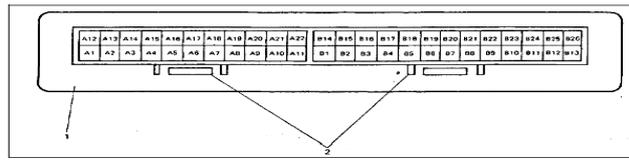


Fig. 3.1 Conectores de la ECU
1 ECU 2 Conectores A y B respectivamente

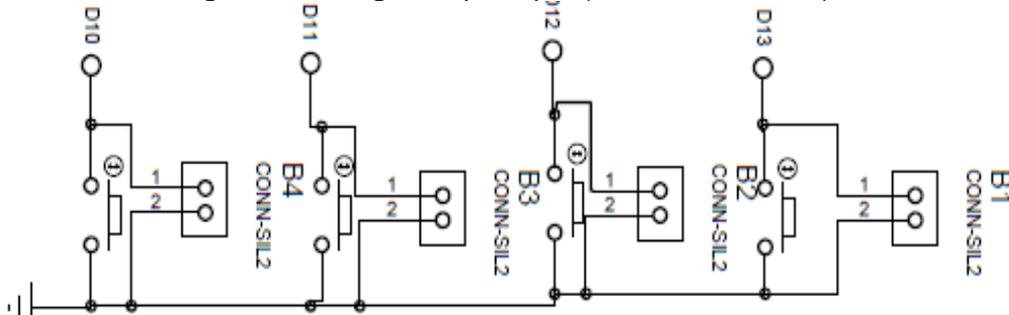
- A1 Corriente de respaldo de la ROM.
- A2 Puesta en marcha del motor.
- A3 Ciclo de trabajo.
- A4 Disparo de encendido.
- A5 Relé de la bomba de combustible.
- A6 Interruptor de prueba.
- A7 Sensor de velocidad del vehículo VSS.



Fuente: Autores

Pines 16, 17, 18, 19 (PB2, PB3, PB4, PB5). En estos se conecta pulsadores que permiten elegir, PB2 selecciona entre la temperatura y la velocidad y PB3 - PB4 seleccionan la cantidad numérica, ya sea velocidad o temperatura en escala numérica de 5 y el rango de 0-160.

Figura 72. Diagrama principal (conexión botones)



Fuente: Autores

3.9 Diseño del circuito de potencia de activación de aletas de obturación

El circuito de potencia que controla la activación de los electros ventiladores y los motores de activación de las aletas de obturación consta de:

- Molex de 3
- Molex de 2
- Resistencia de 220 Ω
- 1 Integrado 14N25

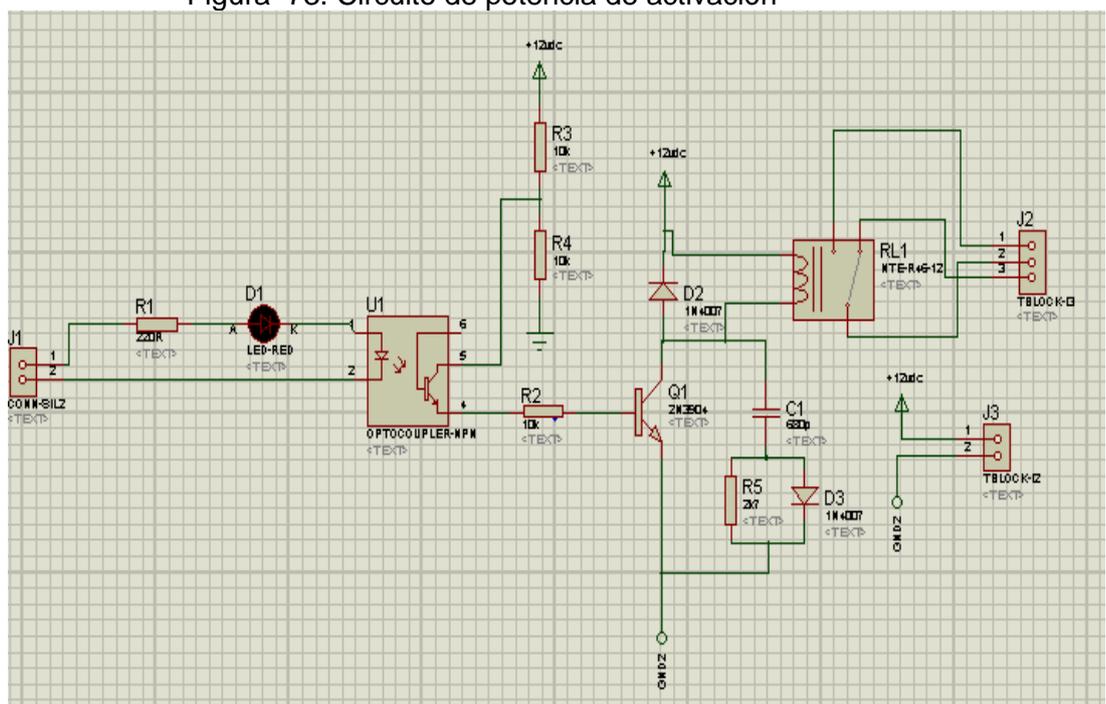
- 3 resistencias de 10 K Ω
- 1 resistencia de 2.7 K Ω
- 2 diodos 1N4007
- 2 Transistores N3904
- 1 capacitor de 680 pF
- 1 relé de 12V

La señal es enviada del microcontrolador con un voltaje de 5 V a través de la resistencia de 220 Ω esta limita la corriente que ingresa al integrado 14N25 para su activación.

El mismo satura un transistor permitiendo que exista un voltaje en la resistencia de 2 K Ω , el cual provoca una mínima corriente de activación en la base del transistor, lo que permitirá que el transistor 2N3904 conmute, provocando que el relé de 12 V funcione y a su vez active el elemento que está conectado al relé (motores lineales o electroventiladores).

Cabe recalcar que el diodo 1N4007 está conectado en paralelo a la bobina del relé para proteger de cierta manera el circuito electrónico. El capacitor 680 pF, resistencia de 2.7K Ω y el diodo 1N4007 conforman un circuito de protección contra sobre voltajes provocados de alguna manera de los circuitos de potencia.

Figura 73. Circuito de potencia de activación



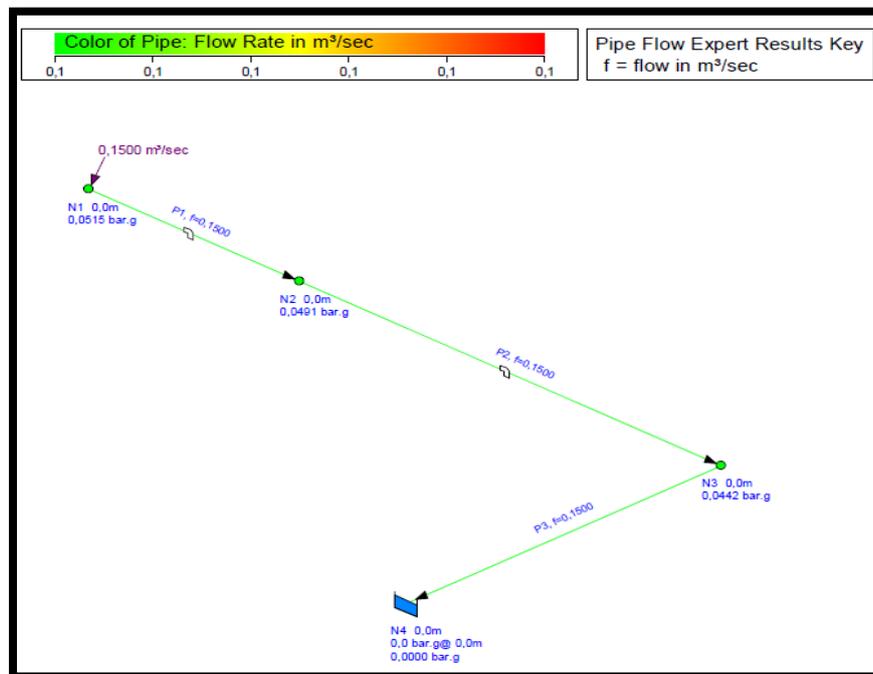
Fuente: Autores

3.10 Simulación del sistema

3.10.1 Simulación del sistema de tuberías. Luego de haber realizado el estudio del sistema y obtenido los cálculos necesarios recurrimos al programa PIPE FLOW EXPERT ya que este software nos permite obtener resultados de presiones, caudales y velocidades de flujo desde su entrada hasta la llegada o salida, pudiendo así comparar con los resultados ya calculados.

Pasos de la simulación. En este software se va a definir todos los elementos del sistema y se representa por líneas y puntos nodales. Primer punto se dibuja las tuberías de entrada y salida del sistema.

Figura 74. Sistema de ventilación de los discos de freno



Fuente: Autores

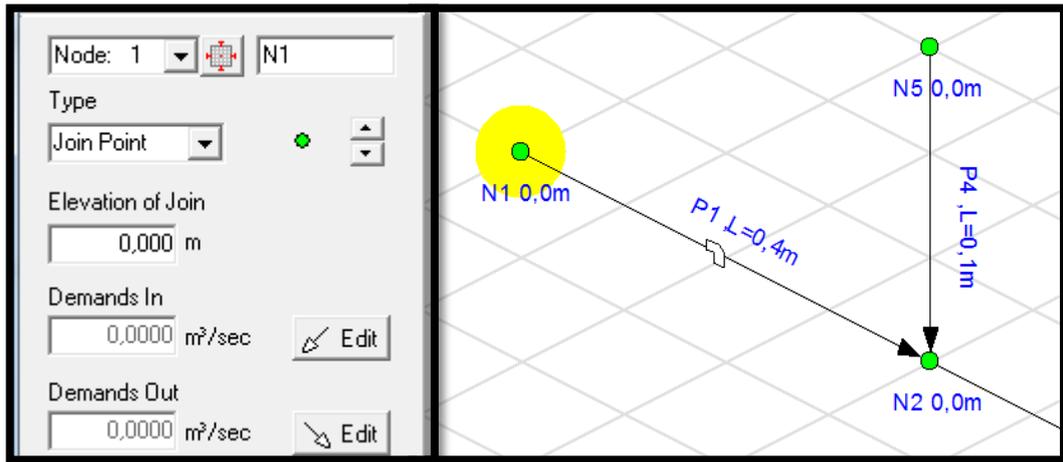
Se coloca todos los datos que solicita el programa. Por ejemplo diámetros de la tubería, rugosidades caudales que necesitamos, etc.

Definición de los nodos. El sistema consta de 10 nodos representados con la letra N seguido del número de serie, cada unión es un nodo ya sea punto de partida o llegada de una tubería.

Los elementos que tenemos a la izquierda serán incorporados en el sistema como las tuberías con su respectiva designación y material, tanques de presión, depósito, compresores, etc.

Opciones para colocar datos sobre el ingreso del fluido en la tubería, como se muestra a continuación.

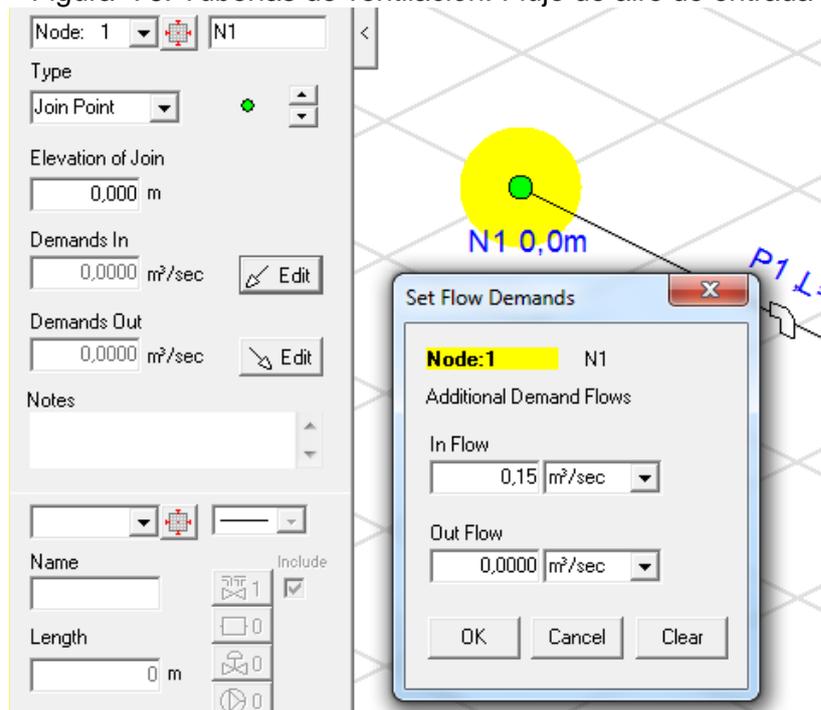
Figura 75. Tuberías de ventilación, nodos



Fuente: Autores

En el nodo N1 se necesita un caudal de entrada ya calculado de $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$.

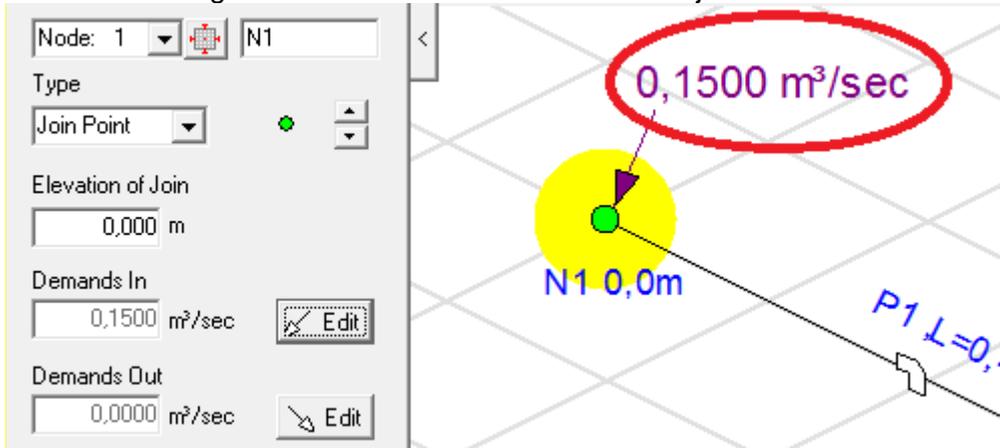
Figura 76. Tuberías de ventilación. Flujo de aire de entrada



Fuente: Autores

De esta manera queda definido el caudal de entrada.

Figura 77. Tuberías de ventilación. Flujo de aire de entrada

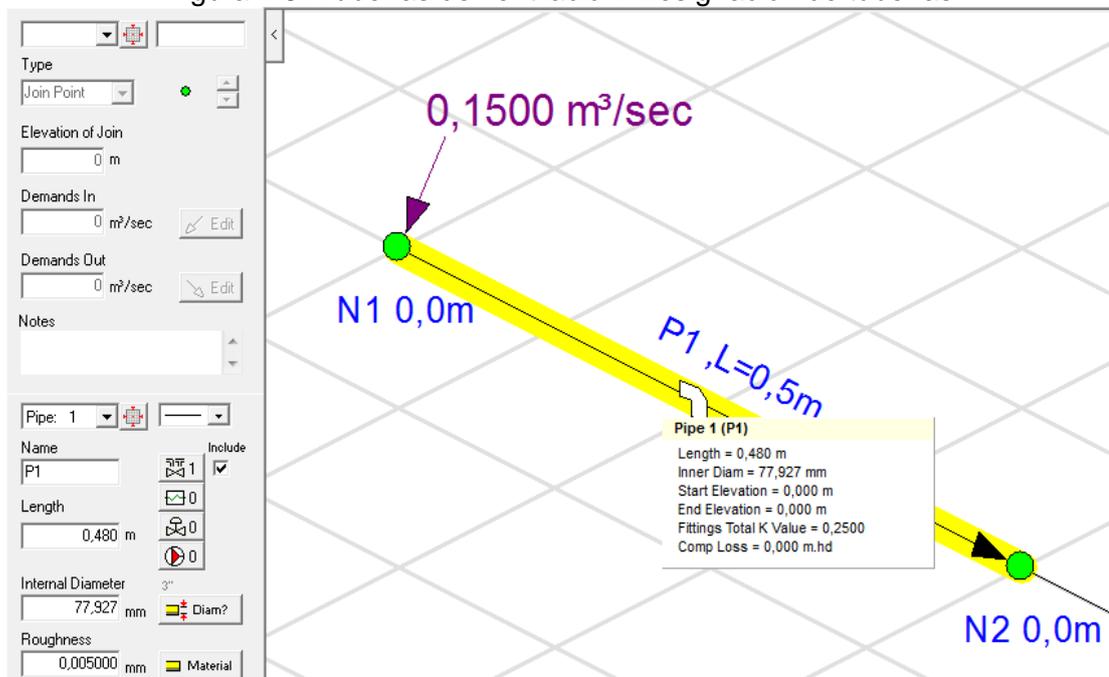


Fuente: Autores

Procedemos a colocar las tuberías del sistema y se les designa con la letra P y el número de orden de acuerdo a la serie que se vaya dibujando.

Para este estudio analizamos con la velocidad del vehículo en 90 Km/h.

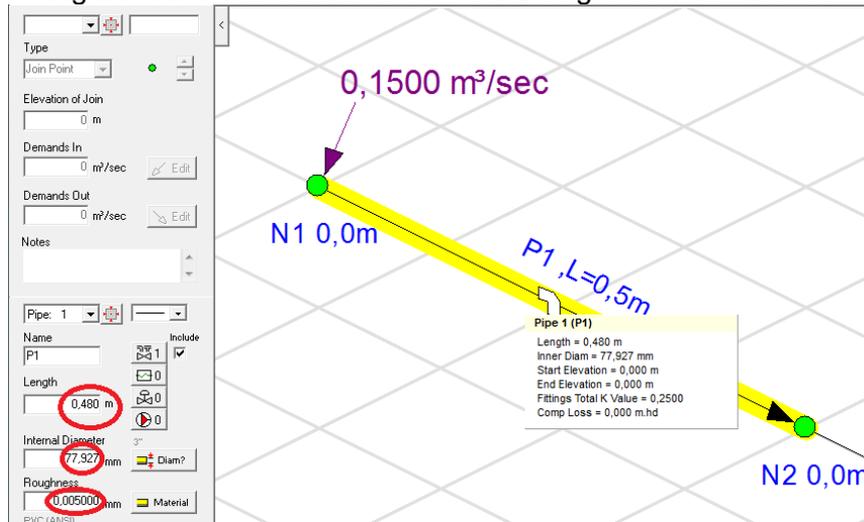
Figura 78. Tuberías de ventilación. Designación de tuberías



Fuente: Autores

Para colocar los diámetros interior y exterior, rugosidades y longitudes nos vamos a la siguiente barra de herramientas:

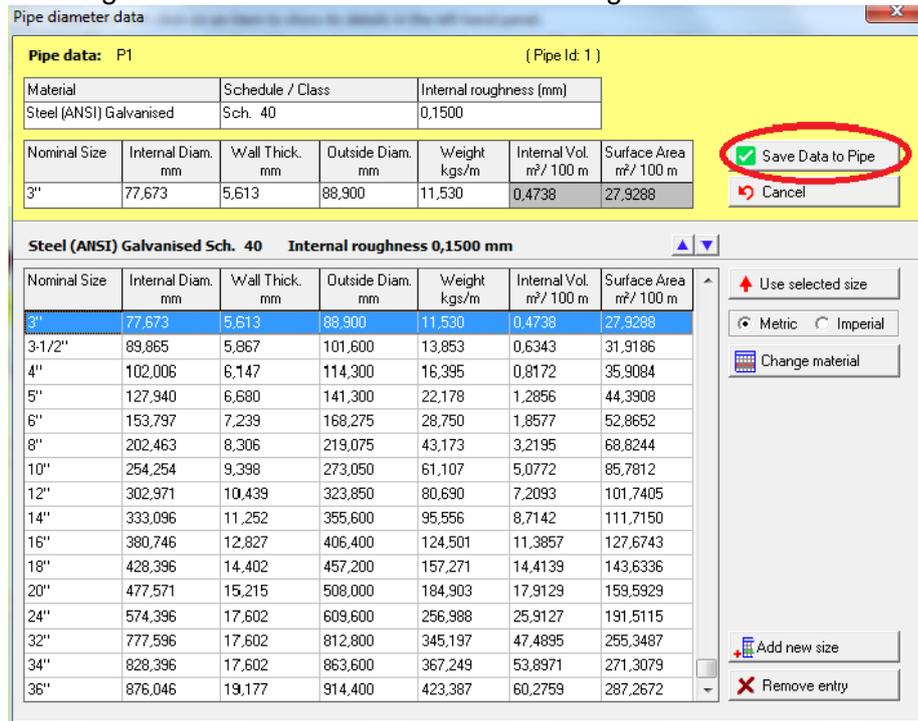
Figura 79. Tuberías de ventilación. Designación de tuberías



Fuente: Autores

La sección de tubería viene establecido por los datos que da el programa. Luego de seleccionar el diámetro damos clic en “Save Data Pipe” como muestra la figura.

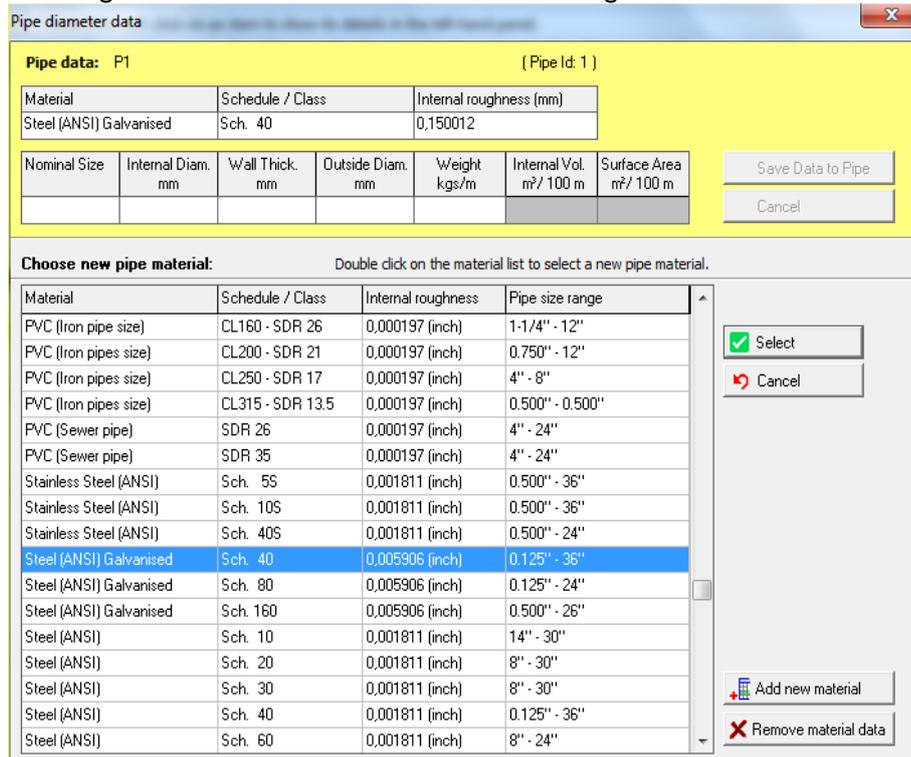
Figura 80. Tuberías de ventilación. Designación de tuberías



Fuente: Autores

En la barra de herramientas que tenemos a continuación se selecciona el tipo de material, este por lo general viene establecido pero si no lo tenemos procedemos como se ve en la figura.

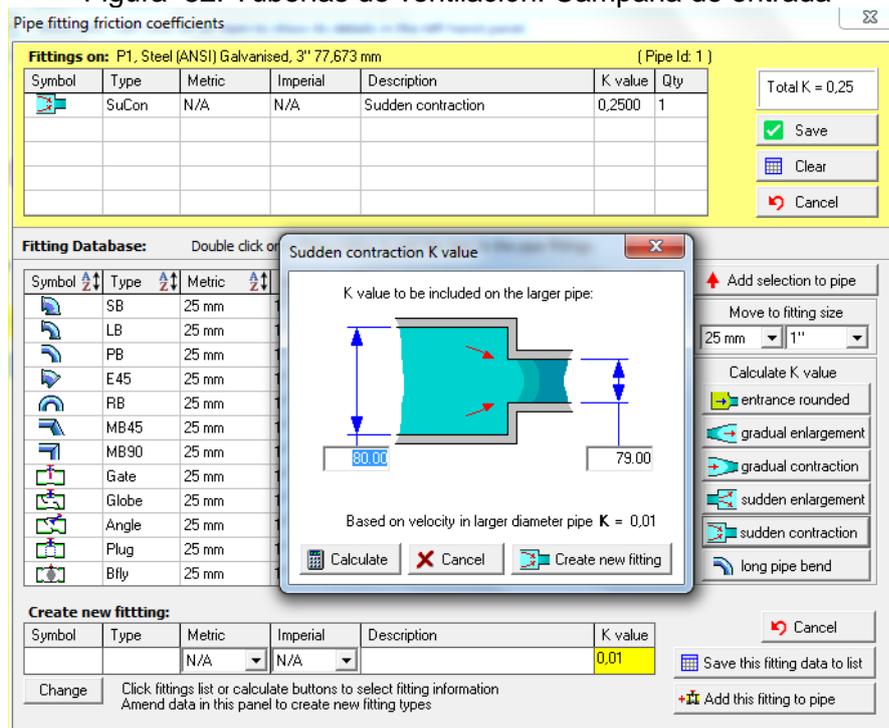
Figura 81. Tuberías de ventilación. Designación de tuberías



Fuente: Autores

Para agregar accesorios al sistema por ejemplo una campana en la entrada escogemos y damos las medidas que necesitamos, de esta manera obtenemos el factor K de pérdidas por accesorio que agreguemos.

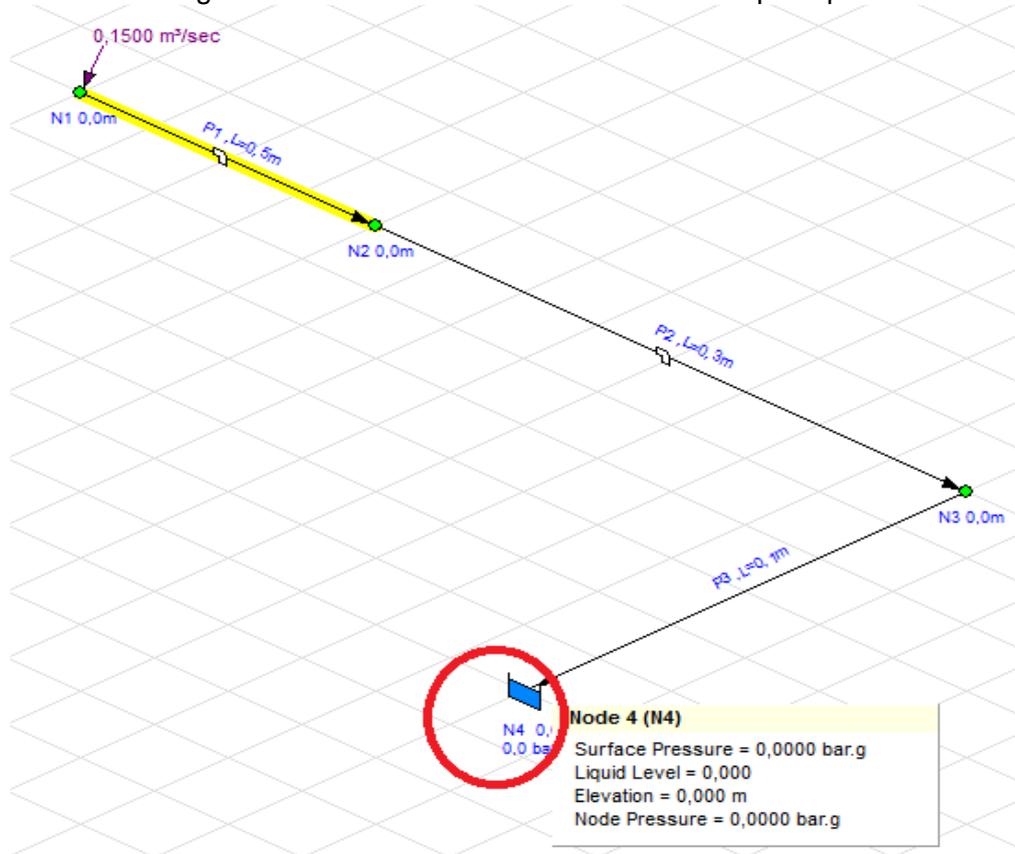
Figura 82. Tuberías de ventilación. Campana de entrada



Fuente: Autores

A continuación agregamos un acumulador de gas para verificar a que presión, velocidad y el caudal llega el aire a este punto.

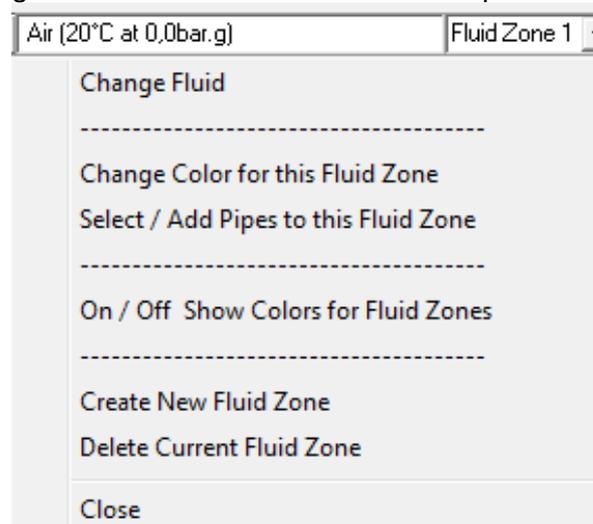
Figura 83. Tuberías de ventilación. Sistema principal



Fuente: Autores

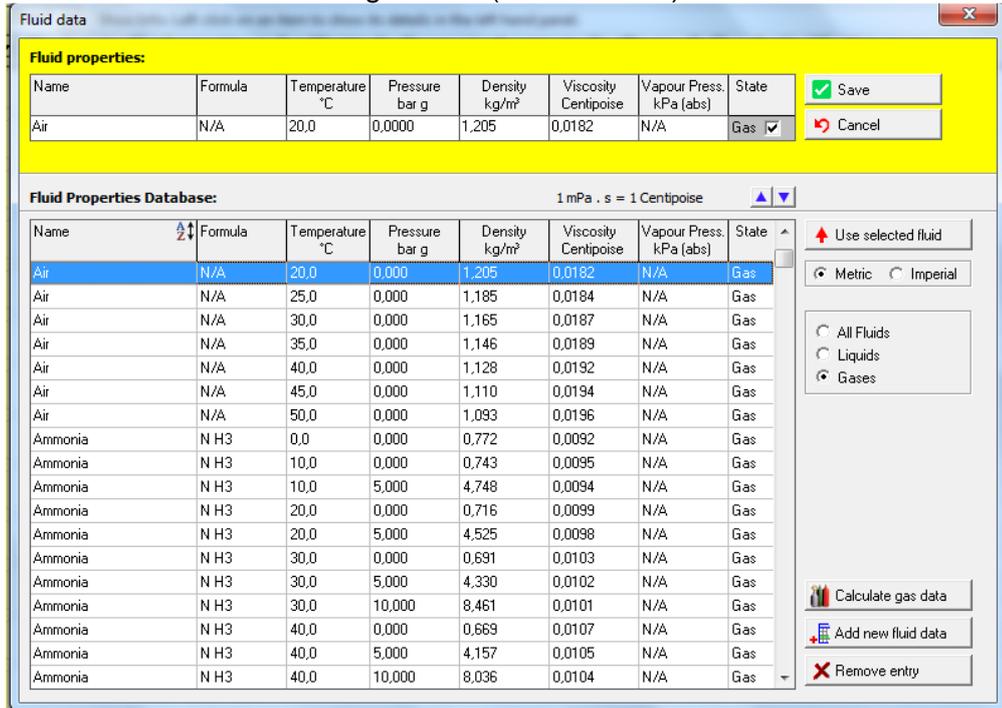
Finalmente escogemos el tipo de fluido y su temperatura.

Figura 84. Tuberías de ventilación. Tipo de fluido



Fuente: Autores

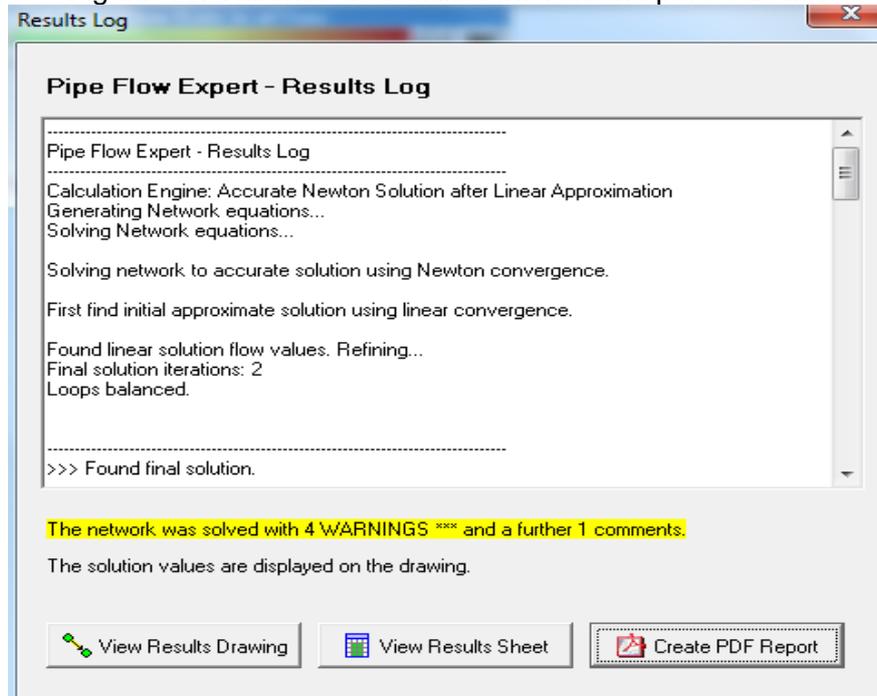
Figura 85. (Continuación)



Fuente: Autores

Luego de haber ingresado todos los parámetros para la simulación damos en “calculate” y el sistema nos da los resultados de la simulación.

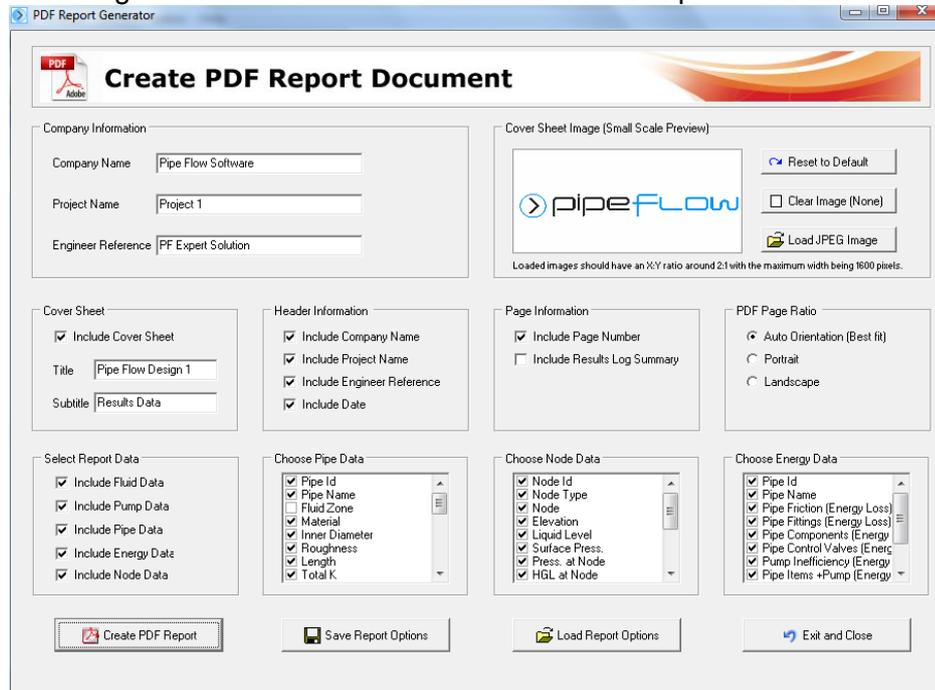
Figura 86. Tuberías de ventilación. Ventana para cálculos



Fuente: Autores

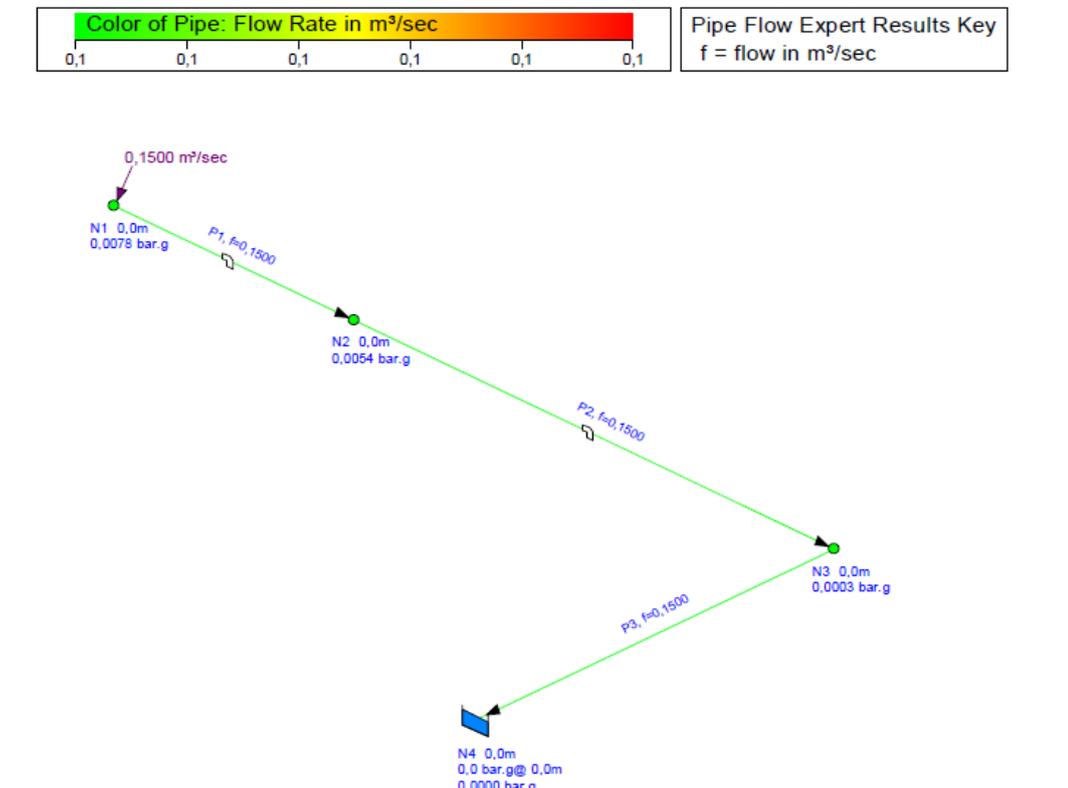
Los resultados nos dan en formato PDF escogiendo la opción Create PDF Report Document.

Figura 87. Tuberías de ventilación. Ventana para cálculos



Fuente: Autores

Figura 88. Tuberías de ventilación. Circuito principal



Fuente: Autores

Figura 89. Datos del fluido del sistema de ventilación

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature	Pressure bar.g	Density Kg/m3	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure	state
1	Air	N/A	20,00	0,000	1,205	15,104	0,018	N/A	Gas

Fuente: Autores

En la siguiente figura nos muestra todos los datos resultantes de la simulación con los cuales podemos realizar las comparaciones.

Figura 90. Resultados del sistema principal de ventilación

Pipe Id	Pipe Name /Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow Kg/sg	Flowm3/sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit pressure bar.g
1	P1	3" Steel (ANSI) Galvanised Sch.40	77,673	0,150	0,480	0,2500	0,1807	0,1500	*31,656 (Flow Velocity is high)	0,0515	0,0491
2	P2	3" Steel (ANSI) Galvanised Sch.40	77,673	0,150	0,120	0,7700	0,1807	0,1500	*31,656 (Flow Velocity is high)	0,0491	0,0442
3	P3	3" Steel (ANSI) Galvanised Sch.40	30,00	0,150	0,160	0,000	0,1807	0,1500	*212,207 (Flow Velocity is high)	0,0442	0,000

Fuente: Autores

Figura 91. Resultados de los nodos del sistema principal de ventilación

Node id	Node type	Node	Elevation	Liquid Level m	Surface Press bar.g	Press. At Node bar.g	HGL at Node m.hd Fluid	Demand in m3/sec	Demand Out m3/sec	Total Flow in m3/sec	Total Flow Out m3/sec
1	Joint point	N1	0,000	N/A	N/A	0,0515	435,924	0,1500	0,000	0,1500	0,1500
2	Joint point	N2	0,000	N/A	N/A	0,0491	415,482	0,000	0,000	0,1500	0,1500
3	Joint point	N3	0,000	N/A	N/A	0,0442	374,222	0,000	0,000	0,1500	0,1500
4	Tank	N4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	N/A	N/A	0,1500	0,000

Fuente: Autores

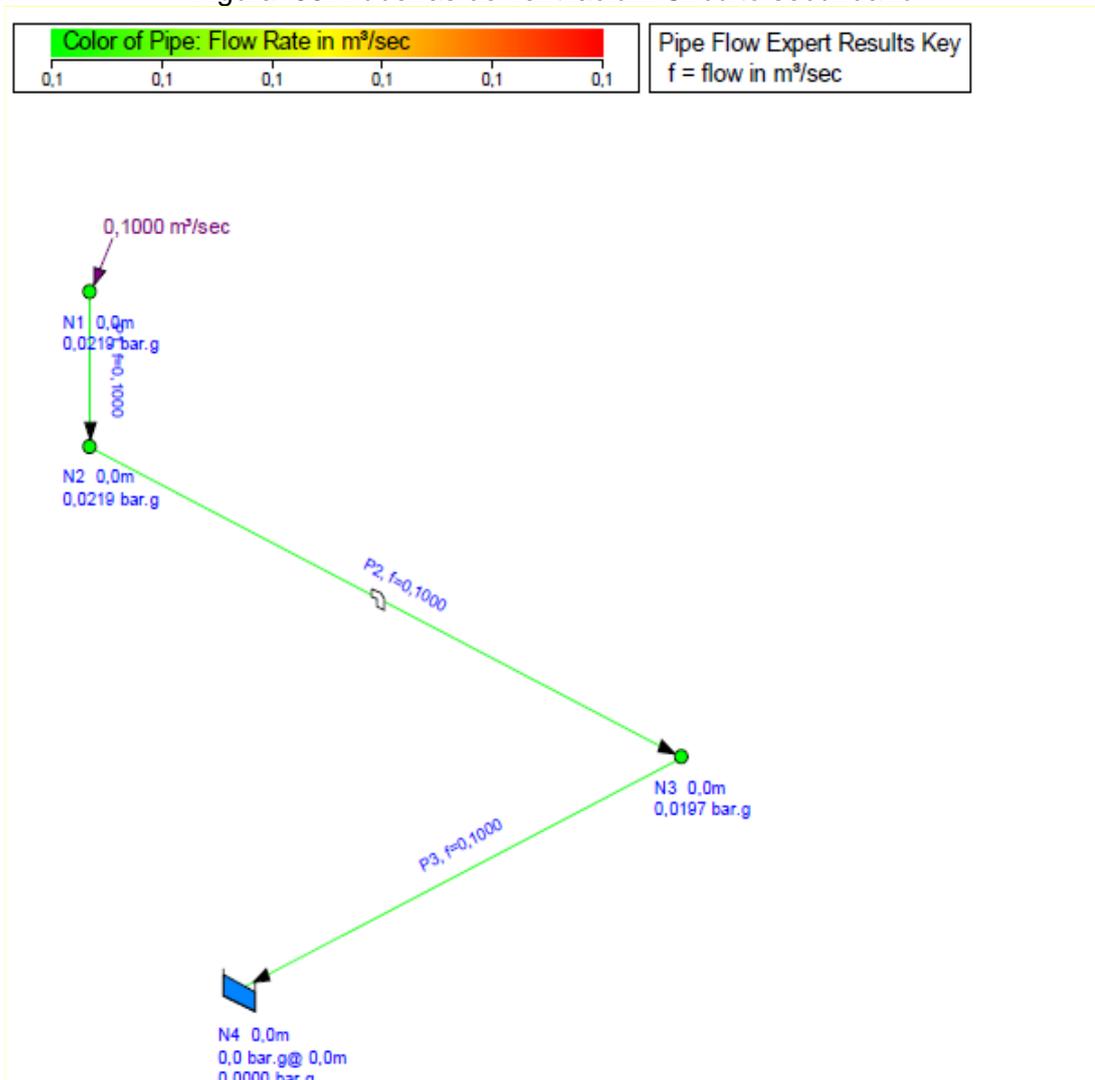
Figura 92. Resultados de energía utilizada del sistema principal de ventilación

Pipe Id	Pipe Name	Energy loss to pipe friction	Energy loss to pipe fittings	Energy loss to pipe components	Energy loss to pipe control valves	Energy loss to pump inefficiency	SUBTOTAL loss pipe items + pump	Energy loss to discharge pressure	Energy loss to change elevation	TOTAL USED sum of all items
		Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts
1	P1	0,022642	0,022642	0,0000	0,0000	N/A	0,036235	0,0000	0,0000	0,036235
2	P2	0,069737	0,069737	0,0000	0,0000	N/A	0,073135	0,0000	0,0000	0,073135
3	P3	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	N/A	0,663328	0,0000	0,0000	0,663354

Fuente: Autores

En la siguiente figura nos muestra todos los resultados de los elementos agregados, para el circuito de ventiladores auxiliares se aplica el mismo sistema de cálculo solamente cambiando el caudal de entrada.

Figura 93. Tuberías de ventilación. Circuito secundario



Fuente: Autores

A continuación se realiza la simulación de este circuito.

Figura 94. Datos del fluido del sistema secundario de ventilación

Fluid Name	Chemical Formule	Temperature	Pressure bar.g	Density Kg/m3	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure	state
Air	N/A	20,00	0,000	1,205	15,104	0,018	N/A	Gas

Fuente: Autores

En esta figura se muestra todos los resultados obtenidos en el circuito simulado y aquí se analiza el sistema y comparar los resultados obtenidos por medio del cálculo.

Figura 95. Resultados del sistema secundario de ventilación

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
1	P1	4" Steel Sch. 40	102,260	0,046	0,050	0,0000	0,1205	0,1000	12,176	0,0219	0,0219
2	P2	3" Steel (ANSI) Galvanised Sch. 40	77,673	0,150	0,120	0,7700	0,1205	0,1000	*21,104 (Flow Velocity is high)	0,0219	0,0197
3	P3	3" Steel (ANSI) Galvanised Sch. 40	30,000	0,150	0,160	0,0000	0,1205	0,1000	*141,471 (Flow Velocity is high)	0,0197	0,0000

Fuente: Autores

Figura 96. Resultados de los nodos del sistema secundario de ventilación

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. bar.g
1	Join Point	N1	0,000	N/A	N/A
2	Join Point	N2	0,000	N/A	N/A
3	Join Point	N3	0,000	N/A	N/A
4	Tank	N4	0,000	0,000	0,0000
Press. at Node bar.g	HGL at Node m.hd Fluid	Demand In m ³ /sec	Demand Out m ³ /sec	Total Flow In m ³ /sec	Total Flow Out m ³ /sec
0,0219	185,372	0,1000	0,0000	0,1000	0,1000
0,0219	185,296	0,0000	0,0000	0,1000	0,1000
0,0197	166,940	0,0000	0,0000	0,1000	0,1000
0,0000	0,000	N/A	N/A	0,1000	0,0000

Fuente: Autores

Figura 97. Resultados de energía utilizada del sistema secundario de ventilación

Pipe Id	Pipe Name	Energy Loss To Pipe Friction	Energy Loss To Pipe Fittings	Energy Loss To Pipe Components	Energy Loss To Pipe Control Valves
		Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts
1	P1	0,000090	0,000000	0,000000	0,000000
2	P2	0,001028	0,020663	0,000000	0,000000
3	P3	0,197274	0,000000	0,000000	0,000000
Energy Loss To Pump Inefficiency	SUBTOTAL Loss Pipe Items + Pump	Energy Loss To Discharge Pressure	Energy Loss To Change in Elevation	TOTAL USED Sum of All Items	
Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts	
N/A	0,000090	0,000000	0,000000	0,000090	
N/A	0,021690	0,000000	0,000000	0,021690	
N/A	0,197274	0,000000	0,000000	0,197274	

Fuente: Autores

Se observa que las velocidades de entrada al disco con las dos partes o sistemas, son altas, por lo tanto no son semejantes con los cálculos de diseño.

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN Y CONTROL ELECTRÓNICO

4.1 Introducción

En este capítulo se pone a consideración todos los procesos que fueron necesarios para la construcción física del sistema de ventilación así como se detalla los materiales que se utilizó y la mano de obra que fue necesario, siguiendo los estudios previos a esto, también se realizan las respectivas pruebas que determinar la eficacia del sistema y el análisis de sus resultados.

4.2 Construcción a partir del diseño de ventilación de los discos de freno

4.2.1 Construcción del circuito de tuberías y alojamiento del ventilador. Tomando en cuenta los aspectos que afectan a nuestro sistema como son ambientales, climáticos y que se expones a ciertos factores se tomó la decisión de construir los ductos de latón de 1.9 mm el cual es de peso ligero y facilidad de moldeo lo que es ideal para la construcción de nuestro sistema.

El latón escogido es de lata negra para facilitar el trabajo de pintura y de una capa de protección de rinolay.

Tabla 11. Tabla de espesores de láminas de latón

Tabla de Calibres para Lámina			
Calibre	Pulgadas	Milímetros	Libras por Pie Cuadrado
7	.187	4.7	7.871
8	.165	4.2	6.93
10	.135	3.4	5.670
11	.120	3.0	5.040
12	.105	2.7	4.427
13	.090	2.3	3.780
14	.075	1.9	3.154
16	.060	1.5	2.520
18	.048	1.2	2.016
20	.036	0.9	1.512
22	.030	0.8	1.260
24	.024	0.6	1.008
26	.020	0.5	0.756
28	.015	0.4	0.634

Fuente: <http://www.megamex.com/documents>

Figura 98. Piezas de latón que conforman los ductos



Fuente: Autores

Para fines de doblado y mejor acabado se cortó los elementos que constituyen el ducto de ventilación con medidas aumentadas para facilitar su doblado y su mejor ensamblaje, todo esto gracias al latón que permite realizar todo este tipo de procesos para obtener un excelente acabado en su constitución.

Figura 99. Piezas laterales de los ductos



Fuente: Autores

Con la ayuda de una cortadora o cizalla se procedió a cortar las demás partes de los elementos de los ductos, y con la ayuda de una dobladora para realizar las curvas de los elementos de latón para el ensamblaje.

Figura 100. Ensamblado de las partes de los ductos de ventilación



Fuente: Autores

Figura 101. Ensamble de las caracolas donde van alojados los ventiladores



Fuente: Autores

Hay que considerar la posición de los ventiladores ya que la forma de sus aletas solo direcciona el aire en un solo sentido.

Figura 102. Reducción de la tubería para incrementar velocidad



Fuente: Autores

Estas reducciones van acopladas a los elementos flexibles (mangueras).

Figura 103. Unión del ventilador y su alojamiento al ducto de ventilación



Fuente: Autores

Figura 104. Pulido y amolado para quitar desperfectos de los elementos



Fuente: Autores

Se realizó este proceso ya que quedan imperfecciones y residuos del material fundente de la soldadura, lo que impide un correcto acabado al momento de pintar y recubrir.

Posteriormente se procedió a la construcción de la reducción de 3 a 1 pulgada, para mejorar el moldeo de este cono se utilizó un tubo de acero del mismo diámetro como matriz.

Figura 105. Construcción de la reducción de tubería



Fuente: Autores

Para direccionar el aire hacia el disco de freno necesitamos hacer un agujero en el protector del disco (guarda polvo) y acoplar un entrada que nos facilite la sujeción de la manguera, para esto ocupamos un tubo de 1 in que va soldado al guardapolvo mediante suelda oxiacetilénica.

Figura 106. Acoples para mangueras en los discos de freno



Fuente: Autores

4.3 Implementación del sistema mecánico en el vehículo

Luego de haber dado un toque de pintura y haber ensamblado minuciosamente el electroventiladores dentro de las caracolas procedemos a colocar en los ductos los motores lineales que son los encargados de abrir las aletas.

Figura 107. Instalación de componentes en los ducos de ventilación



Fuente: Autores

Luego de tener listo los ductos de ventilación con todos sus componentes instalados y calibrados procedemos a colocar en el vehículo (parte inferior delantera).

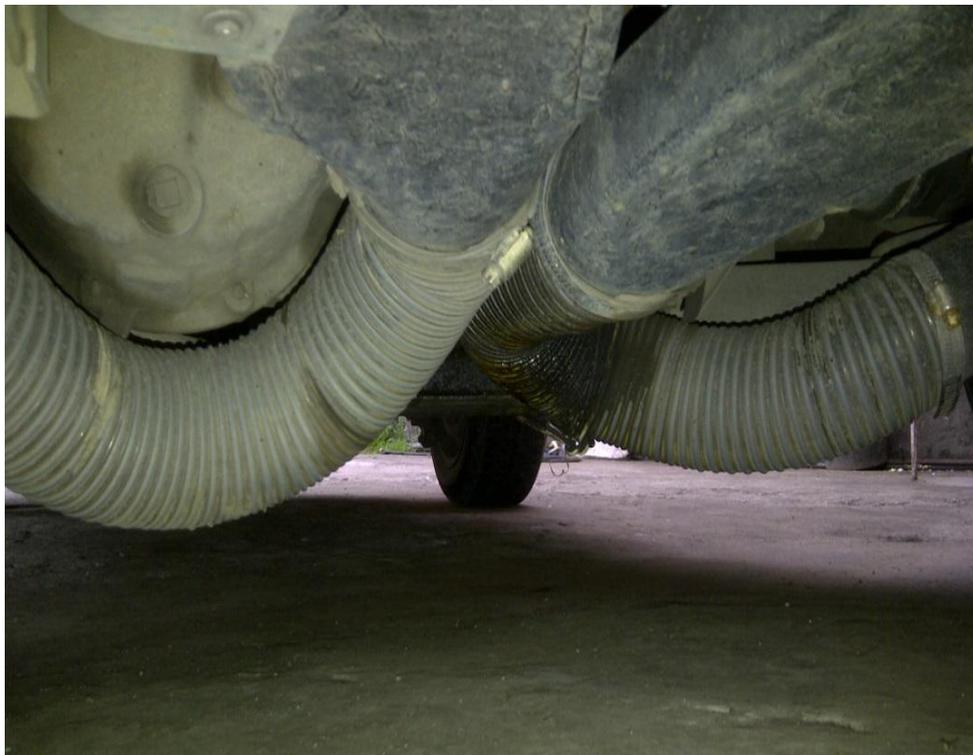
Fig. 108. Instalación de los ductos de ventilación en el vehículo



Fuente: Autores

Seguidamente procedemos a colocar las mangueras que llevan el aire hacia los ductos.

Figura 109. Instalación de las mangueras en el ducto de ventilación, hacia los discos de freno



Fuente: Autores

4.4 Implementación y montaje del circuito electrónico y de control

Para instalar el circuito electrónico se hizo el estudio de los problemas que existen en las instalaciones eléctricas cuando se toma como fuente de energía la batería del vehículo.

Ya que los diversos accesorios de este provocan ruido eléctrico lo que produce que el sistema tenga inconveniente e interferencias.

Para evitar estos problemas manteniendo como fuente de energía la batería del vehículo que es de 12V y 45 A se dotó al sistema, de capacitores en todas las entradas de energía de todos los circuitos y accesorios del sistema.

Figura 110. Batería del vehículo 12 V, 45 A



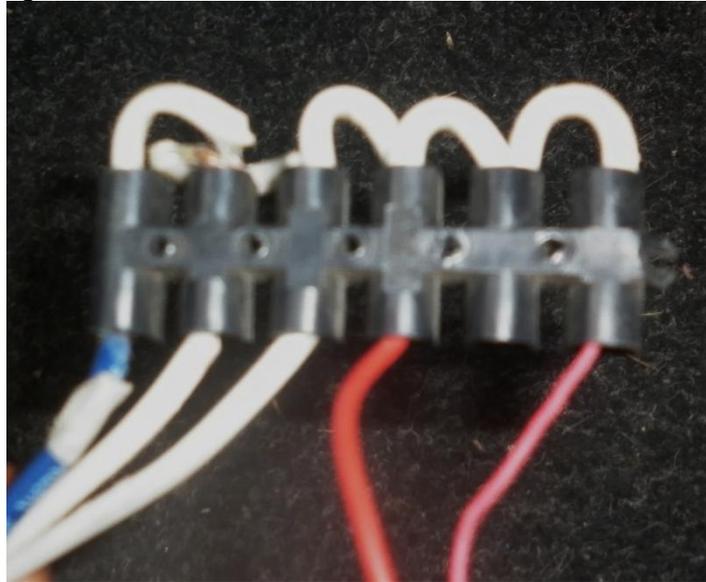
Fuente: Autores

Para tender la red de cableado de los diferentes accesorios y circuitos del sistema se tomó como base un código de colores descrito a continuación:

- Blanco A.W.G 12, positivo de la batería
- Blanco con negro A.W.G 12, negativo de la batería
- Verde A.W.G 14, positivo de los circuitos
- Azul A.W.G 14, negativo de los circuitos
- Blanco y marrón A.W.G 14, señal de activación motores lineales y electroventiladores
- Rojo A.W.G 12, positivo de la batería que va dentro del habitáculo

Teniendo dentro de la cabina del vehículo una fuente de energía que proviene de la batería se procedió a la conexión de los cables de alimentación y tierra para los circuitos y los accesorios.

Figura 111. Fuente de alimentación dentro del vehículo



Fuente: Autores

Para el control de los motores lineales de la apertura de las aletas de obturación se instaló un módulo de control el cual envía la señal de activación, este módulo consta de un soquet de 8 cables en donde el rojo es de alimentación, negro tierra, azul y verde señales de activación, blanco y marrón receptores de señal del pic.

Figura 112. Módulo de control de potencia



Fuente: Autores

Mazo de cables de alimentación tierra y señal que conectan los motores lineales de apertura de mariposa de obturación, y electroventiladores.

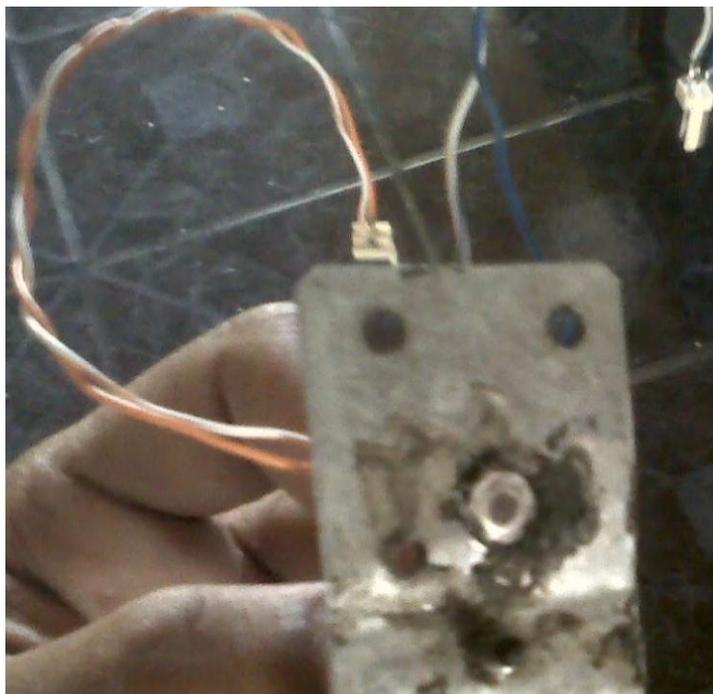
Figura 113. Cableado del sistema electrónico



Fuente: Autores

Instalación del sensor de temperatura infrarrojo en el plato protector del disco de freno (guarda polvo).

Figura 114. Placa sensor de temperatura



Fuente: Autores

Para proteger el circuito y tener una mejor comodidad para el encendido del circuito se instaló un switch de paso de corriente dentro del habitáculo del vehículo cerca a la palanca de cambios.

Figura 115. Switch de activación del sistema



Fuente: Autores

La consola que contiene el teclado y el led de visibilidad, para comodidad se ubicó dentro del vehículo junto al asiento del copiloto para así poder tener la comodidad necesaria el momento de interactuar con el sistema evidenciando y modificando parámetros de funcionamiento.

Figura 116. Consola de control del sistema



Fuente: Autores

4.4.1 Tarjetas de control del sistema

4.4.1.1 Circuito principal del control de temperatura. El circuito principal de control de temperatura está conformado por un micro controlador ATMEGA 328P de la serie de ATMET.

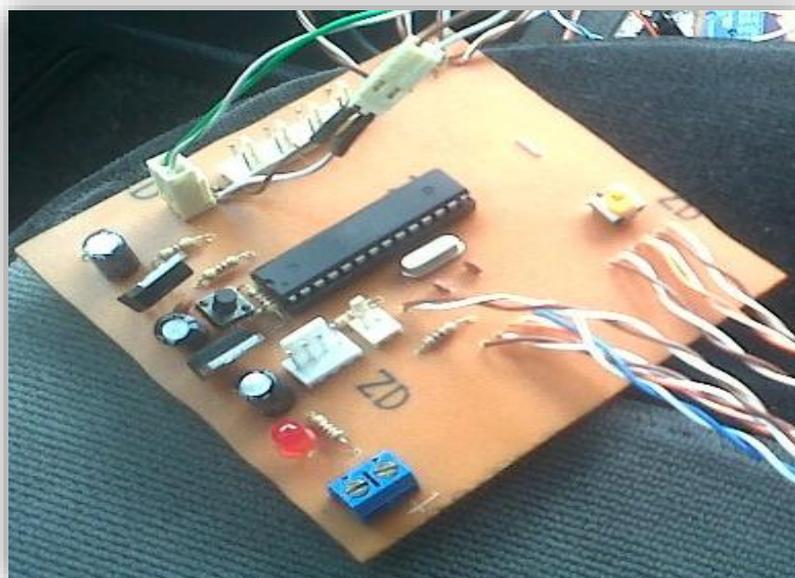
Para su trabajo está configurado por un cristal de 16MHz y dos capacitores de 22 pF.

Además cuenta con una etapa de rectificación ya que el micro controlador trabaja con 5 V con condensadores el 7812 y 7805, aparte de esto tenemos la entrada de señal del sensor de velocidad a través de amplificador seguidor que es el encargado de nivelar los voltajes entre la señal que envía el vehículo este caso de 0 a 5 V y entra al micro controlador.

También tenemos un pin de conexión para un LCD que es de 20x4, 4 conectores que son para las distintas funciones del teclado que se encargan de variar los distintos rangos de temperatura y velocidad.

Adicional a esto tenemos leds que informan del funcionamiento del circuito, capacitores que ayudan a nivelar el voltaje del circuito y aterrizar el ruido y las resistencias de 4.7K Ω que están conectado a los pulsadores.

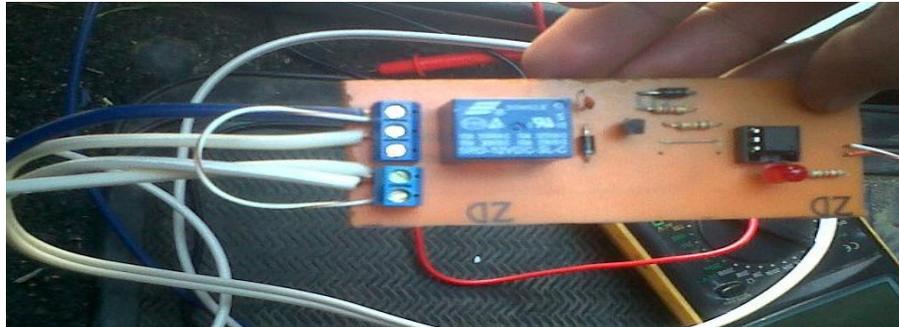
Figura 117. Circuito principal de control de temperatura



Fuente: Autores

4.4.1.2 Circuito de interfaz de potencia. Tiene un integrado 4NP05 que permite dividir las señales del micro controlador con las señales de potencia las cuales van a accionar el motor, el relé se controla a través de un BJT 2N3904.

Figura 118. Circuito de interfaz de potencia



Fuente: Autores

4.4.1.3 Botonera y funciones. La botonería en la caja de control está caracterizada por 4 botones.

- El primer botón. Seleccionar sirve para ingresar al modo, modificar parámetros de velocidad, temperatura y por ende regresar a pantalla inicial del sistema.
- El segundo y tercer botón. Sirve para calibrar los niveles en dígitos de 5 en 5 los parámetros de velocidad y temperatura.
- El cuarto botón. Sirve para formatear al sistema restableciendo los valores iniciales del sistema.

4.4.1.4 Carcasa. La carcasa nos permite alojar todas las placas electrónicas del sistema así como la botonería y la pantalla.

Figura 119. Carcasa



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS DE LOS ELEMENTOS DE SISTEMA Y SU FUNCIONAMIENTO

5.1 Prueba de consumos de corriente de elementos de ventilación

Es fundamental conocer cuál es el consumo de los elementos eléctricos y electrónicos ya que este factor puede ser un factor negativo en el desempeño del vehículo.

Tabla 12. Consumos de elementos eléctricos, y electrónicos del sistema de ventilación

ELEMENTOS	Consumo en arranque (A)	Consumo funcional (A)
Electro ventilador derecho	17	5,25
Electro ventilador izquierdo	17	5,23
Motor lineal derecho	3,2	3
Motor lineal izquierdo	3,2	3
LCD, y otros	0,75	0,5

Fuente: Autores

5.2 Prueba estática de los discos

Teniendo un conocimiento bastante aceptable de la temperatura ideal del disco de freno se procedió a realizar una prueba estática en los rodillos de taxímetro

Luego calentamos los frenos hasta 100 °C, se puso el vehiculó en marcha hasta una velocidad 70 Km/h, y se controló el enfriamiento hasta alcanzar los 78°C.

Tabla 13. Valores de la prueba estática de enfriamiento del disco

Temperatura ambiente	20,5 °C
Temperatura inicial del disco de freno izquierdo	104,1 °C
Temperatura inicial del disco de freno derecho	105 °C
Velocidad promedio	70 km/h
Tiempo de enfriamiento	2 min, 30 s
Temperatura disco izquierdo (Pirómetro)	80 °C
Temperatura disco derecho (Pirómetro)	80,5 °C
Temperatura ambiente	20,5 °C

Fuente: Autores

5.3 Pruebas en carretera

5.3.1 Programación del circuito de control. El circuito principal electrónico trae consigo valores de velocidad y temperatura establecido, pero en esta ocasión estos serán modificados ingresando al modo de ingresar parámetros y establecer los que necesitamos para la prueba, de acuerdo a la velocidades de los electroventiladores que fueron de 12 m/s y 15 m/s , sacamos un promedio quedando en 13,5 m/s que equivale a 48,8 km/h, por lo que los electroventiladores están en rango de funcionamiento de 0 y 50 km/h, al igual que la activación de las aletas de obturación desde 50 a 160 km/h.

Temperatura a controlar. Para acercarnos a la temperatura óptima de funcionamiento de los discos de freno podemos establecer valores de temperatura ingresándolos en el módulo electrónico mediante el teclado, estos valores dependerán mucho del tipo de conducción y trazado del recorrido.

La temperatura óptima de acuerdo a nuestro vehículo y a los estudios de los parámetros que influyen en la misma es 70 a 90 °C.

$$T_{\text{control}} = \frac{T_{\text{ideal}} + T_{\text{ambiente}}}{2} \quad (32)$$

Dónde:

T_{control}: Es la temperatura a controlar, en (°C).

T_{ideal}: Es la temperatura ideal de funcionamiento de los discos, en (°C).

T_{ambiente}: Es la temperatura del aire ambiente, en (°C).

Como en los cálculos de capítulo 1 se basan a una temperatura ambiente de 20 (°C), ahora vamos a hacer la misma suposición.

$$T_{\text{control}} = \frac{(80 + 20)^{\circ}\text{C}}{2}$$

$$T_{\text{control}} = 50^{\circ}\text{C}$$

De modo que la temperatura de programación en el control va a ser de 50 °C.

Prueba dinámica de los discos. Ahora se procedió a realizar la prueba dinámica en una carretera cercana que nos brinde las condiciones para esta, procediendo a calentar los discos de freno y teniendo como objetivo una temperatura a controlar de 60 °C a 50°C.

Tabla 14. Valores de la prueba dinámica de enfriamiento del disco

Temperatura ambiente	23,2 °C
Temperatura del disco de freno (LCD)	60 °C
Velocidad promedio	80 km/h
Tiempo de enfriamiento	3 min,6 s
Temperatura final del disco de freno (LCD)	50 °C

Fuente: Autores

Para la realización de esta prueba se desactivaron tanto los electroventiladores, y aletas de obturación.

Prueba de aletas de obturación. Ahora se abrieron las aletas de obturación de aire, y así se estima el tiempo de enfriamiento.

Tabla 15. Valores de la prueba dinámica de enfriamiento del disco con aleta de obturación abierta

Temperatura ambiente	23,2 °C
Temperatura del disco de freno (LCD)	60 °C
Velocidad promedio	80 km/h
Tiempo de enfriamiento	1 min, 29 s
Temperatura final del disco de freno (LCD)	50 °C

Fuente: Autores

Con la entrada de aire natural por los ductos de ventilación a una velocidad de 80 km/h, el tiempo de enfriamiento es aproximadamente la mitad del el que tarda en llegar a la misma temperatura el disco con aleta cerrada.

Prueba de ventiladores. Ahora se procedió a realizar la prueba con los electroventiladores encendidos tomando en cuenta que, las temperaturas son las

mismas antes mencionadas y por ende la velocidad del vehículo de acuerdo a los parámetros establecidos de programación debe ser inferior o 50 km/h.

Tabla 16. Valores de la prueba dinámica de enfriamiento del disco con ventilador encendido

Temperatura ambiente	32,5 °C
Temperatura del disco de freno (LCD)	60 °C
Velocidad de aire de ventiladores	50 km/h
Velocidad promedio	35 km/h
Tiempo de enfriamiento	3 min, 15 s
Temperatura final del disco de freno (LCD)	50 °C

Fuente: Autores

Con esta prueba se evidencio que el tiempo de enfriamiento con los electroventiladores es mayor a cualquier otra, a mayor velocidad ya que estos elementos tienen un caudal de aire constante.

A continuación se la misma prueba con ventiladores apagados.

Tabla 17. Valores de la prueba dinámica de enfriamiento del disco con ventilador apagado

Temperatura ambiente	31 °C
Temperatura del disco de freno (LCD)	60 °C
Velocidad promedio	35 km/h
Tiempo de enfriamiento	3 min, 44 s
Temperatura final del disco de freno (LCD)	50 °C
Temperatura ambiente	31 °C

Fuente: Autores

Evidenciamos que el tiempo de enfriamiento con los electros ventiladores apagados es aproximadamente un minuto y medio más que con los electros ventiladores encendidos, por lo que concluimos que estos elementos son de gran ayuda el momento de estar a velocidades bajas.

A continuación una gráfica que muestra los resultados de las pruebas anteriores.

5.4 Pruebas de ruta

Ahora se realizara una prueba de ruta, así se estimara la temperatura de llegada de los discos de freno.

5.4.1 Pruebas del disco y dispositivos de ventilación desactivados. Para esta prueba se apagó el sistema electrónico de ventilación, para hacer comparación con el enfriamiento natural sin el sistema.

Para lo cual se programó el sistema a una velocidad del 160 km/h, para evitar activar las aletas de obturación y la temperatura en 100 °C.

Para que los electros ventiladores no funcionen. La ruta de prueba es la misma anteriormente mencionada.

A continuación una tabla de datos de la prueba.

Tabla 18. Valores del primer recorrido de la prueba de ruta

Temperatura ambiente	26 °C
Temperatura inicial del disco	28 °C
Temperatura en LCD	27,75 °C
Tiempo de ruta	30 min
Distancia recorrida	35 km/h
Temperatura de llegada (LCD)	66 °C
Temperatura final del disco izquierdo (Pirómetro)	68,8 °C

Fuente: Los Autores

Por las condiciones climáticas del medio se va a considerar una temperatura ambiente promedia, aproximadamente 26°C.

Figura 120. Temperatura del disco, para iniciar el segunda recorrido de prueba



Fuente: Autores

La temperatura de llegada es muy superior a la temperatura a controlar establecida que fue de 50 °C, la temperatura en el LCD muestra 65.24 °C, que se aproxima bastante a la del pirómetro que ronda los 68 °C.

Figura 121. Temperatura del disco, al final del primer recorrido de la prueba de ruta



Fuente: Autores

Ahora se muestra una Tabla de datos de la prueba en retorno de la ruta.

Tabla 19. Valores del segundo recorrido de la prueba de ruta

Temperatura ambiente	20°C
Temperatura en LCD	66,47 °C
Temperatura de salida disco izquierdo (Pirómetro)	68,83 °C
Temperatura de salida disco derecho (Pirómetro)	68,8 °C
Tiempo recorrido	35 min
Distancia recorrida	35 km/h
Temperatura de llegada (LCD)	50,79 °C
Temperatura de llegada disco izquierdo (Pirómetro)	52,3 °C
Temperatura de llegada disco derecho (Pirómetro)	51,9 °C

Fuente: Autores

La temperatura del pirómetro es de 51.9 °C, el LCD muestra 50,79 °C, lo que indica que los discos están por debajo del rango de funcionamiento óptimo.

Figura 64. Temperatura del disco, al final de la prueba de ruta



Fuente: Autores

La temperatura del pirómetro es de 51.9 °C, el LCD muestra 50.24 °C, lo que indica que los discos están por debajo del rango de funcionamiento óptimo.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Evidenciando la construcción e implementación de todos los elementos que integran el sistema de enfriamiento, se comprobó que el sistema mantiene el rango de temperatura ideal de 78 °C, lo que indica que el sistema es eficiente y accesible para adaptarse en cualquier tipo de vehículo con el sistema de freno de disco.

Estudiando los diferentes sistemas de frenos de un automóvil se tuvo un concepto acertado que el sistema de frenos de disco macizo presenta un alto incremento de temperatura y un deficiente enfriamiento, y por tanto no mantiene el régimen de temperatura ideal del sistema por lo que es necesario un sistema auxiliar de enfriamiento del disco.

Se observó la necesidad que presenta el sistema de disco de freno macizo al momento de enfriar, por lo que se optó por el estudio de diferentes elementos de ventilación escogiendo, los electros ventiladores automotrices quienes satisfacen el problema de calentamiento manteniendo la temperatura en rangos ideales de funcionamiento, así como brindar ventilación en bajas velocidades del vehículo.

Utilizando elementos de tecnología avanzada y de alta precisión se logró medir comparar y controlar los elementos que conforman el sistema de enfriamiento, logrando interactuar entre sus componentes obteniendo como resultado un sistema eficaz capaz de controlar los parámetros de temperatura y velocidad necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de frenos.

Seleccionando todos los elementos y estudiando mediante un software especializado su funcionamiento y prestaciones, se construyó elementos que sean manejables y que faciliten y permitan conducir parámetros de flujo caudal y temperatura del aire hacia los discos de freno.

Observando el sistema completo y luego de haber realizado las pruebas respectivas y analizando las eficiencias, se evidencio que existe una pérdida de solo el 1% en la presión del sistema, que muestra que los accesorios escogidos y sus características son los ideales para las necesidades de nuestro sistema.

Finalizando el estudio se logró entender que existen diversas maneras de mejorar la refrigeración de un sistema de frenos utilizando varios métodos y costosos recursos los cuales determinan la calidad y nivel de prestaciones de los sistemas, pero para el presente estudio se logró llegar a la meta establecida utilizando recursos existentes en el medio y de costos accesibles para el usuario que desee implementar este sistema en un vehículo.

6.2 Recomendaciones

Admitir que nuestro sistema tiene un alto valor de aceptación referente a tiempo de enfriamiento de los discos, tomando en cuenta que los elementos del vehículo Vitara 3P son estándar, por lo que las alternativas para mejorar el enfriamiento en un sistema de discos de freno son muy amplias en cuestión de elementos y sistemas.

Recomendar que para mejorar la eficacia y mejor desempeño del sistema se puede dotar de perforaciones en los discos de freno, o la sustitución de los mismos por discos con canales de ventilación lo que hará que mejore la eficiencia de frenando y la refrigeración del sistema.

Tomar en cuenta el tipo de geografía de nuestro país y los diversos tipos de carretera se recomienda una acertada ubicación del sistema ya que requiere de una amplia área de captación de aire.

Considerar los elementos de conducción de aire del sistema, se debe tomar en cuenta que el aire que ingresa a los ductos contiene partículas de humedad en porcentajes considerables por lo que en las mangueras deber disponer de agujeros de drenaje para evitar que estas alcancen el disco de freno.

Aplicar un tratamiento antioxidante o recubrimiento específico a los elementos de latón que constituyen el sistema se evita su deterioro y posibles problemas futuros.

Conseguir el correcto micro controlador encargado de manejar el sistema teniendo las características necesarias para controlar tanto el elemento de temperatura como las señales que entrega el sistema ya que de no ser así el sistema no tiene un correcto funcionamiento ni entrega de datos precisos.

Considerar una mejorar en la velocidad de señales que provengan de la ECU o algún componente que tenga relación directa con esta, se debe tener en cuenta la implementación de un amplificador de señal para no alterar, ya sea los datos de señal del vehículo o del sistema, produciendo así encender la luz testigo en el tablero o fallos en el sistema.

Tomar en cuenta que por cada sustitución de zapata o pastilla de freno se debe verificar el estado del disco y realizar una pulida a mano o una rectificada en caso de ser esta necesaria. Lo que ayudara a alargar la vida útil de los componentes y evitar ruidos y desperfectos en el frenado.

BIBLIOGRAFÍA

Aficionadosalamecanica. [En línea] http://www.conduciendo.com/abs-ebd-y-bas-tecnologa-que-salva-vidas-3610?id_pais=6.

CARNICER, Enrique y ROYO. 1994. *Ventilación industrial y ventiladores, 2da Edición.* Madrid : Editorial Paraninfo, 1994.

COLL, Antonio. 1974.. *Teoría y Técnicas del Automóvil.* Barcelona : 4ta Edición, Ediciones CEAC, 1974.

Blower.2006. Blowe,[en línea]. *Ventiladores,curva hacia adelante.* 2011.[citado el: 08 de res.htm

Conduciendo. 2013. abs.ebd. [En línea] 2013. http://www.conduciendo.com/-191qu-autos-econmicos-equipan-abs-y-doble-airbag-5990?id_pais=2.

Gil S, mayochi. 2006. enfriamiento de newton. *Gil S., Mayochi M., Pelliza L. J., E.* [En línea] 25 de agosto de 2006. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/otros/enfriamiento/enfriamiento.htm>.

Ingemecanico. 2013. ingemecanico.com. [En línea] 2013. ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn74.html.

IZQUIERDO, Aparicio. 2001. *Teoria de los vehiculos, automoviles.* Madrid : 2da Edicion, 2001.

KREITH, Samuel. 2002. *Principio de Transferencia de calor.* Madrid : Internacional Thomson editores, 2002.

Aficionadosalamecanica. 2012. problemas en los discos de freno. [En línea] 2012. <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-3.htm>.

MARTINEZ, Jesus CALVO. 1997. *Mecanica del automovil.* Zaragoza : centro politecnico superior Universidad de Zaragoza, 1997.

MATAIX, Claudio. 1975. *Turbo máquinas hidráulicas, turbinas hidráulicas, bombas, ventiladore.* Madrid : Editorial ICAI, 1975.

Mecanica-oscaro. 2013. ventiladores de habitaculo. [En línea] 21 de septiembre de 2013. <http://consejos-mecanica.oscaro.es/cambiar-ventilador-habitaculo-automovil>.

Monografias.com. 2013. [En línea] 22 de Enero de 2013. www.monografias.com/.

Proingetec. 2013. suspencion,muelles, ballestas. [En línea] 14 de mayo de 2013. <http://www.proingetec.com/services/2>.

SCHAUN, Carlos y Hill, MCGRAW. 2005. *Mecánica de Fluidos, Problemas resueltos Serie de compendios.* Madrid : s.n., 2005.

Wikipedia. 2013. Freno de disco. [En línea] 25 de noviembre de 2013. http://es.wikipedia.org/wiki/Freno_de_disco.

YANUS, CENGEL. 2007. *Transferencia de Calor.* Mexico : McGraw Hill, 2007.