



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LOS
SISTEMAS AUTOMOTRICES DE LA LIMUSINA ESCARABAJO**

AUTOR: FRANCISCO XAVIER MESA PILATAXI

DIRECTOR: ING. DANILO ZAMBRANO L.

LATACUNGA

2015



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. DANILO ZAMBRANO (DIRECTOR)

CERTIFICACIÓN:

Certifico que el trabajo de titulación “**IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LOS SISTEMAS AUTOMOTRICES DE LA LIMUSINA ESCARABAJO**” realizado por **MESA PILATAXI FRANCISCO XAVIER**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodología y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditar y autorizar al señor **MESA PILATAXI FRANCISCO XAVIER** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 30 de Noviembre del 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Danilo Zambrano', is written over a horizontal line.

Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **MESA PILATAXI FRANCISCO XAVIER**, con cédula de identidad N° 020158086-7 declaro que este trabajo de titulación “**IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LOS SISTEMAS AUTOMOTRICES DE LA LIMUSINA ESCARABAJO**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 30 de Noviembre del 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Francisco Xavier Mesa Pilataxi', is written over a horizontal line.

Francisco Xavier Mesa Pilataxi

C.C.: 0201580867

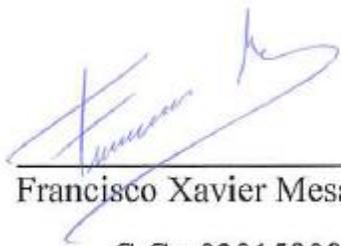


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, Francisco Xavier Mesa Pilataxi, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LOS SISTEMAS AUTOMOTRICES DE LA LIMUSINA ESCARABAJO”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 30 de Noviembre del 2015



Francisco Xavier Mesa Pilataxi
C.C.: 0201580867

DEDICATORIA

Dedico a Dios el trabajo, la formación que he adquirido durante este lapso de mi vida que gracias a su fortaleza, sus bendiciones concluyo con éxito esta meta de alcanzar mi objetivo profesional el cual llevo en la sangre.

A mi madre Guadalupe Pilataxi quien ha sido y es mi apoyo en los momentos más duros, demostrándome que día a día tenemos que luchar por lo que en verdad queremos y amamos, por lo que concluyo con éxito mi carrera profesional, la cual estará llena de retos y caídas, que sabré afrontar gracias a sus enseñanzas.

A mi abuelito Manuel Pilataxi quien con mucho cariño, amor y verdadero sentido de humanidad me enseñó que a pesar de toda adversidad siempre mantendré mi carisma y una sonrisa, ya que él representa todo lo que soy. Hoy más que nunca quisiera que te encuentres a mi lado para poder abrazarte y decirte lo conseguí, sé que ya no puedo gozar de ese privilegio, pero sé que desde lo más alto estás celebrando y dándome la bendición que siempre me la dabas al llegar a casa.

A toda mi familia que con cada uno de sus consejos, siempre estuvieron ahí para recordarme que nuestra familia ha sido y será siempre humilde, algo que brilla en todo lugar, momento o circunstancia que me encontraré a partir de este momento en el ámbito profesional.

A mi grupo de amigos de secundaria y desde luego a aquellos amigos que durante nuestra formación universitaria, nos dábamos una mano dentro y fuera de las aulas de clases, compartiendo muchas vivencias y locuras.

A una persona tan pero tan especial que está y siempre estará en mi vida, que con su apoyo moral al no querer verme derrotado siempre estuvo ahí, para saber decir vamos a hacerlo y lo vamos a conseguir.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre que con mucho sacrificio ha sabido guiarme por el camino correcto, compartiendo con ella caídas y alegrías, siempre juntos, gracias por ser mi mayor ejemplo de tenacidad y decisión.

A mi hermana y sobrinas que siempre me dan ánimo, actitud luchadora y sobre todo me llenan de felicidad, cuando me ven muchas veces decaído, ahí están para que siempre reluzca una sonrisa.

A mis profesores que supieron compartir sus conocimientos, para poder llegar a ser un excelente profesional, especialmente, una gran mención para el Ing. German Erazo e Ing. Leonidas Quiroz quienes fueron un gran apoyo y supieron guiarme como estudiante y amigo.

Al Ing. Danilo Zambrano e Ing. Stalin Mena, quienes con cada una de sus tutorías y consejos prácticos, me supieron guiar por el desarrollo del proyecto, consiguiendo los resultados esperados.

En este punto, sería ingrato, no reconocer la valiosa ayuda recibida por quienes fueron nuestros amigos, los maestros artesanos en el área automotriz, de quienes aprendí muchas técnicas que serán de gran utilidad en mi vida profesional.

Finalmente agradezco a mis compañeros Stalin Rosero y Roberto Vallejo, con quienes en conjunto logramos que este proyecto se cumpla con todos los parámetros y objetivos que nos trazamos desde un inicio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
PRESENTACIÓN	xxi

CAPÍTULO I

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento del problema.....	1
1.3	Justificación e importancia.....	2
1.4	Objetivos.....	2
1.4.1	Objetivo general.....	2
1.4.2	Objetivos específicos.....	2
1.5	Generalidades.....	3
1.5.1	Instrucciones.....	3

CAPÍTULO II

2	MARCO CONCEPTUAL	5
2.1	Historia del nacimiento de un vehículo Volkswagen escarabajo.....	5
2.2	Características.....	7
2.2.1	Diseño.....	7

2.2.2	Motor.....	8
a.	Tipos de carburadores.....	9
a.1	Solex tipo PCI.....	9
b.1	Solex tipo PICT.....	10
b.	Partes.....	11
c.	Bomba de combustible.....	12
d.	Filtro de aire.....	13
e.	Cable del acelerador.....	13
2.3	Sistema de enfriamiento.....	13
2.4	Transmisión.....	14
2.4.1	Tipos de transmisiones.....	14
a.	Motor delantero y tracción.....	14
b.	Motor delantero y propulsión.....	15
c.	Caja de transmisión tipo dividido en dos partes.....	15
d.	Caja de transmisión tipo de túnel de un solo componente.....	16
e.	Caja de transmisión automática con palanca de cambios y ejes traseros.....	16
2.5	Embrague.....	16
2.5.1	Funcionamiento.....	17
2.5.2	Materiales de fricción.....	17
2.5.3	Clasificación.....	17
a.	Embrague de fricción.....	17
b.	Embrague de muelles helicoidales.....	18
c.	Embrague de diafragma.....	18
d.	Embrague automático.....	19
e.	Embrague hidráulico.....	19
f.	Embrague electromagnético.....	20
2.6	Sistema de suspensión.....	21
2.6.1	Función.....	21
2.6.2	Tipos sistema de suspensión.....	21
a.	Suspensión dependiente.....	22
a.1	Panhard rod.....	22
b.1	Watts link.....	22

c.1	Hotchkiss.....	23
b.	Suspensión independiente.....	23
2.6.3	Suspensiones delanteras.....	24
a.	Tipo barra de torsión.....	24
b.	Tipo de poste.....	25
c.	Suspensiones delanteras paralelogramo deformable.....	26
d.	Suspensión delantera McPherson.....	26
2.6.4	Suspensiones posteriores.....	27
a.	Tipo de brazo diagonal.....	27
b.	Tipo resorte de espiral y brazo guía.....	27
c.	Suspensiones posteriores de eje rígido.....	28
d.	Suspensiones posteriores independientes.....	29
e.	Tipo brazos tirados o arrastrados.....	29
f.	Tipo paralelogramo deformable.....	29
2.6.5	Elementos de la suspensión.....	30
2.6.6	Centro de gravedad (CG).....	31
2.6.7	Centro de balanceo (CB).....	31
a.	Movimiento de cabeceo.....	32
2.7	Sistema de dirección.....	32
2.7.1	Partes.....	33
2.7.2	Tipos de dirección.....	34
a.	Sistema piñón cremallera.....	34
b.	Sistema bolas recirculares.....	34
c.	Sistema electrohidráulico.....	35
2.7.3	Parámetros y geometría involucrados sistema de suspensión y dirección.....	36
a.	Angulo de caída (Cámbor).....	36
b.	Ángulo de avance (Cáster).....	36
c.	Ángulo de inclinación (King pin).....	37
d.	Convergencia y divergencia.....	38
2.7.4	Condición de Ackerman.....	38
2.8	Sistema de frenos.....	39
2.8.1	Tipos de sistemas de frenos.....	39

a.	Frenos de discos.....	39
b.	Frenos de tambor.....	41
2.8.2	Modos de accionamiento.	42
a.	Accionamiento hidráulico.....	42
b.	Accionamiento manual.	43
c.	Accionamiento neumático.	44
2.9	Características del sistema eléctrico	45
2.9.1	Sistema de encendido.....	45
2.9.2	Componentes.....	48
a.	Sistema de encendido de punto de contacto.	48
2.9.3	Sistema de encendido eléctrico.....	50
a.	Componentes.....	50
2.9.4	Sistema de encendido sin distribuidor.	51
2.9.5	Circuito de iluminación del automóvil.	53
a.	Tipos de lámparas.	54
b.	Palanca de cambio de luces.....	56
2.9.6	Dimensiones del chasis.....	57
a.	Dimensiones exteriores.....	57
b.	Dimensiones Interiores.	58

CAPÍTULO III

3	SELECCIÓN DE COMPONENTES DE LOS SISTEMAS	59
3.1.1	Dimensiones de la limusina Volkswagen escarabajo	59
c.	Dimensiones.....	60
3.1.2	Características del sistema de suspensión.....	61
a.	Requerimientos.	61
b.	Alternativas de implementación ideal.....	61
a.1	Suspensión delantera.....	61
b.1	Suspensión Posterior.....	62
c.	Parámetros a satisfacer.....	64
a.1	Carga Muerta.	64
b.1	Cargas vivas.....	66

c.1	Distribución estática de pesos.....	67
d.1	Posición longitudinal del centro de gravedad.....	68
e.1	Altura de centro de gravedad.....	69
f.1	Transferencia longitudinal de carga en el vehículo.....	71
g.1	Transferencia longitudinal de carga en pendiente.....	72
h.1	Transferencia longitudinal de carga por frenado.....	73
i.1	Total de carga soportada por el eje delantero.....	73
j.1	Transferencia lateral de carga de la limusina Volkswagen.....	75
3.1.3	Características del sistema de dirección.....	77
a.	Requerimientos.....	78
b.	Alternativas de implementación ideal.....	78
c.	Parámetro de satisfacción.....	79
d.	Medición.....	80
3.1.4	Características del sistema de frenos.....	83
a.	Requerimientos.....	83
b.	Alternativas de implementación ideal.....	83
c.	Parámetros de satisfacción.....	85
3.1.5	Características del sistema eléctrico.....	98
a.	Requerimientos.....	99
b.	Alternativa de implementación.....	99

CAPÍTULO IV

4	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	102
4.1.1	Características del sistema de suspensión.....	103
a.	Mallado.....	103
b.	Justificación.....	103
a.1	Aplicación de cargas.....	103
b.1	Deformación total.....	104
c.1	Deformación unitaria.....	104
d.1	Factor de seguridad.....	105
c.	Justificación.....	106
d.	Mallado.....	106

a.1	Aplicación de cargas.....	106
b.1	Deformación total.....	107
c.1	Deformación unitaria.....	107
d.1	Factor de seguridad.....	108
4.1.2	Características del sistema de dirección.....	108
a.	Justificación.....	109
4.1.3	Características del sistema de frenos.....	109
a.	Justificación.....	110
4.1.4	Características del sistema eléctrico.....	110
a.	Justificación.....	111

CAPÍTULO V

5	PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO	112
5.1.1	Sistema de motor y transmisión.....	113
5.1.2	Sistema de suspensión.....	115
a.	Delantera.....	115
b.	Posterior.....	117
5.1.3	Sistema de dirección.....	118
5.1.4	Sistema de frenos.....	119
5.1.5	Sistema eléctrico.....	119

CAPÍTULO VI

6	MARCO ADMINISTRATIVO.....	122
6.1	Recursos.....	122
6.1.1	Recursos humanos.....	122
6.1.2	Recursos tecnológicos.....	122
6.1.3	Recursos materiales.....	122
6.1.4	Análisis de costos del proyecto.....	123
a.	Material y mano de obra.....	123
6.1.5	Análisis costo beneficio.....	124
6.1.6	Financiamiento.....	125

CAPITULO VII

7	CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....	126
7.1	CONCLUSIONES:.....	126
7.2	RECOMENDACIONES.....	128

BIBLIOGRAFÍA.....	129
--------------------------	------------

NETGRAFÍA.....	130
-----------------------	------------

ANEXOS	132
---------------------	------------

ANEXO A: Fallas frecuentes.

ANEXO B: Datos sobre reparación del motor.

ANEXO C: Suspensión delantera.

ANEXO D: Suspensión posterior.

ANEXO E: Dinamómetro (bajo condiciones del ambiente)

ANEXO F: Dinamómetro (a nivel del mar)

ANEXO G: Análisis de la suspensión

ANEXO H: Mantenimiento

ANEXO I: Artículo científico

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ferdinand Porsche	5
Figura 2	Volkswagen 2 (1936) convertibles 995 cc.....	6
Figura 3	Tipo, Beetle (Izquierda) y Super Beetle (Derecha)-modelos 1973	7
Figura 4	Diseño Aerodinámico de refrigeración.....	8
Figura 5	Carburador Solex 28 PC/PCI, con ahogador de control manual	9
Figura 6	Componentes del inyector del carburador 28 PC/PCI.....	10
Figura 7	Carburador Solex 28 PICT, instalado en los modelos 1200	10
Figura 8	Componentes del control de vacío del ahogador automático	11
Figura 9	Componentes del ahogador automático del carburador 28 PICT	12
Figura 10	Bomba de combustible con la brida interna y la varilla de empuje.....	12
Figura 11	Transmisión	14
Figura 12	Tracción delantera	15
Figura 13	Tracción posterior.....	15
Figura 14	Embrague de fricción en seco.....	18
Figura 15	Embrague de muelles Helicoidales.....	18
Figura 16	Embrague de diafragma.....	19
Figura 17	Embrague automático	19
Figura 18	Embrague automático	20
Figura 19	Embrague electromagnético	20
Figura 20	Suspensión panhard Rod	22
Figura 21	Suspensión watts link	22
Figura 22	Suspensión Hotchkiss	23
Figura 23	Barra de torsión	24
Figura 24	Suspensión tipo poste	25
Figura 25	Suspensión paralelo deformable	26
Figura 26	Suspensión McPherson.....	27
Figura 27	Suspensión tipo brazo diagonal	27
Figura 28	Suspensión tipo resorte y brazo guía	28
Figura 29	Suspensión McPherson.....	28
Figura 30	Suspensión de brazos tirados	29
Figura 31	Suspensión paralelo deformable	30
Figura 32	Centro de gravedad y centro de balanceo	32
Figura 33	Esquema interno de la rótula	34
Figura 34	Piñón cremallera	34
Figura 35	Bolas recirculares.....	35
Figura 36	Elementos del sistema electrohidráulico	35
Figura 37	Ángulos de caída “Camber”	36
Figura 38	Ángulos de avance “Cáster”	37
Figura 39	Ángulos de inclinación “King pin”.....	37
Figura 40	Convergencia y divergencia	38
Figura 41	Condición de Ackerman	38

Figura 42	Esquema de un freno de disco de mordaza fija	40
Figura 43	Esquema del freno de disco con mordaza oscilante	40
Figura 44	Esquema del freno de disco con mordaza flotante	41
Figura 45	Disco macizo	41
Figura 46	Sistema de freno hidráulico del vehículo	42
Figura 47	Esquema del sistema de Frenos	43
Figura 48	Esquema del freno de mano.....	43
Figura 49	Freno Neumático	44
Figura 50	Sistema de Encendido.....	46
Figura 51	Sistema de encendido digital Básico	46
Figura 52	Sentido de rotación del rotor.....	47
Figura 53	Calibración de electrodos	47
Figura 54	Vista de selección A.- bujía sin resistencia y B.- Bujía con resistencia	48
Figura 55	Leva distribuidora.....	49
Figura 56	Platino	49
Figura 57	Condensador	49
Figura 58	Sistema electrónico de ignición típico.....	50
Figura 59	Sistema de encendido sin distribuidor	51
Figura 60	Circuito de iluminación	53
Figura 61	Lámpara incandescente.....	54
Figura 62	Tipo de lámparas.....	55
Figura 63	Lámpara de xenón.....	55
Figura 64	Luz led´s	56
Figura 65	Luces de cambio al piso y en la columna de dirección.....	56
Figura 66	Dimensiones exteriores VW 1500.....	57
Figura 67	Dimensiones interiores VW 1500.....	58
Figura 68	Dimensiones de la limusina Volkswagen escarabajo	60
Figura 69	Peso de la carga muerta	65
Figura 70	Composición corporal normal	66
Figura 71	Distribución estática de pesos.....	67
Figura 72	Distribución de cargas porcentuales limusina Volkswagen escarabajo	68
Figura 73	Posición longitudinal de la gravedad.....	68
Figura 74	Dimensionamiento de la limusina Volkswagen escarabajo.....	69
Figura 75	D.C.L. de la Limusina Volkswagen	70
Figura 76	Tornillo sinfín globoidal y rodillo	78
Figura 77	Mecanismo de dirección por cremallera.....	79
Figura 78	Geometría de la dirección.....	80
Figura 79	Recorrido de las ruedas posteriores	81
Figura 80	Recorrido de las ruedas delanteras.	81
Figura 81	Despiece del freno de disco	84
Figura 82	Despiece del freno de tambor	84
Figura 83	Sistema de freno	89
Figura 84	Fuerza aplicada en los frenos posteriores	91

Figura 85	Fuerza de los frenos de disco.....	93
Figura 86	Coefficiente del freno simple.....	94
Figura 87	Diagrama para el valor característico del freno.....	95
Figura 88	Sistema eléctrico modificado.....	99
Figura 89	Sistema eléctrico Original	100
Figura 90	Dimensiones de la limusina acoplando todos sus sistemas	102
Figura 91	Mallado de la suspensión delantera	103
Figura 92	Cargas Aplicadas mediante cálculos	103
Figura 93	Deformaciones al impacto frontal	104
Figura 94	Punto de deformación crítica.....	104
Figura 95	Cálculo del factor de seguridad	105
Figura 96	Mallado suspensión posterior	106
Figura 97	Cargas aplicadas	106
Figura 98	Deformación del todos los elementos.....	107
Figura 99	Deformación en punto crítico	107
Figura 100	Factor de seguridad.....	108
Figura 101	Esquema del sistema de dirección	109
Figura 102	Esquema del sistema de frenos de disco.....	110
Figura 103	Porcentaje de la composición química del disco	110
Figura 104	Circuito eléctrico de la Limusina Volkswagen Escarabajo	111
Figura 105	Limusina Volkswagen Escarabajo.....	112
Figura 106	Ubicación del banco de pruebas	114
Figura 107	Calibración del distribuidor	114
Figura 108	Banco de vibración de suspensión Eje Delantero.....	116
Figura 109	Resultados Pruebas Banco de Suspensión Eje Delantero.....	116
Figura 110	Banco de vibración de suspensión Eje Delantero.....	117
Figura 111	Resultados Pruebas Banco de Suspensión Eje Posterior	117
Figura 112	Cambio de suspensión con espiral (carga nitrógeno/espiral)	118
Figura 113	Cajetín del tornillo sin fin.....	119
Figura 114	Luces indicadora de aceite/alternador	120
Figura 115	Luces de noche	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características técnicas del motor VW 1200	8
Tabla 2	Características del sistema de enfriamiento	13
Tabla 3	Partes suspensión delantera.....	24
Tabla 4	Dimensiones y pesos VW 1200	57
Tabla 5	Dimensiones interiores VW 1200	58
Tabla 6	Dimensiones de la limusina	59
Tabla 7	Requerimientos Suspensión	61
Tabla 8	Selección suspensión delantera.....	62
Tabla 9	Selección suspensión posterior	63
Tabla 10	Alineación de ruedas.....	64
Tabla 11	Masa de carga muerta	64
Tabla 12	Masa de la carga viva.....	66
Tabla 13	Distribución de pesos	69
Tabla 14	Coefficiente de rozamiento	76
Tabla 15	Requerimientos dirección	78
Tabla 16	Partes del Tornillo sinfín globoidal y rodillo.....	78
Tabla 17	Partes del mecanismo de dirección por cremallera.....	79
Tabla 18	Selección de dirección	80
Tabla 19	Requerimientos de Frenos.....	83
Tabla 20	Selección de frenos	85
Tabla 21	Coefficiente de fricción dinámico	94
Tabla 22	Designaciones de amperios por numeración.....	98
Tabla 23	Requerimiento del sistema eléctrico	99
Tabla 24	Selección parte eléctrica.....	101
Tabla 25	Análisis de Cargas aplicadas.....	105
Tabla 26	Datos del análisis de la suspensión posterior	108
Tabla 27	Condiciones atmosféricas de funcionamiento del Dinamómetro	113
Tabla 28	Pruebas de frenado	119
Tabla 29	Costos administrativos	123
Tabla 30	Costos de ejecución del proyecto (Sistema Automotriz)	124

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Fuerza generada por la carga muerta.....	65
Ecuación 2	Fuerza generadas por cargas vivas	66
Ecuación 3	Ecuación total de cargas vivas y muertas.....	67
Ecuación 4	Masa delantera.....	70
Ecuación 5	Masa posterior	70
Ecuación 6	Transferencia longitudinal de carga	72
Ecuación 7	Transferencia longitudinal de carga en pendiente.....	72
Ecuación 8	Transferencia longitudinal de carga por frenado.....	73
Ecuación 9	Total de carga transferida.....	73
Ecuación 10	Total de carga soportada por el eje delantero.....	74
Ecuación 11	Carga soportada por el eje posterior.....	74
Ecuación 12	Aceleración máxima.....	74
Ecuación 13	Transferencia de carga	74
Ecuación 14	Peso en el eje delantero en aceleración brusca.....	75
Ecuación 15	Transferencia lateral de carga	75
Ecuación 16	Análisis del peralte	77
Ecuación 17	Ángulo de giro de la palanca del cajetín	82
Ecuación 18	Fuerza lateral	82
Ecuación 19	Distancia del centro de gravedad desde el eje delantero	86
Ecuación 20	Distancia del centro de gravedad desde el eje posterior.....	86
Ecuación 21	Transferencia de peso.....	86
Ecuación 22	Peso del eje delantero durante la desaceleración	87
Ecuación 23	Peso del eje posterior durante la desaceleración	87
Ecuación 24	Fuerza de frenado del eje delantero.....	87
Ecuación 25	Fuerza de frenado del eje posterior	87
Ecuación 26	Fuerza máxima de frenado	88
Ecuación 27	Par de frenado delantero.....	88
Ecuación 28	Par de frenado posterior	88
Ecuación 29	Balaceo optimo.....	89
Ecuación 30	Diámetro del disco	89
Ecuación 31	Fuerza del varillaje de empuje	90
Ecuación 32	Presión del líquido dentro del cilindro	90
Ecuación 33	Fuerza del cilindro delantero.....	91
Ecuación 34	Fuerza de los cilindros posteriores	91
Ecuación 35	Presión hidráulica generada por la bomba	92
Ecuación 36	Fuerza de fricción delantera entre elementos del freno.....	93
Ecuación 37	Par de frenos delanteros	95
Ecuación 38	Par de frenos posteriores	96
Ecuación 39	Fuerza de reacción entre el neumático y la calzada	97
Ecuación 40	Desaceleración del vehículo.....	97
Ecuación 41	Distancia de frenado.....	98

RESUMEN

El presente proyecto concluyó con la implementación de los sistemas automotrices (motor, transmisión, suspensión, dirección, frenos y sistema eléctrico) en una limusina obtenida de un Volkswagen Escarabajo. Como resultado de este trabajo se obtuvo un vehículo que cumple con las características de confort y funcionalidad enfocado para cada uno de los usuarios para los cuales se destinara este tipo de vehículos, este proyecto se sustentó en estándares actuales de calidad y seguridad, utilizando la asistencia de manuales de mantenimiento, reacondicionamiento y documentación de cada sistema, aplicando los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Automotriz, modificando, implementando y poniendo en práctica el mantenimiento adecuado que requirieron todos los vehículos y cada uno de los diferentes sistemas que lo conforman, como el motor y sistemas auxiliares del vehículo. Partimos en primera instancia basados en la fundamentación teórica/técnica de los conocimientos necesarios para la implementación de cada sistema automotriz en la limusina escarabajo, a través del análisis de la historia del Volkswagen Escarabajo, sus características mecánicas, seguridad y de confort, posteriormente se procedió al estudio de la implementación acorde con los parámetros de funcionalidad, diseño de su carrocería ceñidos a los requerimientos técnicos, finalmente se llegó a la instalación y/o modificación de los sistemas que requirió la limusina y en este punto, se verificó que los sistemas integrados en el vehículo modificado funcionaran adecuadamente, cumpliéndose de esta manera los objetivos trazados al inicio de este trabajo de investigación y ejecución.

PALABRAS CLAVES:

- **LIMUSINA ESCARABAJO.**
- **VEHÍCULO VOLKSWAGEN.**
- **AUTOMÓVILES – SISTEMAS AUTOMOTRICES**

ABSTRACT

This project was completed with the implementation of the (engine, transmission, suspension, steering, brakes and electrical system) automotive systems in a limousine obtained from a Volkswagen Beetle. As a result of this work, a vehicle that meets the characteristics of comfort and functionality focused for each of the users for whom these vehicles are destined was obtained, the project was based on current standards of quality and safety, using assistance maintenance manual, overhaul and documentation of each system, applying the knowledge acquired in the career of Automotive Engineering, modifying, implementing and implementing proper maintenance requiring all vehicles and each of the different systems that comprise, as auxiliary engine and vehicle systems. We start in the first instance based on the theoretical / technical foundation of knowledge needed for implementation of each automotive system in the limo beetle, through the analysis of the history of the Volkswagen Beetle, its mechanical features, safety and comfort, then proceeded to study the implementation in line with the parameters of functionality, design their tight to the technical requirements body, he finally came to the installation and / or modification of systems requiring limousine and at this point, it was verified that the integrated systems the modified vehicle functioned properly, thus fulfilling paths at the beginning of this research and implementation objectives.

KEYWORDS:

- **LIMOUSINE BEETLE.**
- **VOLKSWAGEN VEHICLE**
- **CAR – AUTOMOTIVE SYSTEMS**

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se desarrolla la implementación y puesta a punto de los sistemas automotrices (suspensión, dirección, frenos y parte eléctrica), una alternativa de innovación para los vehículos clásicos, que se pueden incorporar modificaciones para obtener prestaciones que brinden un desarrollo sustentable para el país.

En el Capítulo I se detalla la historia del vehículo que va a ser modificado y las transformaciones que año a año por su modelo se ha ido afianzando para tomarlo como referente para la modificación, se selecciona su modelo Alemán por las prestaciones que se ha requerido.

En el Capítulo II se detalla los diferentes componentes que incorporan cada uno de los sistemas automotrices que se van a instalar, dando un breve resumen de su funcionalidad y de sus prestaciones que brindan cada uno.

En el Capítulo III se dan las alternativas que se van a implementar y de fácil adquisición en el mercado nacional, sustentándonos mediante cálculos teóricos para la instalación en la limusina, dando las dos alternativas para su análisis correspondiente que se detalla mediante prestaciones y costo de mantenimiento,

En el Capítulo IV se realiza la instalación correspondiente, mediante un análisis en software Solid Works y ANSYS nos verifican los parámetros que deben cumplir para dar la seguridad y brindar el confort a los ocupantes, sin que se altere un su mayor parte el diseño estético de su carrocería.

En el Capítulo V realizamos las mediciones y pruebas en distintos bancos de comprobación para cada uno de los sistemas modificados, obteniendo una sustentación válida de su funcionalidad e incluso si existiría una mejora en algún sistema se podría considerar esta base de datos.

En el Capítulo VI se da a conocer el proceso y el mantenimiento que se debe seguir al momento de requerir un cambio o reajuste de algún componente de la limusina Volkswagen escarabajo.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.

La Universidad de las Fuerzas Armadas sede Latacunga, forma profesionales en la carrera de Ingeniería Automotriz, orientados a liderar y a desenvolverse en sus actividades laborales.

La implementación de los sistemas automotrices para la limusina, permite la adaptación y la recuperación de los componentes mecánicos y eléctricos en el vehículo, son frecuentes en nuestro medio así como de mucha aplicación de acuerdo al perfil profesional de nuestra formación, prestando servicios de comodidad, calidad y seguridad, satisfaciendo los requerimientos que los usuarios buscan al utilizar este tipo de vehículos.

El desarrollo del presente proyecto de tesis examinará conocimientos de reparación, adaptación y selección de componentes mecánicos, eléctricos a implementarse en la limusina referente al vehículo Volkswagen Escarabajo, teniendo como objetivo principal mantener la seguridad y la implementación de nuevos sistemas que se incorporan en el vehículo, sin afectar su aspecto externo.

En la fase de implementación la estética es un factor clave que se busca mantener, debido al diseño clásico de la limusina, ya que en el Ecuador durante los últimos años se ha popularizado el desarrollo y transformación de vehículos estándar a limusinas a partir de modelos clásicos, sin embargo cabe recalcar que el modelo Volkswagen Escarabajo no ha sido utilizado para la transformación en este tipo de vehículo.

1.2 Planteamiento del problema.

Los proyectos realizados anteriormente han generado información adecuada para la implementación de los sistemas en esta clase de modificaciones, las mismas en las que se deben considerar dimensiones y peso que en la limusina van a existir, para un correcto análisis teórico y mecánico con la finalidad de dar un servicio garantizado sobre el confort

y seguridad de la limusina, enfocado a la parte turística, hotelera, eventos sociales y que brinden las prestaciones esperadas.

El desarrollo de esta investigación servirá para impulsar el desarrollo de esta clase de industria en nuestro país, basándose en una documentación viable, y, como respaldo para un futuro mejoramiento de los sistemas a implementarse. Con una normativa de procesos que se deben realizar para un mantenimiento adecuado, las mismas que por otro lado generan fuentes de empleo dedicadas al mantenimiento personalizado de esta clase de vehículos, se pondrá a la disponibilidad de la sociedad para brindar sus distintas prestaciones de calidad.

1.3 Justificación e importancia.

El parque automotor en el Ecuador se actualiza año tras año y los autos clásicos se ven en la mayoría de los casos relegados debido al desinterés de los consumidores, al desarrollar proyectos de este tipo es posible rescatar su valor y conservarlos para futuras generaciones de una manera original y ofertando una nueva oportunidad de negocio para terceros en beneficio de la sociedad.

El presente enfoque se basa en la aplicación técnica de conocimientos de reparación, adaptación y selección de componentes mecánicos, eléctricos a utilizarse en la instalación y puesta a punto de cada uno de los sistemas del vehículo Volkswagen Escarabajo, aplicando estrategias, esquemas, diagramas, métodos y especificaciones que permitan aplicar los conocimientos adquiridos.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

- Implementación y puesta a punto de los Sistemas Automotrices de la Limusina Escarabajo.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Fundamentar teóricamente los conocimientos necesarios para el desarrollo del proyecto de tesis.

- Diseñar el diagrama de procesos.
- Seleccionar los elementos para cada sistema.
- Implementación de los sistemas en la limusina escarabajo.
- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo.

1.5 Generalidades

1.5.1 Instrucciones.

Para un mayor conocimiento acerca de parámetros y lineamientos que se debe seguir antes de poner en marcha el vehículo, para una entera confianza de la seguridad que se brinda en un servicio determinado.

Se establecerán lineamientos de cuidado preventivos que se debe realizar al vehículo periódicamente, según como se establece en la siguiente guía, informándole acerca de los cambios de aceite, combustible, suspensión, dirección, frenos, eléctrico y posibles averías que se pueda suscitar en la parte mecánica del motor.

Después de haber conocido acerca del Manual de Instrucciones con consejos prácticos para el correcto manejo y trato para el vehículo, se obtendrá excelente fiabilidad de seguridad, economía y al mismo tiempo que brinden las prestaciones máximas para brindar un servicio de calidad.

Para mayor garantía de mantenimiento se recomienda que acudan a talleres especializados en la marca Volkswagen, así llevaran un registro sobre los trabajos que se va realizando periódicamente al vehículo llevando los lineamientos que se indica en el presente proyecto.

“Los procedimientos que se realizarán tienen muchos avisos, precauciones y advertencias en procedimientos normales de seguridad para eliminar la posibilidad de lesiones o de servicio inadecuado que pudiera dañar al vehículo o poner en peligro su seguridad, los procedimientos y técnicas de reparación que varían con mucha amplitud como son herramientas de diseño especial las mismas que cumplen un objetivo específico”. (CHILTON-LIMUSA, 1998)

Aunque no se ha escatimado esfuerzo en hacer una guía lo más sencilla sin sacrificar detalles, no existe un sustituto que reemplace la experiencia personal, la que garantice el trabajo y la rapidez con la que lo ejecute.

CAPÍTULO II

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Historia del nacimiento de un vehículo Volkswagen escarabajo.

Ferdinand Porsche fue el constructor y quien dio vida a un vehículo Volkswagen, al cual se lo apodaba como Escarabajo, Bettle o Vocho, nació en Maffersdorf el 3 de septiembre de 1875 y murió el 30 de enero 1952, actualmente la empresa Porsche posee la participación del 50,7 % en Volkswagen.



Figura 1 Ferdinand Porsche

Fuente: (PRE67VW stock, coachbuilt & old speed, 2012)

"En los años 30, literalmente la palabra "Volkswagen" se la utilizaba para designar al vehículo como el "coche de pueblo". En Alemania, la idea del coche para el pueblo no era nueva, sino lo que se quería era diseñar vehículos que podían ser adquiridos por sus compradores gracias a un curioso y también complejo sistema de cupones utilizados para financiar previamente su producción. (VOLKSWAGEN, 1940, pág. 2)

En 1932, Ferdinand Porsche fabrico uno de los prototipos para la compañía NSU de Alemania, que finalmente condujeron al diseño del Volkswagen, los prototipos tenían motor enfriado por aire instalado en la parte trasera, suspensión de barra de torsión y la llanta de repuesto montada en posición inclinada en el compartimento delantero del equipaje.

En 1936, Porsche produjo tres prototipos del Volkswagen, uno de los cuales era un vehículo de cuatro cilindros horizontalmente opuestos, de 995 cc. La etapa de perfeccionamiento del auto para pasajeros se suspendió durante la Segunda Guerra Mundial, época en la cual se enfoca la atención en los vehículos militares.



Figura 2 Volkswagen 2 (1936) convertibles 995 cc

Fuente: (Davis, 2003)

En 1945 comenzó la producción de Volkswagen construyendo 1785 Beetles, el Volkswagen convertible salió al mercado en 1949, el mismo año en que sólo dos Volkswagen se habían vendido en los Estados Unidos.

“En 1950 se marcó el comienzo de los modelos con toldo parcialmente translúcido y la serie para transporte. El Karmann Ghia se introdujo en 1956, y conservó su mismo modelo básico hasta su desaparición, que ocurrió en 1974. El modelo Squareback 1500 se introdujo en los Estados Unidos comenzando con el modelo 1971”. (CHILTON-LIMUSA, 1998)

A partir de 1950, Volkswagen empieza a producir escarabajos en África del Sur, en donde se constituyó Volkswagen Comissioned sobre las bases de una vieja compañía alemana de coches Karmann, para construir los convertibles del escarabajo.

En 1951, Volkswagen comenzó a exportar una versión de lujo del escarabajo. Había un escarabajo estándar que solo se disponía del color gris, estos carecían de una transmisión sincronizada, cromados y otras opciones adicionales que empezaron a ser normales en aquellas épocas.



Figura 3 Tipo, Beetle (Izquierda) y Super Beetle (Derecha)-modelos 1973
Fuente: (Publication International, 2007)

El primero de los diseños de nueva generación de Volkswagen, el Passat de tamaño mediano / Dasher, apareció en 1973, pero no fue hasta marzo de 1974 cuando el verdadero sucesor del Volkswagen Escarabajo apareció como el Golf (Conejo en América). Con eso, el Wolfsburg cesó su producción de Escarabajos en julio de 1974, y enero de 1978 vio la última salida de la planta de fabricación alemana el Escarabajo de Volkswagen Emden (establecido en 1960).

Sin embargo, mientras las ventas disminuyeron en el mundo industrializado, el Volkswagen Escarabajo trató de seguir el ritmo de las adiciones y mejoras de año en año, la alineación Volkswagen Beetle 1973 trajo la edición especial de Sports Bug con franjas de cinta opcionales para fijar la pintura brillante como "pulsante Saturno amarillo", la gran noticia era producir un parabrisas curvo y nuevo tablero acolchado.

En 1973 el escarabajo eran aún más grande, con parachoques más fuertes que añadieron 1 pulgada a la longitud total. Otra de las novedades para el año eran cinturones inercia-carrete y 6.00 x 15 neumáticos. Los controles de emisiones debilitaron modelos estadounidenses de 46 caballos de fuerza (SAE neto) y 72 libras-pie de torque.

2.2 Características

2.2.1 Diseño.

El Escarabajo con tracción trasera, refrigerado por aire de cuatro cilindros, motor bóxer en una carrocería de dos puertas, con un parabrisas frontal plano, con capacidad para

cuatro pasajeros, el almacenamiento de equipaje bajo el capó delantero y en la cajuela posterior ubicado el motor, este diseño ofrecía un coeficiente de resistencia aerodinámica de 0,41.

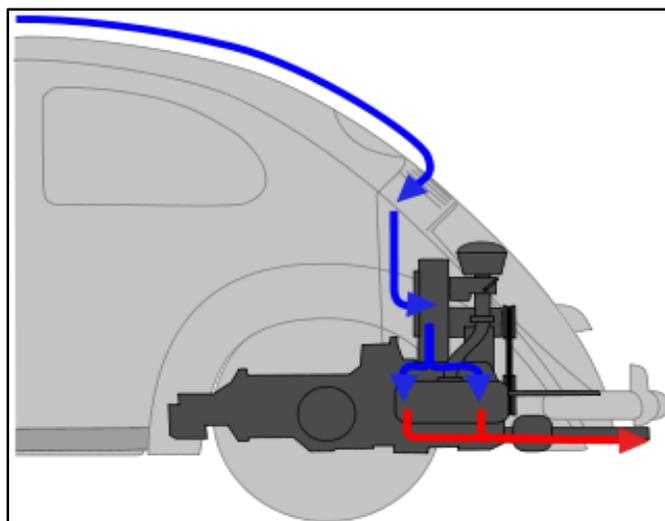


Figura 4 Diseño Aerodinámico de refrigeración
Fuente: (Hailey, 2013)

2.2.2 Motor.

Tabla 1
Características técnicas del motor VW 1200

Características	Detalles
Tipo de motor	1200 cc
Refrigerado	Aire
Número de cilindros	4
Diámetro de cilindros	3,031 pulg. (77 mm)
Carrera	2,520 pulg. (64 mm)
Volumen	72,74 <i>pulg</i> ³ (1192 <i>cm</i> ³)
Potencia al freno (HP Max.)	41.5 a 3900 RPM
Torque max.	65 lb/pie (9,99 Kg) a 2400 RPM
Relación de compresión	6,6:1
Punto de encendido	7,1/2° antes del punto muerto superior
Orden de encendido	1-4-3-2

Fuente: Manuales para el TALLER-CECSA Volkswagen pág. 7

a. Tipos de carburadores.

a.1 Solex tipo PCI.

La mezcla de aire y gasolina, en la proporción correcta, tiene lugar en el carburador para controlar el funcionamiento del motor, la ventaja del carburador de corriente descendente es que eleva la carga del cilindro utilizando totalmente la velocidad incrementada del aire de admisión. Ayuda también mucho a la mayor flexibilidad y funcionamiento mejorado del motor y facilita el arranque.

El suministro de aire al carburador entra por el filtro de aire, el cual está conectado al cuerpo superior del carburador. La cámara del flotador del carburador está diseñado de tal manera que conserve un nivel constante de combustible en su interior.

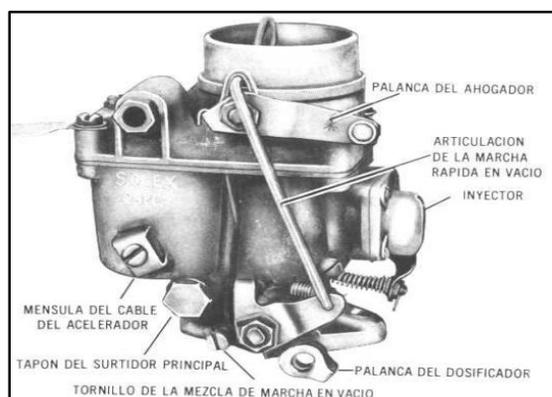


Figura 5 Carburador Solex 28 PC/PCI, con ahogador de control manual
Fuente: (LTD., 1982)

El hecho de precalentar el múltiple de admisión, evita la condensación del vapor de combustible, mejora el funcionamiento del motor y vaporiza por completo la mezcla de combustible y aire. De este modo, la mezcla está bien balanceada.

El carburador incorpora una válvula ahogadora en la toma de aire para ayudar en la puesta en marcha del motor cuando éste está frío, el dispositivo es accionado desde el tablero de instrumentos por medio de una perilla de control y un cable.

El circuito de marcha en vacío del carburador regula la mezcla de aire-combustible, dependiendo de si el dosificador está en posición de cerrado o ligeramente abierto.

“El inyector de tipo de diafragma está conectado al nivel de dosificador, mismo que ayuda a la aceleración del motor para asegurar economía y máxima eficiencia. El cuerpo del carburador incorpora el flotador, el tubo Venturi, el dosificador, el inyector y el sistema de surtidores; la porción superior incorpora el ahogador, la válvula de aguja del flotador y el surtidor del inyector”. (LTD., 1982)

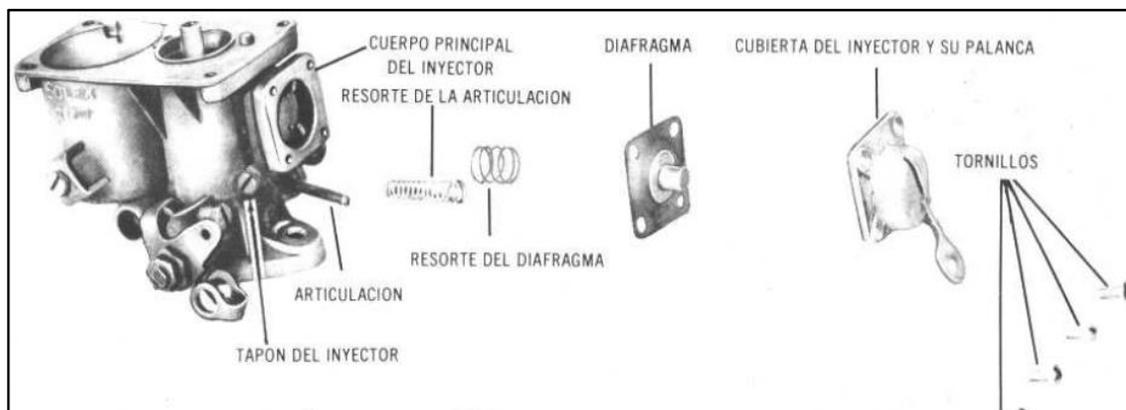


Figura 6 Componentes del inyector del carburador 28 PC/PCI
Fuente: (LTD., 1982)

b.1 Solex tipo PICT.

Comenzando por los motores de Volkswagen con la siguiente numeración 5000 002 todos los de tipo uno se encuentran equipados con este tipo de carburador, el mismo que se caracteriza por poseer un ahogador automático.

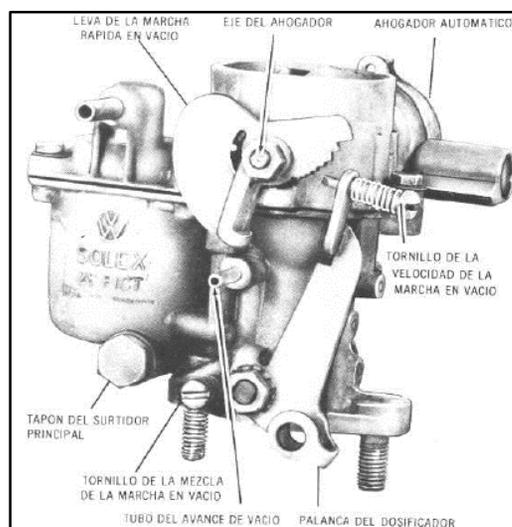


Figura 7 Carburador Solex 28 PICT, instalado en los modelos 1200
Fuente: (LTD., 1982)

Al poner en marcha un motor frío, el ahogador realiza la función principal como calefactor y un resorte bimetalico ejecutándolo automáticamente, funcionando en condiciones normales un pistón de vacío se conecta al eje del ahogador el mismo que se acciona por el vacío del múltiple, así se garantiza el funcionamiento de todo el conjunto, con las prestaciones que este carburador es diseñado con la finalidad que se acople fácilmente al ambiente donde el vehículo va a transitar y existiendo un ahorro de combustible con una carga parcial.

b. Partes.

El cuerpo del carburador está compuesto por dos partes superior e inferior, con un empaque colocado en la mitad y unidos por cinco tornillos.

Posición superior.- Posee una válvula de aguja del flotador, con un tubo de combustible proveniente de la bomba, con la instalación del tubo de ventilación para el flotador, la misma que se coloca a presión, nos encontramos con el ahogador automático y al extremo de la válvula del ahogador se encuentra la leva de marcha rápida en vacío.

Al otro extremo se encuentra instalado el elemento calefactor y un elemento bimetalico termostático, instalado firmemente en una placa de cerámica sujeta con un tornillo de retención y tres tornillos de un compartimento que forma parte integral del carburador.

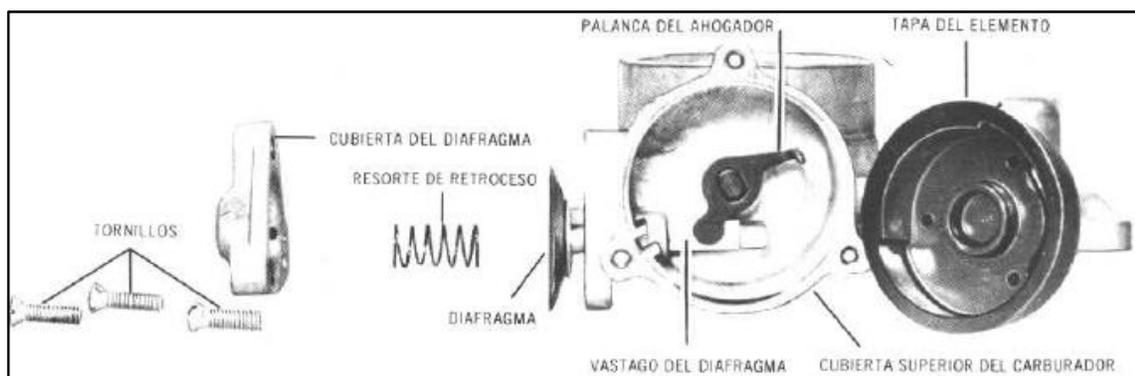


Figura 8 Componentes del control de vacío del ahogador automático

Fuente: (LTD., 1982)

Posición inferior.- Contiene las cámaras de mezcla y del flotador el mismo que garantiza una buena mezcla (aire-combustible), la que está instalada sobre el múltiple de admisión; bajo la cámara se encuentra instalado el dosificador y su eje, los que se accionan

por la palanca dosificadora, el inyector se encuentra en un compartimiento que se encuentra junto a la cámara del flotador, la que está conectada al eje del dosificador (palanca-varilla de conexión).

El flotador y la válvula de aguja mantiene el nivel de combustible, esta cumple las funciones que facilita el arranque del motor, controlando la mezcla para una marcha en vacío hasta alcanzar la temperatura normal de funcionamiento.

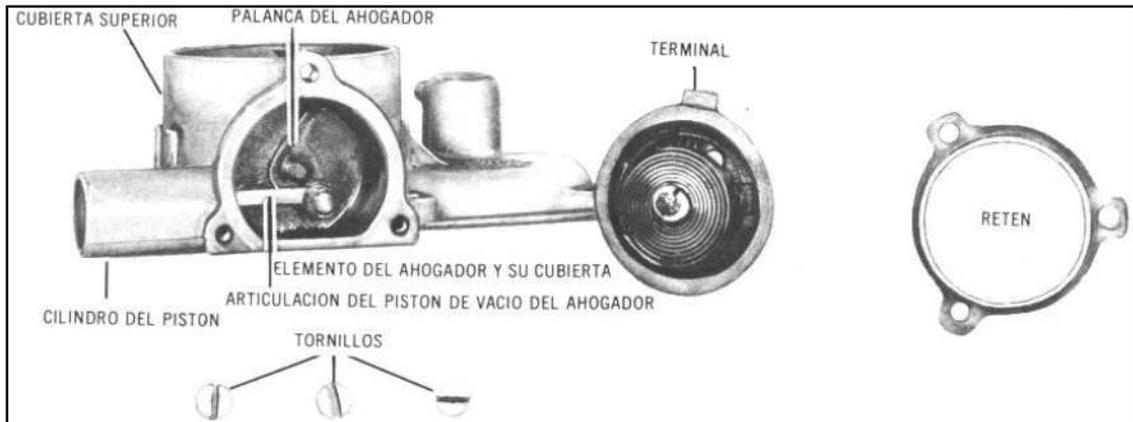


Figura 9 Componentes del ahogador automático del carburador 28 PICT

Fuente: (LTD., 1982)

c. Bomba de combustible.

El combustible es suministrado por una bomba de diafragma, la cual se acciona por un excéntrico que se encuentra ubicada en el eje del distribuidor, la misma que se divide en dos partes; superior que contiene la válvula de succión y la inferior contiene el mecanismo del balancín.

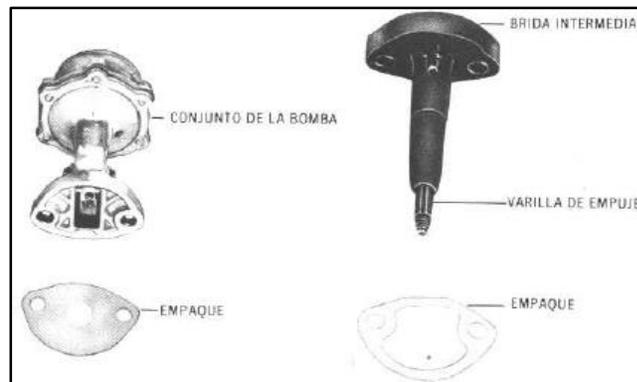


Figura 10 Bomba de combustible con la brida interna y la varilla de empuje

Fuente: (LTD., 1982)

Con cada dos revoluciones del motor entra en funcionamiento el eje impulsor del distribuidor con el excéntrico, éste constituye una revolución, por lo que la bomba de combustible realiza dos carreras una de succión y una de descarga, esto se logra debido a la excéntrica que hay en el eje del distribuidor; la función del resorte regulador por medio de su calibración permite aumentar o disminuir la presión, para alcanzar el nivel de combustible en la cámara del flotador.

d. Filtro de aire.

Su función es filtrar todas las impurezas que existen en el aire antes que el aire entre al motor, logrando así que el tiempo de vida de un motor se prolongue, se recomienda realizar los mantenimientos periódicamente para su mejor desempeño.

e. Cable del acelerador.

Se encuentra instalado por debajo de la carrocería, el cual se encuentra guiado por un tubo de acero que pasa por el compartimento de ventilación, el extremo delantero del cable se sujeta con el perno que se encuentra en el pedal del acelerador y el extremo posterior se instala a un pasador giratorio que se encuentra en la palanca del carburador.

2.3 Sistema de enfriamiento

Tabla 2
Características del sistema de enfriamiento

Características	Detalles
Tipo	Enfriamiento por medio de ventiladores y deflectores.
Impulso del ventilador	Banda trapezoidal desde el cigüeñal
Control del sistema	Termostato
Capacidad del sistema	18 pies/seg a 3800 RPM del motor
Luz entre cuerpo del ventilador y las aspas	0,065 pulg. (1,65 mm)

Fuente: (CHILTON-LIMUSA, 1998)

2.4 Transmisión

Un vehículo requiere de una gran cantidad de fuerza motriz que se transmite a los neumáticos por el motor, facilitando su movimiento en distintas condiciones.

La ejecución de una transmisión es la relación de engranajes con sus combinaciones que va a variar la velocidad, por lo general las relaciones es de 4 a 5 engranajes, tomando en consideración que mientras mayor sea la cantidad de engranajes se tendrá libertad de cambio de velocidades, también se debe tener en cuenta los datos torque del motor y peso de su diseño.

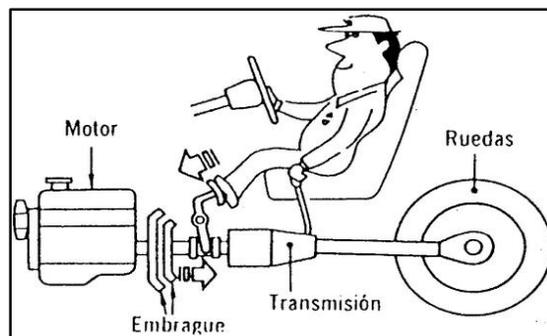


Figura 11 Transmisión

Fuente: (QUISPE SACANCELA, 2014)

2.4.1 Tipos de transmisiones.

a. Motor delantero y tracción.

Sus neumáticos delanteros son motrices y directrices, suprimiendo así la utilización del árbol de transmisión, se implementan en vehículos turismo de pequeña y media potencia. Su mayor ventaja es mayor comodidad en el habitáculo de los ocupantes y distribución de peso.

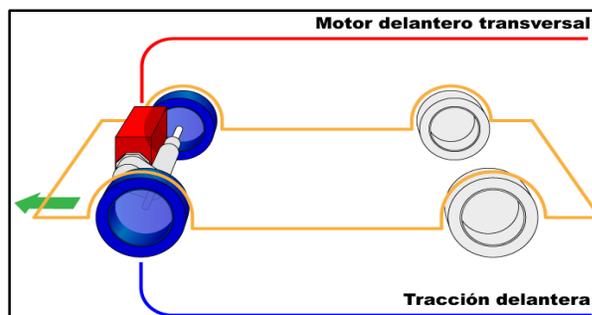


Figura 12 Tracción delantera
Fuente: (Posada, 2011)

b. Motor delantero y propulsión.

Sus neumáticos posteriores son motrices, este posee un árbol de transmisión, se emplea en camiones y turismos de gran potencia.

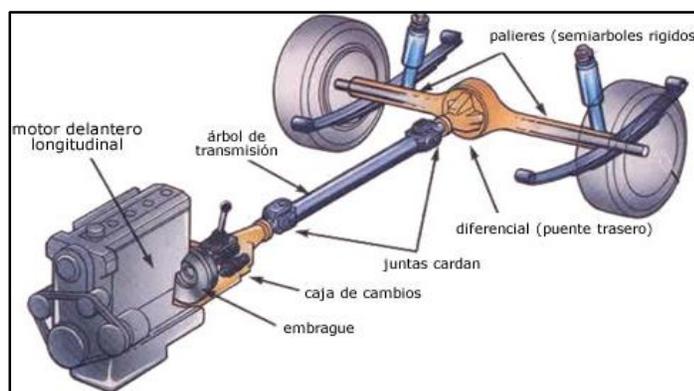


Figura 13 Tracción posterior
Fuente: (Posada, 2011)

c. Caja de transmisión tipo dividido en dos partes.

La caja de velocidades, eje trasero y el motor se encuentran instalados en la parte posterior del vehículo, el eje trasero es de tipo medio eje oscilante y la caja de la transmisión está asentada sobre los cojinetes de hule que se encuentran sujetos en tres puntos del bastidor.

La caja de velocidades cuenta con cuatro marchas para adelante y una en reversa, la misma que se sincroniza con los engranes helicoidales e 2ª, 3ª y 4ª mismo que se encuentran en acoplamiento constante para que asegure un funcionamiento silencioso.

La varilla de cambios se encuentra instalada por el túnel del bastidor, la misma que se conecta a la caja de velocidades con la palanca de cambios y se debe conocer que los cambios de primera y reversa se realizan por medio de engranes deslizantes.

d. Caja de transmisión tipo de túnel de un solo componente.

La transmisión, eje trasero y motor se complementan en un solo componente, en la parte delantera se encuentra instalado el porta engranes y el compartimiento de cambios, los que se encuentran sujetos a la caja de transmisión.

El eje trasero es de tipo semieje oscilante, se instalan los tubos de los semiejes y el eje trasero está conformado por dos cubiertas para impulsión final con una característica, que las superficies son en forma de bola.

e. Caja de transmisión automática con palanca de cambios y ejes traseros.

“La transmisión de tres velocidades hacia adelante es totalmente sincronizada e instalada en la carcasa de metal, junto con el conjunto de impulsión final, la torsión del motor es transmitida a la transmisión de un convertidor de torsión y el embrague de cambios accionado por un servo”. (VOLKSWAGEN, 1940)

Los semiejes están instalados en los cojinetes de los brazos diagonales a la suspensión trasera, contando también con ranuras de acoplamiento en un extremo para impulsar a los cubos y posee bridas en el otro extremo para el acoplamiento del eje impulsor.

Los engranes y la transmisión se diseñaron para los cambios en marcha hacia adelante, son helicoidales, los engranes de reversa, intermedio e impulsor poseen dientes rectos. La diferencia de los engranes de impulsión hacia adelante es que son helicoidales con dientes en espiral y transmiten la potencia a los ejes impulsores a través de un diferencial de engranes achaflanados.

2.5 Embrague

Es un sistema que permite transmitir e interrumpir el movimiento de una energía mecánica, la cual se lo realiza de manera voluntaria bajo las condiciones que el conductor lo requiera.

2.5.1 Funcionamiento.

Es un conjunto de piezas que se encuentran situados entre volante de inercia del motor y los componentes de la transmisión, esto asegura que las acciones requeridas se las realice eficazmente.

- ✓ **Posición de acoplado o embragado.-** Transmite el par motor requerido, cuando el embregue gira, el motor está vinculado a la transmisión.
- ✓ **Posición de desacoplado o desembragado.-** Las ruedas giran libres y el motor se encuentra girando sin transmitir el par a los neumáticos.
- ✓ **Posición intermedia.-** Mediante rozamiento o fricción se reestablece progresivamente el par de la transmisión.

2.5.2 Materiales de fricción.

- Asbesto o amianto
- Partículas de fricción
- Agentes adhesivos (resina, caucho)
- Carbón negro
- Grafito
- Cerámica

2.5.3 Clasificación.

a. Embrague de fricción.

Se caracterizan por el movimiento de la transmisión que se logra mediante el contacto entre dos superficies rugosas (una al eje conductor y la otra al conducido).

Las dos partes principales son: disco de embrague y el plato de presión, los cuales permiten que en la posición de transmisión de movimiento (embragado), el plato de presión empuja el disco contra el volante de inercia, lo que direcciona el movimiento al eje de transmisión.

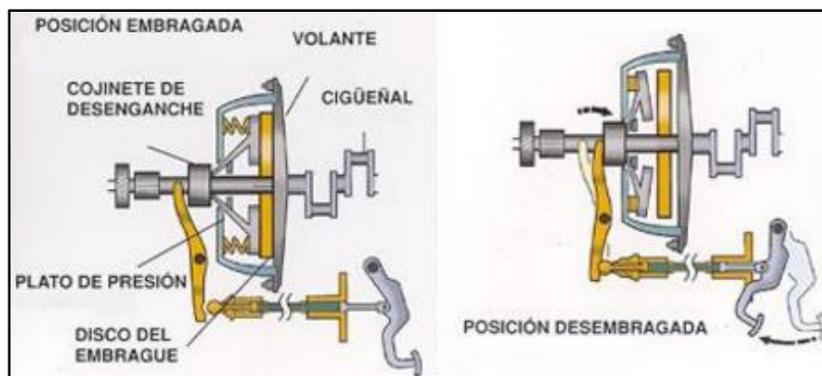


Figura 14 Embrague de fricción en seco
Fuente: (Manu, 2010)

b. Embrague de muelles helicoidales.

La fuerza se efectúa por medio de un muelle o una serie de muelles, los cuales se esfuerzan para aprisionar el disco de embrague entre el volante y el plato de presión, este embrague está constituido por seis muelles helicoidales los mismos que se distribuyen uniformemente para una presión uniforme sobre la superficie.

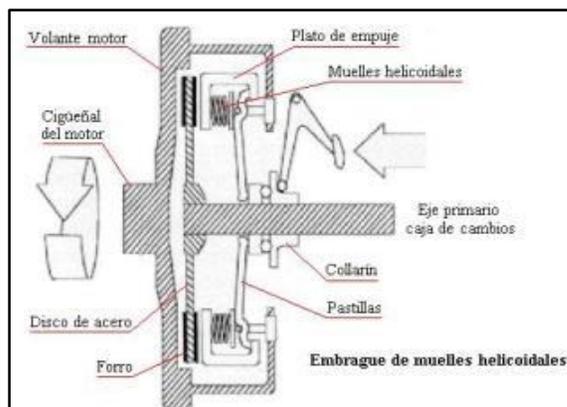


Figura 15 Embrague de muelles Helicoidales
Fuente: (Guerra, 2014)

c. Embrague de diafragma.

Está constituido por un diafragma elástico de acero que se comporta como un muelle, se relaciona con el de muelles helicoidales por utilizar una distribución similar. Se caracteriza por no tener influencia con la fuerza centrífuga, garantizando una presión más uniforme con los componentes (plato de presión, volante y disco).

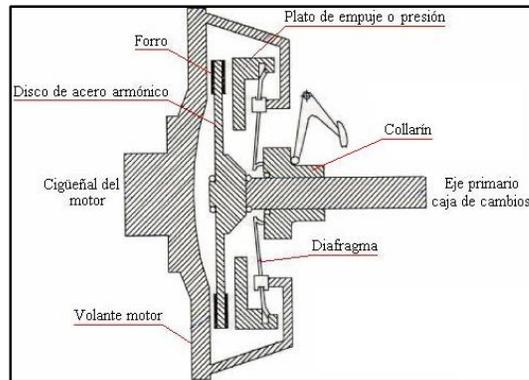


Figura 16 Embrague de diafragma

Fuente: (Guerra, 2014)

d. Embrague automático.

“La acción de embragar y desembragar está confiada a un accionamiento mecánico por medio de unos contrapesos que funcionan por la acción de la fuerza centrífuga, de tal manera que cuando el motor gire a ralentí los contrapesos estén calculados para que no ejerzan presión sobre el plato quedando por tanto en posición de desembragado. En el momento que el motor aumenta su régimen, la fuerza centrífuga hace desplazar los contrapesos hacia la periferia, empujando al plato de presión hacia su acoplamiento con el disco”. (GUERRA, 2014)

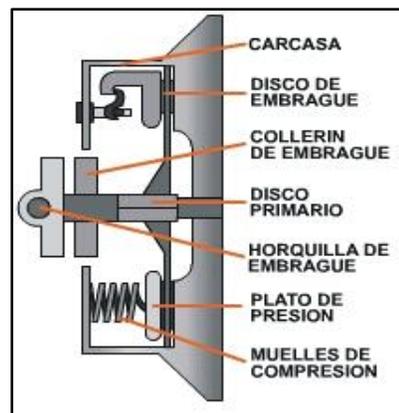


Figura 17 Embrague automático

Fuente: (GUERRA, 2014)

e. Embrague hidráulico.

Llamado también automático o semiautomático debido a que utiliza un sistema de acoplamiento entre el motor y la caja de cambios, para lograr el cambio de velocidades se

requiere una bomba centrífuga que recibe el giro del motor y el cual envía el aceite a presión hacia una turbina en la que está acoplado el eje de transmisión.

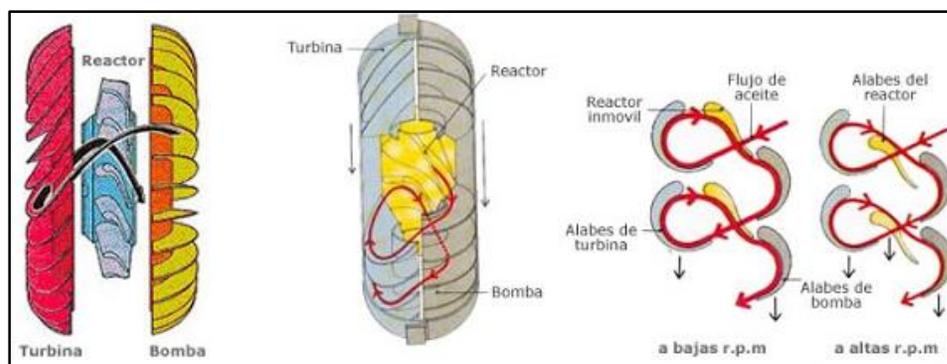


Figura 18 Embrague automático
Fuente: (TOVAR, 2013)

f. Embrague electromagnético.

Su funcionamiento es por la acción electromagnética de una masa polar aislada en el volante de inercia, en la cual se encuentra una bobina alimentada por una gran corriente eléctrica, sustituyendo de esta manera el plato de presión de un embrague.

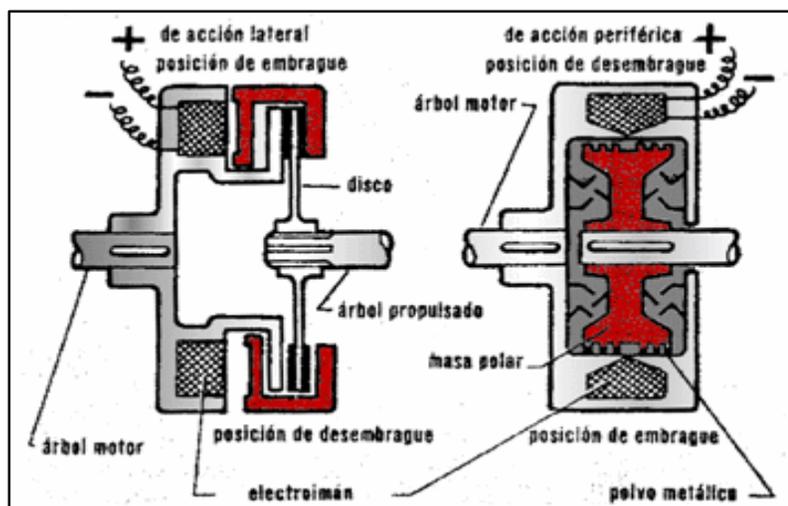


Figura 19 Embrague electromagnético
Fuente: (TOVAR, 2013)

2.6 Sistema de suspensión

El sistema de suspensión de un vehículo se encarga de absorber movimientos bruscos, los cuales producen reacciones indeseables en el vehículo, los mismos que se suscitan por irregularidades en el terreno.

2.6.1 Función.

Se conoce como suspensión al conjunto de elementos que se interponen entre los órganos suspendidos y no suspendidos, los elementos que conforman la suspensión deben ser lo suficientemente resistentes y elásticos para soportar cargas inesperadas sin que estas se deformen o existan roturas y sobre toda cumpliendo la función principal de no perder adherencia con la superficie de contacto.

Adherencia.- Mantener los neumáticos en contacto con la superficie, garantizando una variación mínima de las cargas oscilantes.

Rozamiento.- Cuanta mayor una carga vertical tenga en los neumáticos, mayor carga lateral resistirá, lo cual proporcionará una mayor aceleración lateral la que ayudará a un mejor control de la trayectoria del vehículo, asegurando su estabilidad bajo cualquier condición.

Carga.- La suspensión es la encargada de soportar la masa suspendida sobre la masa no suspendida.

Balance.- Minimiza la transferencia lateral de peso en curvas y mantiene la estabilidad dinámica de un vehículo.

Confort.- Es el objetivo principal que debe satisfacer a las personas, brinda una sensación agradable bajo cualquier condición y debe cumplir con cada exigencia, así llegará a la comodidad solicitada.

2.6.2 Tipos sistema de suspensión.

Generalmente las suspensiones se clasifican en dos grupos, dependientes e independientes.

a. Suspensión dependiente.

También se lo llama puente rígido, se utiliza en vehículos industriales por la simplicidad del mecanismo, consta de muy pocos elementos, el sistema y su funcionamiento se basa en una rueda de manera directa conectada con la posición de la otra rueda del mismo eje.

Las restricciones móviles del eje dejan en libertad los desplazamientos vertical y de balanceo respecto a la carrocería.

a.1 Panhard rod.

Ajusta el movimiento lateral del vehículo, permitiendo un movimiento lateral.

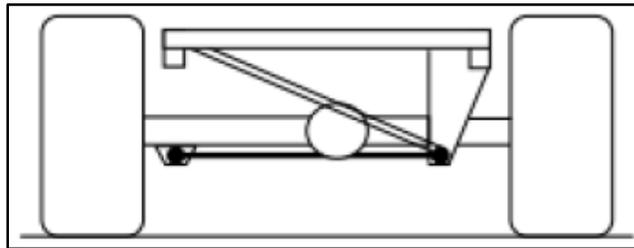


Figura 20 Suspensión panhard Rod
Fuente: (BETANCOURT, 2011)

b.1 Watts link.

Genera un movimiento de la masa suspendida se aproxima a una línea recta vertical.

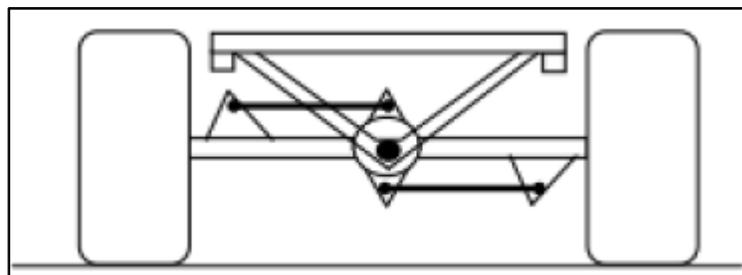


Figura 21 Suspensión watts link
Fuente: (BETANCOURT, 2011)

Estos dos sistemas se los identifica ya que trabajan juntos, evitando el movimiento relativo entre los ejes hacia los lados y el chasis del vehículo.

c.1 Hotchkiss.

Permiten grandes niveles de carga, pero presenta inconvenientes por su elevada inercia lineal no suspendida y el acoplamiento giroscópico puede dar lugar a vibraciones tipo Shimmy.

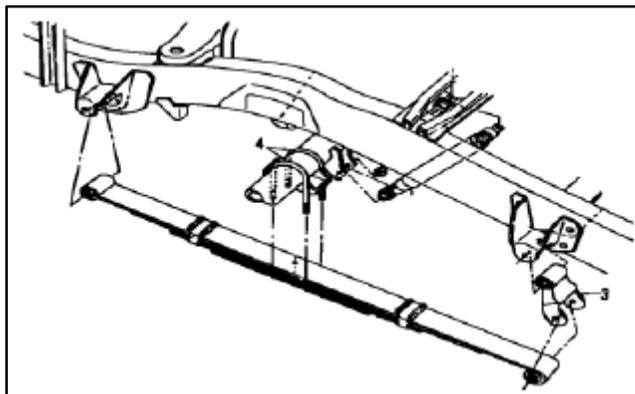


Figura 22 Suspensión Hotchkiss
Fuente: (BETANCOURT, 2011)

b. Suspensión independiente.

“En la actualidad la suspensión independiente a las cuatro ruedas ha llegado a establecerse en el mercado global, ya que brinda confort y estabilidad, reduciendo en forma independiente las oscilaciones generadas por las irregularidades del terreno, aplicándose tanto en los ejes delanteros y posteriores”. (APARICIO IZQUIERDO F., 2001, pág. 95)

Su aplicación se lo realiza tanto en ejes delanteros como posteriores, para que cumpla una geometría se debe considerar los siguientes parámetros.

- ✓ Conectar transversalmente las dos ruedas con el sistema de dirección de modo que se produzcan variaciones mínimas en la convergencia con el movimiento vertical de las ruedas.
- ✓ Utilizar tanto muelles helicoidales o elementos elásticos que reduzca las vibraciones que se emiten al habitáculo.
- ✓ Incorporar amortiguadores telescópicos.
- ✓ Soportar fuerzas que actúan sobre ella durante una aceleración, frenado o al momento de tomar una curva.

2.6.3 Suspensiones delanteras.

a. Tipo barra de torsión.

Cuando una de las ruedas gira sobre el eje que se encuentra instalado por rótulas, el eje está suspendido en forma independiente por un par de barras de torsión las cuales realizan la acción de resorte, dando así origen a una fuerza dirigida hacia abajo o hacia arriba en la dirección contraria.

El inconveniente que existe en esta clase de suspensión es un comportamiento brusco al momento de realizar el frenado, afectando al ángulo de avance y con variaciones con el centro de balanceo.

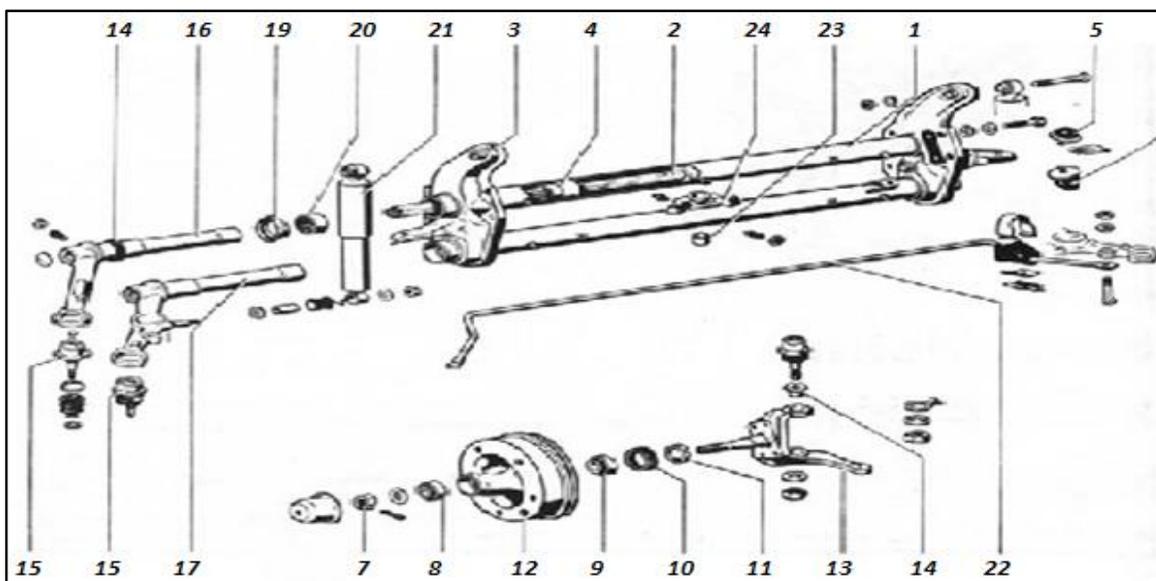


Figura 23 Barra de torsión
Fuente: (CHILTON-LIMUSA, 1998)

Tabla 3
Partes suspensión delantera

1	Barra del eje delantero	13	Pivote o articulación de la dirección
2	Barra de torsión	14	Buje excéntrico para ajuste del cámbor
3	Barra de torsión	15	Rótula
4	Placa lateral	16	Brozo superior de torsión

CONTINUA



5	Casquillo del brazo de torsión	17	Brazo inferior de torsión
6	Tope de toma superior	18	Sello del brazo de torsión
7	Tope de toma inferior	19	Reten del sello
8	Tuerca abrazadora para ajuste del rodamiento de la rueda	20	Rodamiento de agujas para el brazo de torsión
9	Rodamiento interior de rueda delantera	21	Amortiguador
10	Retén del rodamiento de la rueda delantera	22	Barra estabilizadora
11	Anillo espaciador	23	Casquillo del eje de la palanca de giro
12	Tambor espaciador	24	Tope de la palanca de giro

Fuente: (CHILTON-LIMUSA, 1998)

b. Tipo de poste.

Cada una de las ruedas está suspendida en forma independiente sobre un amortiguador circundado por un resorte de espiral, el poste se encuentra instalado en su parte superior por un rodamiento de bolas que se encuentra en el hule de la carrocería y en la parte inferior por un brazo de control de carril y una rótula.

La ventaja que ofrece esta suspensión incluye una trayectoria más amplia, una magnitud muy pequeña de convergencia y cambio de cámbor durante el recorrido de la suspensión con un ángulo de giro reducido.



Figura 24 Suspensión tipo poste

Fuente: (Automodelismo rc Perú, 2009)

c. Suspensiones delanteras paralelogramo deformable.

Es una unión entre la rueda y carrocería posicionando elementos transversales y colocados en diferentes planos, en los que hay dos elementos superpuestos paralelos, junto a la unión, que al moverse la rueda con relación a la carrocería, ese paralelogramo se forma entre las mesas, acoplando ahí las bases del amortiguador, lo que minimiza la deformación del resorte.

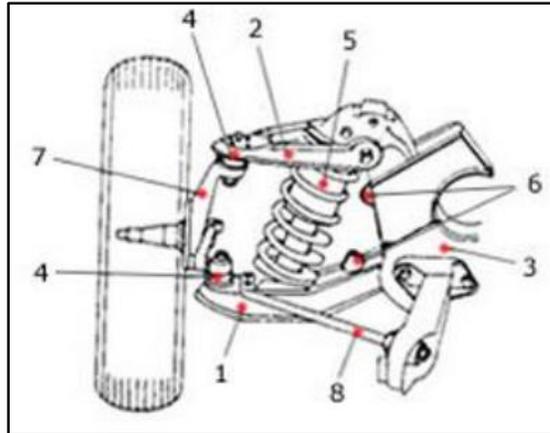


Figura 25 Suspensión paralelo deformable
Fuente: (MEGANEBY, 2014)

- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. Trapecio o brazo inferior | 5. Conjunto muelle-amortiguador |
| 2. Trapecio o brazo superior | 6. Topes de goma |
| 3. Bastidor | 7. Mangueta |
| 4. Rótula | 8. Barra estabilizadora |

d. Suspensión delantera McPherson.

Es uno de los más utilizados en la suspensión delantera, actuando en la carrocería en los puntos más resistentes donde se coloque el amortiguador y el muelle, esta combinación otorga una suspensión más compacta y ligera que puede ser usada para los neumáticos delanteros del vehículo.

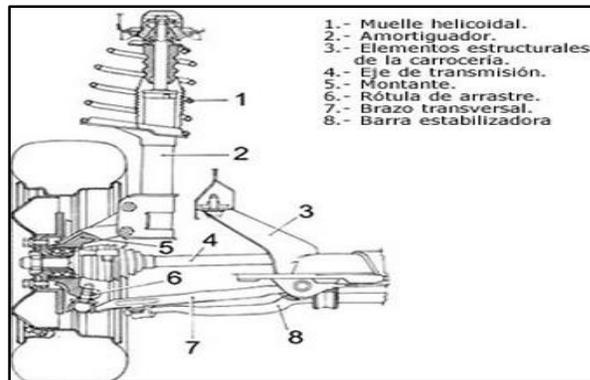


Figura 26 Suspensión McPherson
 Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

2.6.4 Suspensiones posteriores.

a. Tipo de brazo diagonal.

Tiene una acción de resorteo independiente por medio de barras de torsión, instaladas en un extremo de la carrocería por medio de un tubo estriado soldado al bastidor y el estriado se utiliza para ajustar la suspensión.

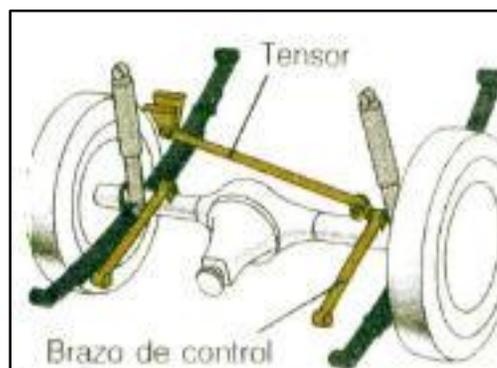


Figura 27 Suspensión tipo brazo diagonal
 Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

b. Tipo resorte de espiral y brazo guía.

Esta suspensión está constituida por resortes y brazos guías, instalando la torre metálica de los amortiguadores dentro de los resortes, con este mecanismo el pivoteo se realiza en la parte transversal de la carrocería.

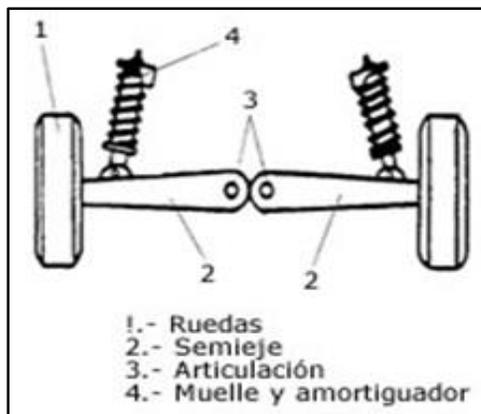


Figura 28 Suspensión tipo resorte y brazo guía
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

c. Suspensiones posteriores de eje rígido

“Básicamente estas suspensiones se caracterizan porque las ruedas se encuentran permanentemente formando los mismos ángulos con los semiejes, los brazos de la suspensión no existen como tal ya que los propios semiejes son los que hacen las veces de brazos de la suspensión”. (APARICIO IZQUIERDO F., 2001, pág. 98)

Con esta disposición el eje trasero queda englobado dentro de las masas no suspendidas, lo que hace que aumente la deformación de forma considerable con respecto a otros sistemas de suspensión, con la consiguiente pérdida de adherencia de las ruedas traseras.



Figura 29 Suspensión McPherson
Fuente: (Macias, 2012)

d. Suspensiones posteriores independientes.

Son las más utilizadas en vehículos de carácter deportivo, con tracción bien a las cuatro ruedas o las ruedas traseras únicamente, los beneficios se reflejan en una mejor estabilidad, mayor maniobrabilidad en el volante y en el caso de vehículos con ruedas traseras motrices ayudan a su tracción.

e. Tipo brazos tirados o arrastrados.

“Este tipo de suspensión se caracteriza por tener dos elementos de soporte o "brazos" en disposición longitudinal que van unidos en un extremo al bastidor y por el otro a la mangueta de la rueda”. (QUISPE SACANCELA, 2014, pág. 10)

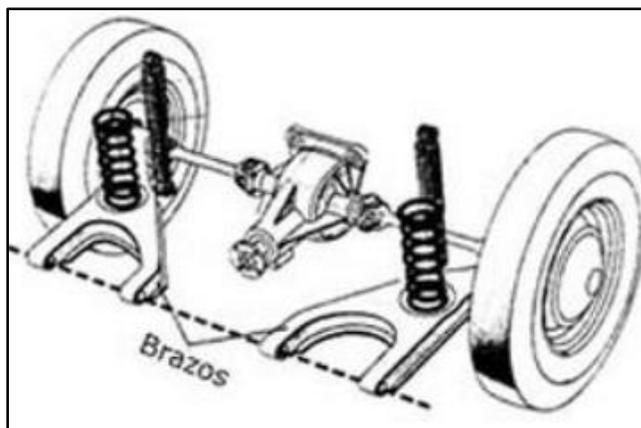


Figura 30 Suspensión de brazos tirados
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

f. Tipo paralelogramo deformable.

También conocida por trapecio articulado o suspensión de triángulos superpuestos, está conformada por dos brazos superiores y uno inferior. Los cuales se encuentran unidos al chasis con pivotes, son implementadas en vehículos deportivos, con una excelente ventaja de mantener la superficie de rodadura al neumático siempre paralelo al suelo.

Estos sistemas de suspensión de paralelogramo deformable actualmente se los conoce como multibrazo o multilink.

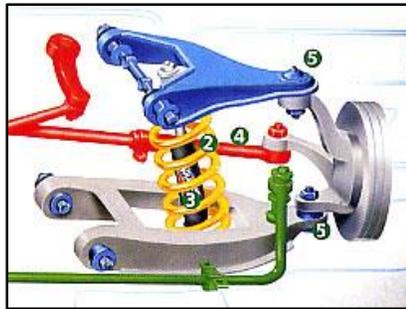


Figura 31 Suspensión paralelo deformable
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

2.6.5 Elementos de la suspensión.

Los principales componentes en toda suspensión son:

Muelles: Elementos instalados entre el bastidor y lo más próximo a las ruedas, evitando un movimiento brusco en la carrocería, debido a irregularidades que pueden existir en el terreno. Los elementos utilizados deben poseer propiedades de absorción y elasticidad como ballestas, muelles helicoidales y barras de torsión.

Amortiguadores: Son diseñados para soportar deformación elástica, su funcionamiento es transformar la energía mecánica del muelle en energía calorífica con la finalidad de calentar el fluido que contiene en el interior del cilindro, evitando movimientos bruscos de la carrocería.

Barras estabilizadoras: Resistencia que opone a la torsión una barra cilíndrica de acero, que posee características elásticas, debido a aleaciones de los materiales y su funcionamiento, se basa en que si a una barra de acero elástica se la fija por un extremo y al extremo libre le someto a un esfuerzo de torsión (giro), la barra se retorcerá, pero una vez finalizado el esfuerzo recuperará su forma primitiva.

La fuerza aplicada no debe sobrepasar el límite de elasticidad del material, para evitar la deformación permanente.

Neumático: El sistema de suspensión en un vehículo comienza en el contacto del neumático con el camino, verificando siempre la presión de aire recomendada para el mismo, evitando el desgaste prematuro de éste, y menor transmisión de movimiento al habitáculo de los pasajeros.

Rótula de suspensión: Permite el movimiento vertical y rotacional de los neumáticos directrices de la suspensión delantera y está compuesta por casquillos de fricción y de perno encerrados en una carcasa.

Rótula de barra de acoplamiento: El brazo rótula de control con muelle de suspensión se denomina articulación de bola para transporte de peso, que se encuentra acoplada con la dirección por encima del brazo de control, donde ejerce una tensión, porque el peso del automóvil trata de empujar la rótula desde el nudillo.

Bieletas: Son las encargadas de desmultiplicar las vibraciones de la suspensión trasera y delantera.

Brazo de control: Acoplamiento instalado en la articulación de la dirección, la punta del eje del neumático y la carrocería durante el movimiento hacia arriba/abajo. Los materiales con lo que se construyen son de acero estampado, forjado o aluminio forjado.

Brazo auxiliar: Eslabón que ayuda al brazo pitman a evitar que los bujes de hule se dañen, esto disminuye un cambio drástico en la convergencia, o el desgaste prematuro en los neumáticos.

Brazo de biela: Consiste en una barra rígida diseñada para establecer uniones articuladas en sus extremos (manivela, excéntrica, cigüeñal).

2.6.6 Centro de gravedad (CG).

“El punto donde se concentra toda la masa del vehículo más piloto, sin afectar el diseño dinámico, se puede definir como el punto que se puede aplicar cualquier fuerza ejercida sobre el vehículo obteniendo el mismo efecto que en la realidad”. (INFANTE, 2014)

2.6.7 Centro de balanceo (CB).

Relacionada con la localización del punto en el que son aplicadas las fuerzas laterales desarrolladas por las ruedas, y que son transmitidas a las masas suspendidas. El punto al que podemos referir estos efectos, conocido como centro de balanceo, afecta tanto al comportamiento de las masas suspendidas como al de las masas no suspendidas, repercutiendo de forma directa en el giro del vehículo.

Cada sistema de suspensión tiene su propio centro de balanceo, definido como el punto en el plano vertical que cruza transversalmente los centros de las ruedas, en el cual pueden ser aplicadas las fuerzas laterales sobre las masas suspendidas sin producir un balanceo de la suspensión.

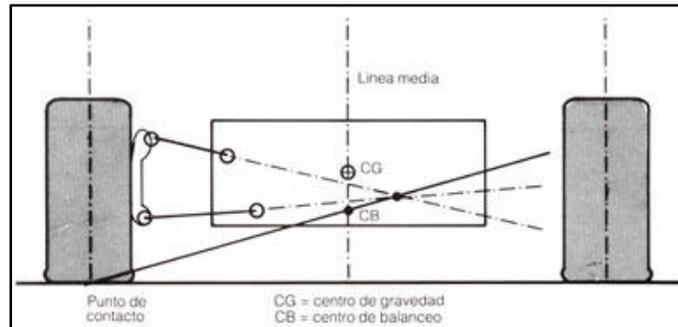


Figura 32 Centro de gravedad y centro de balanceo

Fuente: (INFANTE, 2014)

a. **Movimiento de cabeceo.**

El cabeceo se manifiesta de forma transitoria y como una oscilación cuando el vehículo encuentra un obstáculo y de forma más persistente, con valores casi constantes del ángulo de cabeceo, en las fases de aceleración y de frenado. Los parámetros que influyen en este fenómeno son la geometría de las suspensiones, la rigidez de los muelles de éstas, la relación entre la altura del baricentro sobre el suelo, la batalla y la distribución de las masas según una vista longitudinal (momento de inercia del vehículo al cabeceo), en las fases transitorias, y las características de los amortiguadores. (RedGiga, 1999)

2.7 Sistema de dirección

Está constituida por diversos componentes que deben cumplir la misión de orientar a los neumáticos delanteros, tomando así la trayectoria que el conductor la direcciona, garantizando siempre el confort, seguridad para satisfacer las necesidades de los clientes.

2.7.1 Partes.

Volante.- Permite orientar al vehículo a voluntad del conductor, existen diferentes diámetros de volantes los mismos que varían para el movimiento de los brazos y neumáticos, tomamos una relación de un diámetro grande que ocupa mayor espacio, pero brinda mayor desmultiplicación y es más liviana la dirección.

Columna de dirección.- Transmite el movimiento del volante hacia el cajetín de la dirección, siempre se debe tomar en cuenta la seguridad del conductor en caso de colisión donde la columna de dirección y su eje se rompen. Existen diversos tipos:

- Columna en forma de malla
- Eje concéntrico (tubo y bola telescópica)
- Eje telescópico de cápsula plástica deformable

Brazo de mando.- Situado a la salida del cajetín, con un movimiento longitudinal de vaivén que transmite al brazo de acoplamiento.

Biela de dirección.- Constituida por un conjunto de componentes que transmite el movimiento desde el cajetín a los neumáticos.

Palanca de ataque.- Está acoplada a la caja de dirección mediante un estriado fino, recibiendo un movimiento rotacional el cual se transmite en movimiento angular a la barra de mando.

Brazo de acoplamiento.- Recibe el movimiento de la palanca de ataque los que llevan un cierto ángulo de inclinación para que la prolongación de sus ejes coincidan sobre el centro del eje posterior.

Barra de acoplamiento.- Hace posible que los neumáticos giren simultáneamente.

Manguetas.- Cuando el vehículo es de tracción delantera la mangueta posee un agujero en el centro por el cual pasa el palier y sirve de guía.

Rotulas.- Tiene un muñón cónico en cuyos extremos hay una unión roscada para facilitar su instalación

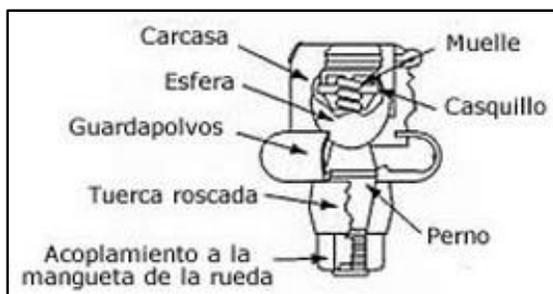


Figura 33 Esquema interno de la rótula
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

2.7.2 Tipos de dirección.

a. Sistema piñón cremallera.

El sistema cuenta con un piñón que gira a la derecha o izquierda sobre el riel, produciendo un movimiento lineal, la relación de velocidad de giro del piñón depende del número de sus dientes y de la cremallera del número de dientes por centímetro.

Debido a la precisión en el desplazamiento angular de las ruedas se utiliza mucho en vehículos de turismo, sobre todo en los de tracción delantera, ya que los esfuerzos que aplica el conductor en el volante son disminuidos notablemente.



Figura 34 Piñón cremallera
Fuente: (Sabelotodo.org, 2012)

b. Sistema bolas recirculares.

Este sistema consta de un gran tornillo roscado instalado dentro de una caja cubierta de aceite, el cual recibe a la barra de dirección. El tornillo da tres o cuatro vueltas alrededor

del mismo moviendo una serie de engranajes, utilizado frecuentemente en buses y vehículos de trabajo pesado por su disminución notable del esfuerzo en el volante.

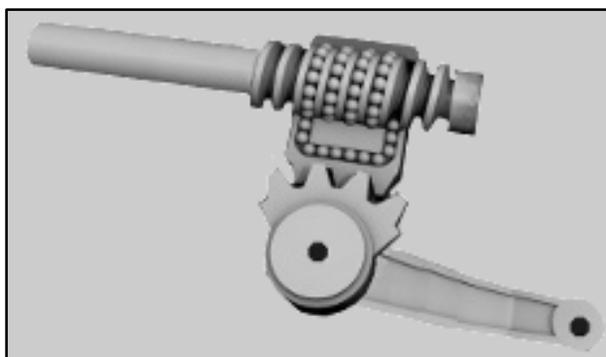


Figura 35 Bolas recirculares
Fuente: (Sabelotodo.org, 2012)

c. Sistema electrohidráulico.

La fuerza es transmitida por una bomba hidráulica accionada por un motor eléctrico, que sustituye al motor causando que no se pierda potencia haciéndolo adecuado para vehículos de bajo cilindraje y la tecnología de comunicarse a la ECU sobre el comportamiento de la suspensión en relación a la velocidad para irlo ajustando de manera progresiva su dureza.

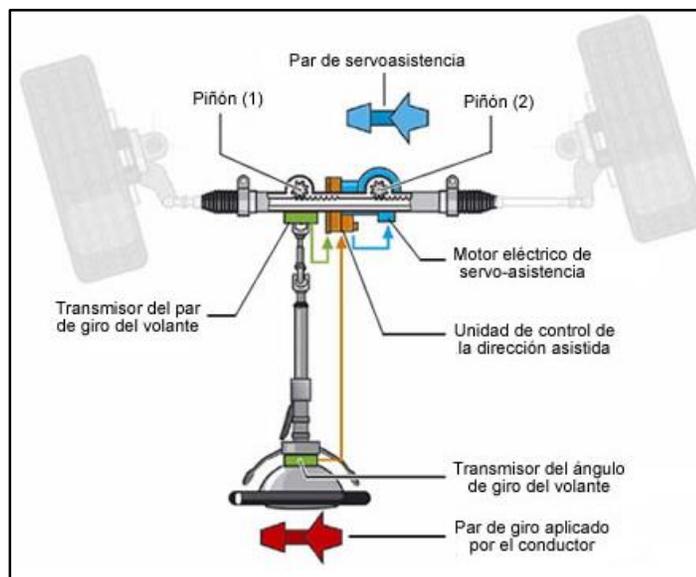


Figura 36 Elementos del sistema electrohidráulico
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

2.7.3 Parámetros y geometría involucrados en el sistema de suspensión y dirección.

Se entiende al conjunto de dimensiones a la alineación entre los neumáticos delanteros como posteriores, el tren delantero debe garantizar la trayectoria, conjuntamente con el sistema de suspensión para la absorción de las irregularidades del terreno. Para la geometría de la suspensión se analizan las exigencias que día a día se va generando por el consumidor para limitar el desgaste de los neumáticos.

a. Ángulo de caída (Cámbler).

Es el ángulo que forma la mangueta con una horizontal situada en el plano vertical que pasa por el eje, la finalidad es que la zona del neumático esté en contacto con el suelo. El ángulo cámbler negativo se da cuando la parte superior del neumático se inclina hacia la línea central del vehículo y positivo en forma de “V” cuando la parte superior del neumático se aleja.

En los vehículos de tracción delantera el ángulo debe oscilar entre 0° y -1° y en los de tracción trasera entre $+1^\circ$ y $+3^\circ$

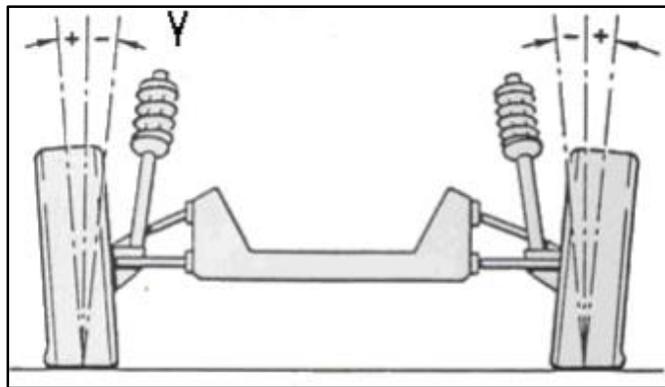


Figura 37 Ángulos de caída “Camber”
Fuente: (BETANCOURT, 2011)

b. Ángulo de avance (Cáster).

Es el desplazamiento angular entre el eje de dirección y la vertical, su cáster positivo induce fuerza de corrección que brinda una línea forzada, pero incrementa el esfuerzo en

la dirección y suele estar comprendido entre 0° y 4° para vehículos con motor delantero y de 6° a 12° para vehículos con el motor en la parte posterior.

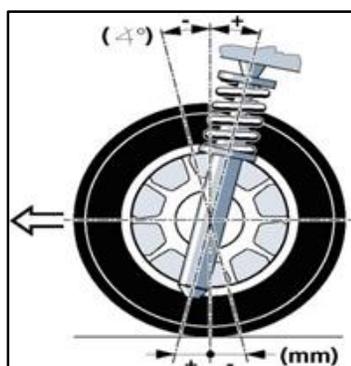


Figura 38 Ángulos de avance “Cáster”
Fuente: (BETANCOURT, 2011)

El ángulo de avance negativo crea fuerza que resulta en lo siguiente:

- Retorna las ruedas automáticamente a la posición céntrica para que el auto vaya recto después de la curva.
- Hace que el vehículo vaya más recto con mayor control.
- Ayuda a reducir el aumento de caída de la rueda en las curvas para ayudar a maximizar la tracción de la llanta.

c. **Ángulo de inclinación (King pin).**

Está íntimamente relacionado con el esfuerzo que se realiza en el volante para orientar los neumáticos, ya que la disposición del pivote sobre el que se mueve la mangueta reduce el esfuerzo. Si este ángulo no está de acuerdo a las especificaciones, ocurrirá una alteración en el sistema de dirección, variando también el cámbier.

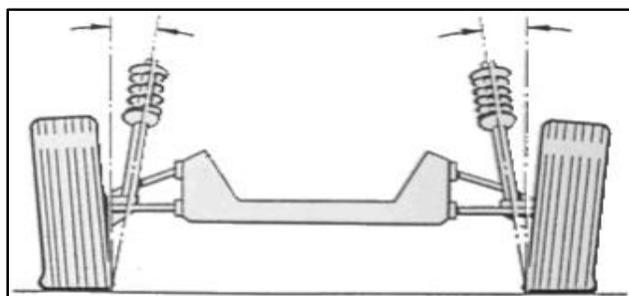


Figura 39 Ángulos de inclinación “King pin”
Fuente: (BETANCOURT, 2011)

d. Convergencia y divergencia.

También se los llama como Toe in (convergencia) y Toe out (divergencia) es la diferencia entre distancias transversales entre los planos de los neumáticos, si la distancia es más grande en los puntos posteriores de los neumáticos se dice que hay toe in y en caso contrario toe out.

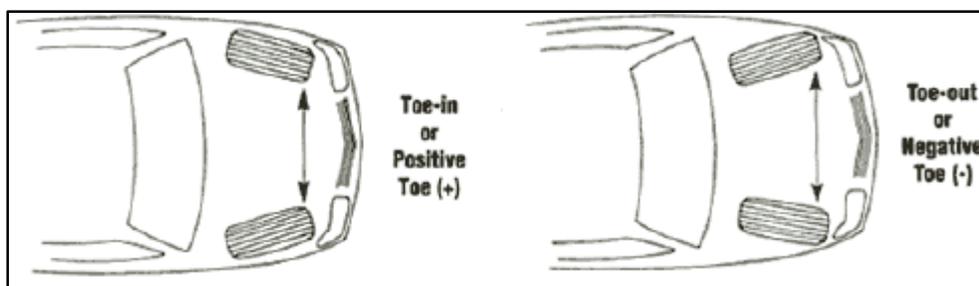


Figura 40 Convergencia y divergencia
Fuente: (BETANCOURT, 2011)

La convergencia puede ser de signo positivo o negativo, ya que los planos medios de las ruedas tiendan a juntarse en la parte delantera del automóvil y se dirá que existe una convergencia ($>$), caso contrario será una divergencia ($<$).

2.7.4 Condición de Ackerman.

Permite con bastante aproximación que se produzca un cambio de dirección en el vehículo sin que las ruedas se deslicen sobre el suelo, para la verificación, las ruedas deben estar rectas y observar que los brazos de dirección deben cortar en el centro del eje posterior.

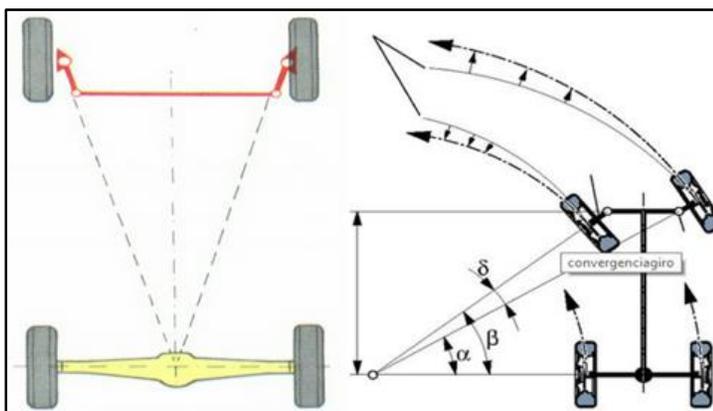


Figura 41 Condición de Ackerman
Fuente: (QUISPE SACANCELA, 2014)

2.8 Sistema de frenos

Es el sistema más importante para garantizar la seguridad de los ocupantes del vehículo, estableciendo parámetros de diseño que se debe cumplir a la distancia y la estabilidad al momento de frenar.

El funcionamiento básico de los frenos de un vehículo es la fricción, garantizando el control de la velocidad que se imprima en el vehículo la cual genera una energía cinemática, la misma que es absorbida por el sistema de frenos.

Para un análisis correcto del sistema de frenos, nos basamos en la dinámica del vehículo garantizando que todos los mecanismos inmersos en su accionamiento garanticen la seguridad, distancia y tiempo de frenado conservando su trayectoria establecida por el conductor.

Para considerar parámetros de frenado se debe establecer los parámetros de diseño de carga que va a tener el vehículo, ya que no es la misma consideración para el eje posterior como el eje delantero, tomando consideraciones de diseño actuales se distribuyen en 40 % en la parte posterior y un 60 % en la parte delantera.

2.8.1 Tipos de sistemas de frenos.

Existen dos tipos de accionamiento, el primero es con el pie para controlar y disminuir progresivamente la velocidad a voluntad del conductor, el segundo es accionado por la mano ya que es utilizado para un frenado inmediato o para un bloqueo absoluto de las llantas cuando se encuentran en parqueo.

a. Frenos de discos.

La ventaja más significativa al aplicar estos frenos es su diseño ya que su mordaza va instalada en el aire, la misma que favorece para una buena refrigeración del disco con las pasillas de fricción y una mayor evacuación de polvo generado por el frenado, mejorando la evacuación de calor no va existir calentamiento crítico, en el caso de existir dilación el disco se acercaría más a la pastilla ayudando a la presión y efecto de frenado.

Freno de mordaza fija.- La mordaza va sujeta de forma que permanece fija en el frenado, siendo presionado por dos pistones desplazables ajustándose a las caras del disco y son más utilizados en vehículos rápidos y pasados.

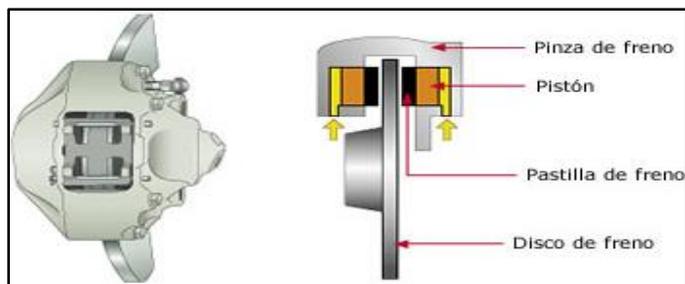


Figura 42 Esquema de un freno de disco de mordaza fija
Fuente: (MEGANEBY, 2014)

Freno de mordaza oscilante.- Este tipo de mordaza está sujeta por un perno el mismo que se utiliza como eje de giro, al aplicar una presión en el pistón y este se desplaza realiza un pequeño giro sobre el perno guía, produciendo que las pastillas se compriman contra el disco.

1. Mordaza
2. Perno guía
3. Pistón
4. Pastillas
5. Disco de freno

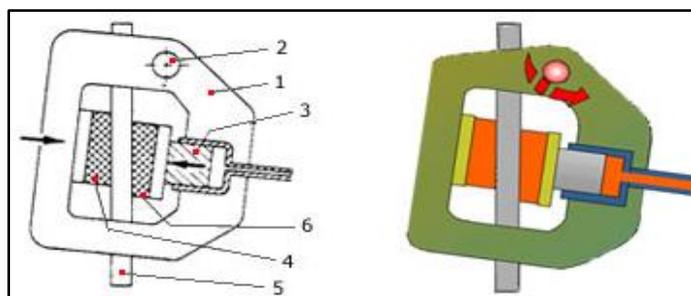


Figura 43 Esquema del freno de disco con mordaza oscilante
Fuente: (MEGANEBY, 2014)

Frenos de mordaza flotante.- Se utiliza un solo pistón el misma que genera una fuerza opuesta o de reacción contra el disco, y, si se instala en el eje posterior se puede activar un mando manual para el freno de mano.

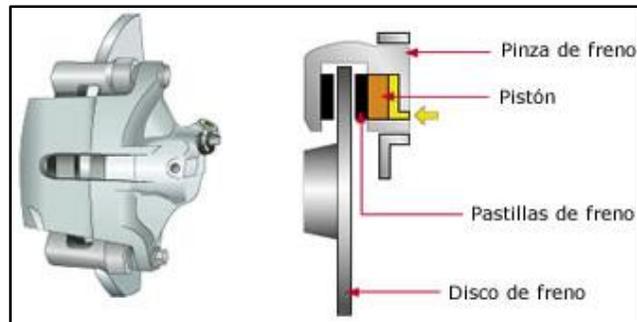


Figura 44 Esquema del freno de disco con mordaza flotante
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

Disco de freno.- El material de fabricación es de fundición gris nodular de grafito laminar, el disco puede estar con perforaciones ya que puede ser autoventilado o sencillamente plano o macizo.



Figura 45 Disco macizo
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

b. Frenos de tambor.

Es el diseño más utilizado por ser eficaz en el frenado, utilizándolo en la actualidad para los frenos posteriores, ya que entran en contacto directo contra la superficie del tambor en movimiento, se utiliza también como freno de mano o parqueo para evitar su movilidad al momento de estar apagado su motor.

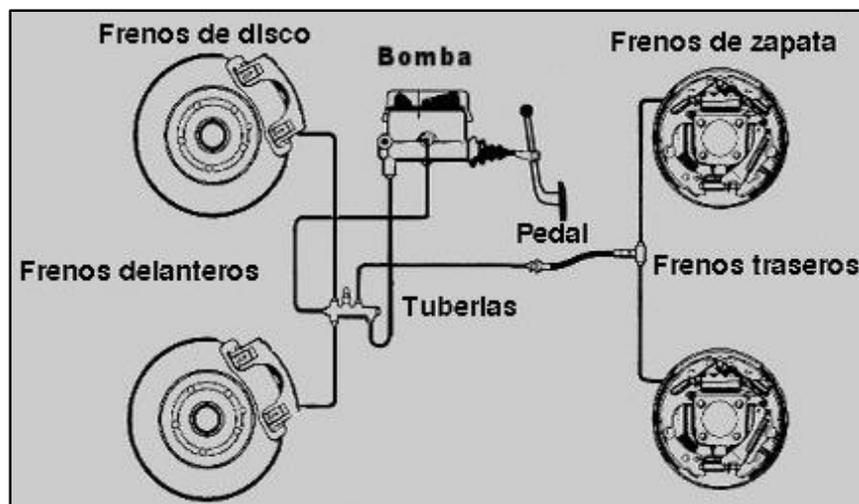


Figura 46 Sistema de freno hidráulico del vehículo
Fuente: (Bruzos, 2013)

2.8.2 Modos de accionamiento.

a. Accionamiento hidráulico.

Presionamos el pedal que se encuentra instalado en el medio de los tres comandos de accionamiento para el correcto funcionamiento del vehículo, activando un pistón de un cilindro hidráulico instalado dentro de la bomba del freno, obligando así por su inercia que el fluido circule por todo el sistema.

Esquema.- 1 bomba de doble pistón alimenta de manera independiente a cada cilindro 2 frenos delanteros y posteriores 3, regulando con una válvula 4. Con el accionamiento del pedal 5 las luces posteriores se activan 6, como mecanismo de seguridad una válvula de presión 7 alerta de avería en el sistema de frenos, los cuales se transmiten al tablero del conductor con una luz indicadora 8.

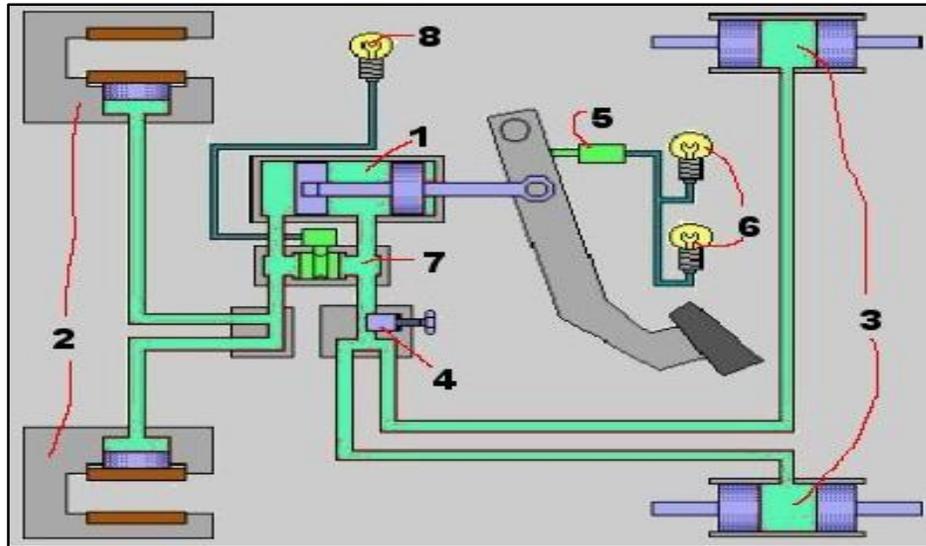


Figura 47 Esquema del sistema de Frenos

Fuente: (Bruzos, 2013)

b. Accionamiento manual.

Se acciona cuando un cable de acero se tensa por la acción manual de una palanca o al aplastar el pedal en otros casos, esta acción se lo hace al momento que el vehículo se encuentra completamente estático frenando las ruedas posteriores evitando el movimiento de las mismas.

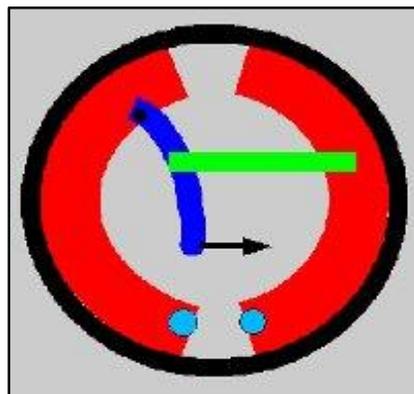


Figura 48 Esquema del freno de mano

Fuente: (Bruzos, 2013)

c. Accionamiento neumático.

Su principal utilización se lo hace en vehículos de trabajo pesado, al interior se encuentra una leva de accionamiento, la cual está acoplada a un vástago y posteriormente a una palanca que viene directamente de la cámara de aire “pulmón”.

Con la utilización de este accionamiento se requiere tener un sistema que sea alimentado por un compresor almacenando aire comprimido, presionando el freno se activa la válvula reguladora de presión, la misma que dependerá de la presión que se ejerza en el pedal para frenar. Su funcionamiento depende de la carga de aire comprimido para desbloquear este tipo de frenos, mientras el vehículo no tenga la carga adecuada no se desbloquean la zapatas, existe una forma manual de desbloqueo de estos frenos pero con consecuencias, suprime su utilidad lo cual no se recomienda, solo para su mantenimiento se debe realizar este procedimiento.

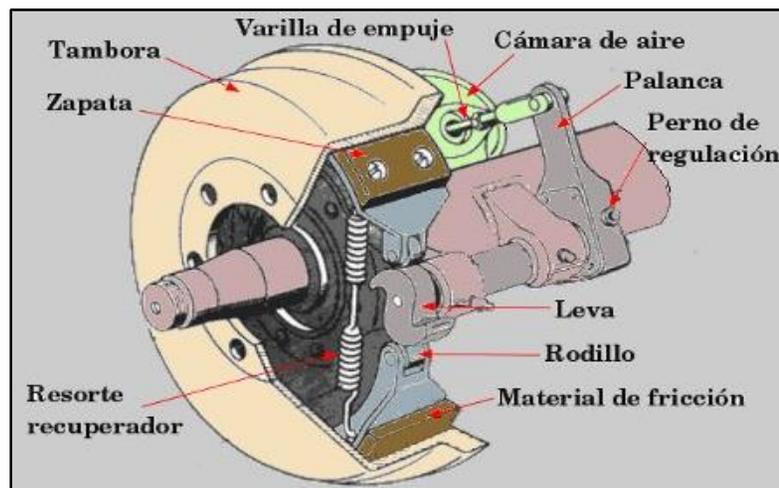


Figura 49 Freno Neumático

Fuente: (Bruzos, 2013)

2.9 Características del sistema eléctrico

2.9.1 Sistema de encendido.

Un cable eléctrico que viene desde el acumulador directamente hasta el interruptor principal donde se acciona mediante llaves, el mismo que tiene tres posiciones la primera es de corte total de energía, siguiendo con la activación de componentes eléctricos del vehículo y el impulso eléctrico para mover el motor de arranque, el que acciona al volante de inercia y hace que el motor de combustión entre en funcionamiento.

La llave volverá a la segunda posición realizando la función de corriente que va dirigida a la bobina de encendido, la cual tiene tres conexiones (dos de chispa y una grande en el centro), este tipo de circuitos se llama primario y secundario, el primario envía una corriente de doce voltios a la bobina, luego dentro de ella se encuentran filamentos delgados denominados bobina secundaria la que aumenta el voltaje aproximadamente en diez mil voltios los que están dispuestos a la salida de conexión central, ésta va conectada a la parte central del distribuidor para realizar el salto de la chispa en la bujías.

Distribuidor:

Es el encargado de enviar los pulsos a las bujías en el orden de encendido predispuesto por el fabricante del motor, realizando la detonación del combustible; es accionado desde el árbol de levas del motor por lo tanto gira a la mitad en relación al motor, cada vez que el lóbulo del rotor pasa frente al sensor de captación está conectado al módulo de encendido eléctrico y cuando la tensión del generador de impulsos ha alcanzado un cierto nivel (próximo a 1 Voltio), haciendo circular la corriente por el bobinado primario de encendido.

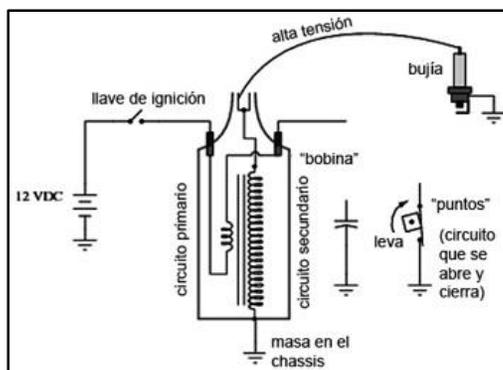


Figura 50 Sistema de Encendido

Fuente: (SEGEDA, 2014)

Sensores eléctricos.- Permite que los componentes mecánicos y neumáticos sean suprimidos en base a actuadores programados por medio de tecnología informática, este sensor sirve para detectar la posición angular del cigüeñal y es controlada por una unidad de control ECU que recibe la información para procesarla.

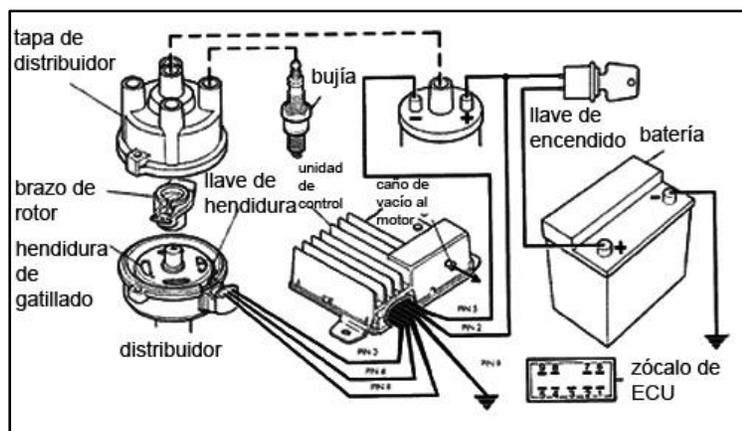


Figura 51 Sistema de encendido digital Básico

Fuente: (SEGEDA, 2014)

Para ajustar el tiempo de encendido se lo realiza normalmente en marcha baja o la recomendada por el fabricante, cuando el sistema de encendido se encuentra muy adelantado el motor sufre detonaciones y cuando el encendido está retrasado tendrá poca economía de combustible, con una potencia muy baja durante la aceleración. (SEGEDA, 2014)

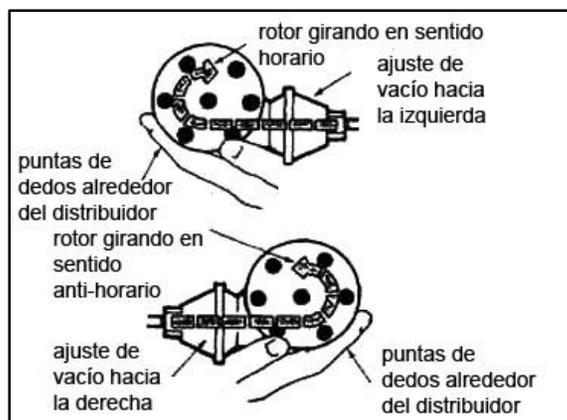


Figura 52 Sentido de rotación del rotor

Fuente: (SEGEDA, 2014)

Bujías.- Constituidas por un aislante de porcelana en la que se encuentra un electrodo aislado soportado por una cubierta de metal con un electrodo conectado a tierra, cuenta con una separación fija de aire en el cilindro, por la cual realiza la descarga de voltaje de la bobina de encendido la cual debe saltar después de pasar por el distribuidor.

Las bujías utilizan el alto voltaje de la bobina de encendido (4000 a 10000 voltios), son necesarias para encender la mezcla aire combustible, los valores de calibración de la separación de los electrodos oscilan entre los 0,8 a 1,5 milímetros.

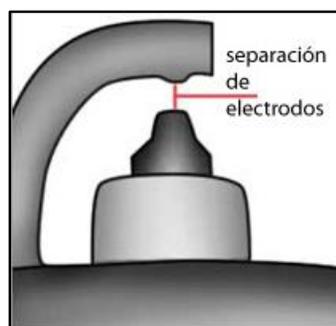


Figura 53 Calibración de electrodos

Fuente: (SEGEDA, 2014)

Existen dos tipos de bujías con resistencia y sin resistencia, las bujías con resistencias interna oscilan entre los 10000 ohmios diseñados para reducir la estática del radio, son los más utilizados en la actualidad y las bujías sin resistencia tienen una barra de metal sólido que forma el electrodo central, implementadas para vehículos de competencia o estacionarios.

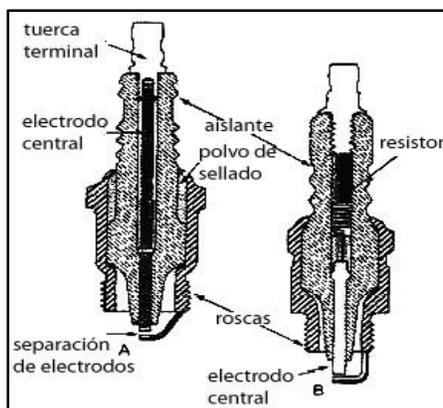


Figura 54 Vista de selección de una A.- bujía sin resistencia y B.- Bujía con resistencia

Fuente: (SEGEDA, 2014)

Cables de bujías:

Conducen corriente eléctrica de alto voltaje desde la tapa del distribuidor hasta cada una de las bujías y en otro caso los vehículos con encendido sin distribuidor llevan directamente la energía desde la bobina hasta las bujías.

Tipos:

Alambre sólido.- Utilizados en vehículos antiguos, consta de un alambre de metal y causan interferencia al radio ya que puede existir en algunos casos fuga de corriente.

Cable de resistencia.- Consiste en filamentos impregnados de carbono de rayón trenzado ya que tiene aislante que contiene la radiación que interfiere con la radio.

- ✓ Buscar un cable aislante de alta resistencia.
- ✓ Elegir un cable de bujía que se ajuste a su motor.
- ✓ Comprobar su garantía.
- ✓ Cambiar el juego completo de cables.

2.9.2 Componentes.

a. Sistema de encendido de punto de contacto.

Leva distribuidora.- Esta unida al eje del distribuidor y tiene un lóbulo para cada cilindro, a medida que la leva gira con el árbol de levas los lóbulos hacen que los puntos de contacto se abran y cierre el circuito primario.



Figura 55 Leva distribuidora
Fuente: (SEGEDA, 2014)

Puntos de contacto.- Llamados también platinos actúan como interruptores eléctricos al resorte del distribuidor, su funcionamiento es hacer que el flujo de corriente sea intermitente en el circuito primario, haciendo así que el campo magnético en la bobina aumenta y desaparezca al momento de alcanzar la fuerza máxima.



Figura 56 Platino
Fuente: (SEGEDA, 2014)

Condensador.- También conocido como capacitor el cual está conectado en paralelo con los puntos de platinos y conectado a masa a través de la caja del distribuidor, este proporciona un lugar por donde la corriente debe fluir hasta que los puntos de contacto estén totalmente abiertos, además se considera una cámara de almacenamiento transitoria de electricidad.



Figura 57 Condensador
Fuente: (SEGEDA, 2014)

2.9.3 Sistema de encendido eléctrico.

El sistema de encendido básicamente debe controlar dos funciones, la chispa y el momento del disparo de la bujía para satisfacer las necesidades requeridas por el motor, realizadas por las ECU para que de la apertura para el punto de ignición y cierre de los platinos. Una de las ventajas más considerables en este sistema es el manejo de tensiones altas (60000 voltios), los mismos que ayuda a una mayor separación de los electrones produciendo una chispa más prolongada, ayudando a la detonación de la mezcla más pobre a que tenga una combustión completa. (SEGEDA, 2014)

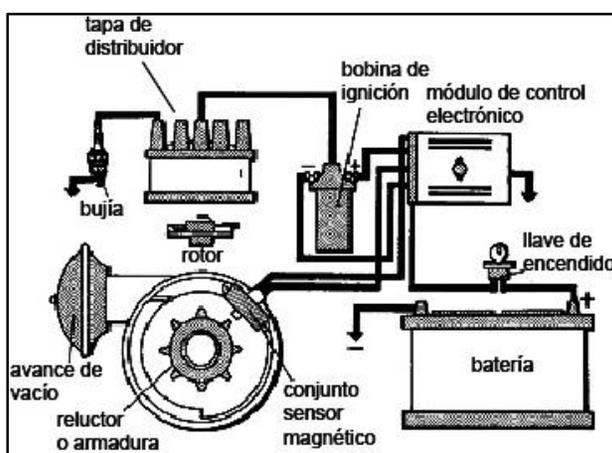


Figura 58 Sistema electrónico de ignición típico
Fuente: (SEGEDA, 2014)

a. Componentes.

Rueda gatillo.- Llamado también reductor, es la que reemplaza a la leva de distribución, se encuentra conectada al extremo superior del reductor del distribuidor y posee el mismo número de dientes en relación a la cantidad de cilindros que posee el motor.

Bobina de captación.- Conocido como conjunto de sensor magnético, produciendo sobretensiones de voltaje pequeños para la ECU.

Unidad amplificadora de sistema de control de encendido electrónico.- Considerado como un interruptor electrónico que conecta y desconecta la corriente de la bobina de encendido, todas las funciones que la ECU realiza son previamente

programadas y no son ajustables, son parámetros del fabricante para garantizar el vehículo.

2.9.4 Sistema de encendido sin distribuidor.

Las bujías son disparadas directamente desde la bobina, para realizar esta función se controla por la unidad de control de ignición (UCI) y la ECU, las bobinas por lo general se encuentran instaladas individualmente en cada cilindro o en pares (chispa residual).

El sistema de encendido directo (DIS) utiliza sensores magnéticos al cigüeñal, de posición al árbol de levas, para poder determinar la velocidad del motor toda esta información es enviada y controlada por la UCI para que active la bobina que corresponda.

Ventajas:

- No existe ajuste de tiempo.
- No posee distribuidor y rotor.
- No existen partes móviles para su desgaste.
- No existe acumulación de humedad y no causa problemas del encendido.

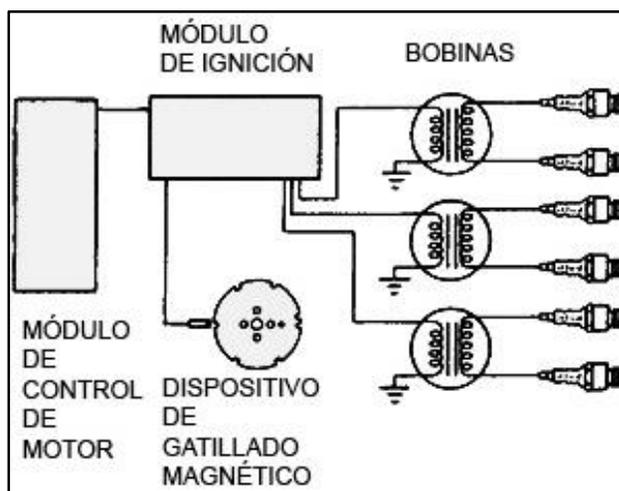


Figura 59 Sistema de encendido sin distribuidor
Fuente: (SEGEDA, 2014)

Avance centrífugo:

“Hace que la bobina de encendido y las bujías funcionen a medida que aumenta la velocidad del motor, utilizando pesos a resorte, fuerza centrífuga y la acción de palanca para rotar la leva del distribuidor o rueda gatillo”. (SEGEDA, 2014)

La sincronización de la chispa ayuda al correcto encendido para máxima potencia del motor lo cual consta de dos pesos anticipados, dos resortes y una palanca de avance; y en el periodo de baja velocidad del motor, los resortes mantienen el peso de avance hacia adentro, en ese momento no existe suficiente fuerza centrífuga para empujar el peso hacia afuera, manteniendo una configuración inicial.

Avance de vacío:

Aumenta el ahorro de combustible, ya que ayuda a mantener el avance de chispa de combustible en ralentí, $\frac{1}{4}$ del acelerador es cuando está presente para ayudar a que exista un adelanto al encendido aprovechando que la mezcla sea al 100%, aún en velocidades bajas.

Avance computarizado:

Son controladas por distintos sensores los mismos que envían información a la ECU, la que los interpreta y realiza los cambios respectivos para que la mezcla siempre sea eficiente para el motor.

- ✓ Sensor de velocidad del motor informa a la computadora de su funcionamiento.
- ✓ Sensor de posición del cigüeñal reporta la posición del pistón.
- ✓ Posición del acelerador.
- ✓ Sensor de temperatura del aire de entrada.
- ✓ Sensor de temperatura del refrigerante.
- ✓ Sensor de detonación identifica el pistoneo del motor.
- ✓ Sensor de entrada de vacío indica la carga del motor.

2.9.5 Circuito de iluminación del automóvil.

Se lo conoce como sistema de un solo alambre ya que se utiliza al chasis como masa para todos los componentes, en el sistema intervienen batería, luces, chasis y varios interruptores que controlan su uso.

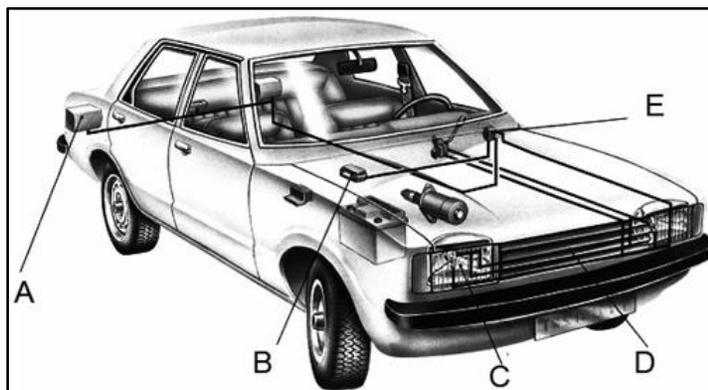


Figura 60 Circuito de iluminación

Fuente: (SEGEDA, 2014)

A.- Luces posterior, luces de freno y luz de retro.

B.- Una caja de control y fusibles.

C.- Las luces de faros tienen dos circuitos, uno para altas y otro de bajas.

D.- Cableado en paralelo en lugar de hacerlo en serie, de manera que cada lámpara obtenga toda la potencia requerida.

E.- La llave de contacto es la que controla todas las acciones de luces.

Lámparas:

Llena de gas con filamento de tungsteno o wolframio se utiliza en equipos de vehículos livianos y de construcción, su función es con corriente de 12 o 24 voltios dependiendo de la tensión, este se pone incandescente a una temperatura de 2000 a 3000 °C por lo que se les conoce como lámparas incandescentes y cada una de ella está normalizada según sea su implementación.

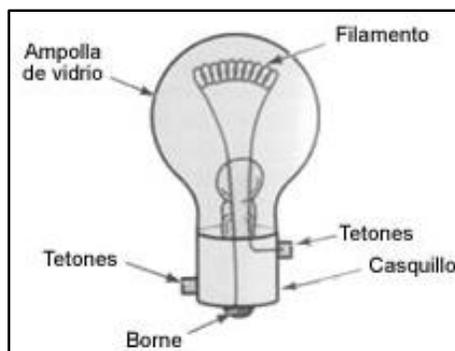


Figura 61 Lámpara incandescente

Fuente: (MEGANEBY, 2014)

a. **Tipos de lámparas.**

1. **Plafón.-** Ampolla de vidrio tubular utilizada para luces de techo, iluminación de guantera, maletero y matrícula, su potencia va desde 3, 5, 10 y 15 W.
2. **Pilotos.-** Ampolla de forma esférica, provisto de dos tetones que encajan en el portalámparas de tipo bayoneta y su iluminación es para luces posteriores (5 o 6 W), stop, marcha atrás (15, 18 y 21 W).
3. **Control.-** Ampolla esférica o tubular, utilizada como luces de testigo para los diversos componentes, con una potencia de 2 a 6 W.
4. **Lancia.-** Su utilización es principalmente para el tablero de instrumentos con una potencia de 1 a 2 W.
5. **Wedge.-** Lámpara tubular que se encierra en su interior en forma de cuña, quedando así plegados los hilos de los filamentos y continuando su conexión al portalámparas.
6. **Foco europeo.-** Ampolla esférica con los bordes de conexión ubicados al extremo del casquillo, se implementan en la instalación de luces de carretera.
7. **Halógenos.-** Denominados como faros antiniebla utilizados en carreteras o en cruces.

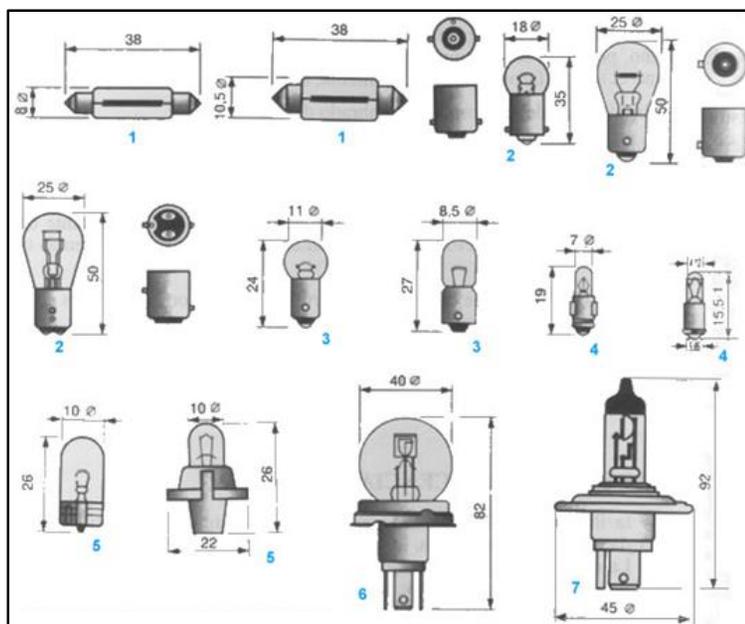


Figura 62 Tipo de lámparas
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

Xenón.- Sistema de iluminación de alto rendimiento aumentando la seguridad activa durante la conducción, su funcionamiento se debe a la descarga del gas xenón y halogenuros metálicos, para lograr esto debe elevar la tensión de los electrodos dentro de la ampolla alcanzando un arco voltaico de hasta 30000 voltios entre los dos electrodos de tungsteno situados en la cámara de vidrio y se aproxima a una temperatura de 700 °C. (MEGANEBOY, 2014)

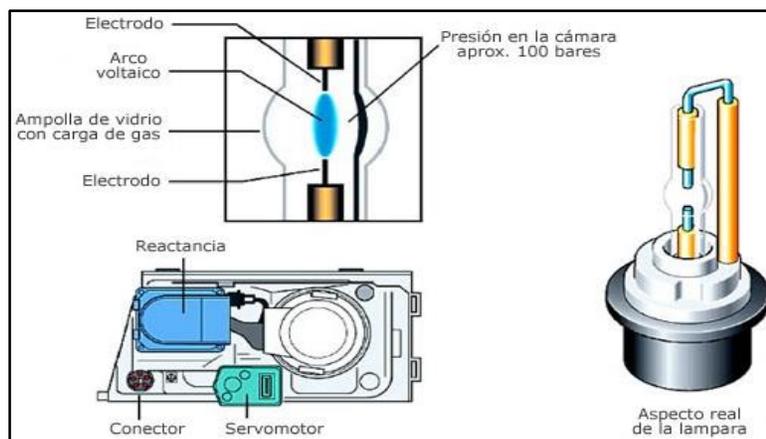


Figura 63 Lámpara de xenón
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

Led's.- La larga vida útil, ahorro de energía, espacio, resistente al choque y vibraciones son factores importantes que se toman en consideración para instalar al interior o exterior de un vehículo.

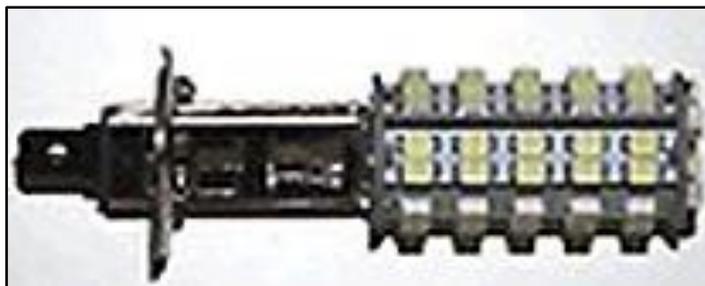


Figura 64 Luz led's
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

b. Palanca de cambio de luces.

Controla el cambio de alta y baja, esta va colocada en el piso en vehículos de maquinaria pesada o en vehículos livianos en la columna de la dirección, direccionando así la conexión eléctrica para cada función.

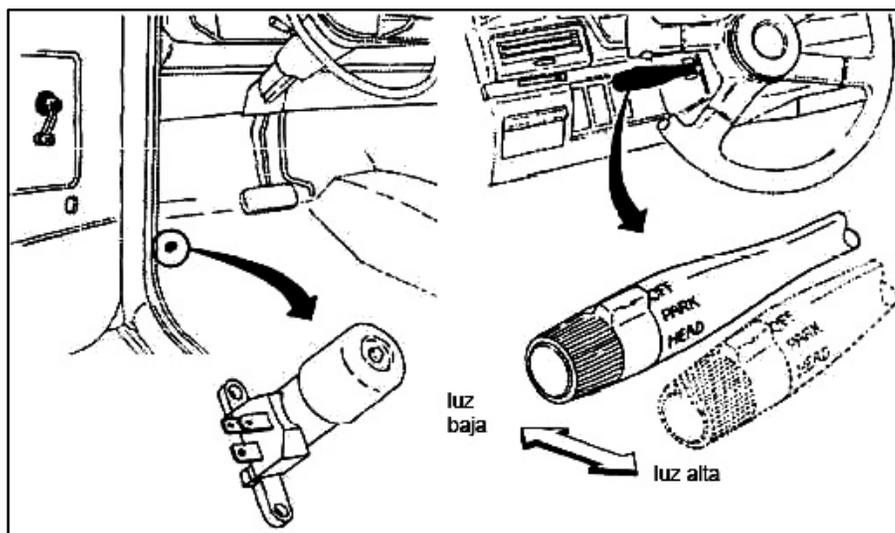


Figura 65 Luces de cambio al piso y en la columna de dirección
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

2.9.6 Dimensiones del chasis.

a. Dimensiones exteriores.

Tabla 4

Dimensiones y pesos VW 1200

#	CARACTERÍSTICAS	DETALLE
1	Batalla	2400 mm
2	Largo	4070 mm
3	Altura	1500 mm
4	Altura libre sobre el piso	152 mm
	Ancho	1540 mm
	Peso en vacío	780 kg
	Carga útil	380 kg
	Carga total admisible	1160 kg
	Carga admisible sobre el eje delantero	480 kg
	Carga admisible sobre el eje trasero	700 kg

Fuente: Manuales de instrucciones VW 1200, pág. 44

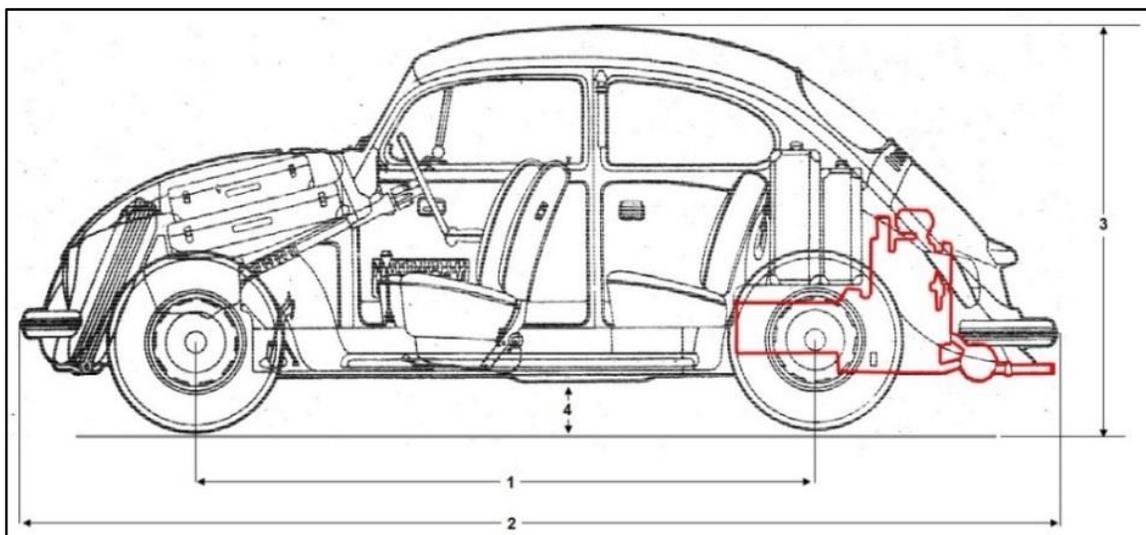


Figura 66 Dimensiones exteriores VW 1500

Fuente: (Ltd, 2009)

b. Dimensiones Interiores.

Tabla 5

Dimensiones interiores VW 1200

	DETALLE (mm)
A	1528.8 – 1529.2
B	104.5 – 105.5
C	402.5 – 403.5
D	582 – 583
E	204 – 205

Fuente: (Sportbugger, 2011)

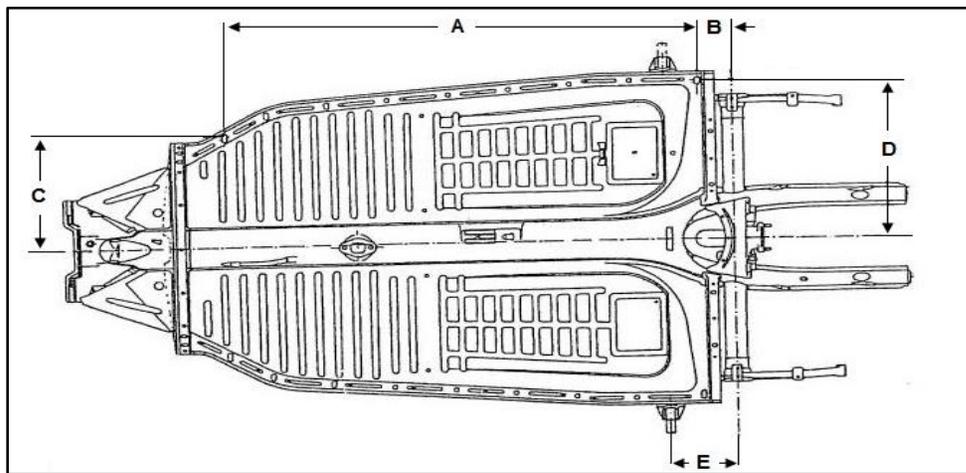


Figura 67 Dimensiones interiores VW 1500

Fuente: (Sportbugger, 2011)

CAPÍTULO III

3 SELECCIÓN DE COMPONENTES DE LOS SISTEMAS

La selección de los componentes para la limusina Volkswagen escarabajo se escogieron bajo parámetros de diseño y construcción, las características se tomaron de sistemas ya implementados en el mejoramiento del este tipo de vehículos, tomando en cuenta que en nuestro país no existe el estudio adecuado o la fabricación de estos sistemas para implementar como nueva alternativa en el mercado por falta de tecnología e industria.

Las características que debe cumplir cada sistema es la de confort, seguridad y accesibilidad de manejo con las funciones predisuestas para su movilización en el campo de acción donde se va a ejecutar, los análisis que se realizaron es sin carga y carga completa.

3.1.1 Dimensiones de la limusina Volkswagen escarabajo

Tabla 6

Dimensiones de la limusina

#	CARACTERÍSTICAS	DETALLE
1	Batalla	3600 mm
2	Largo	5270 mm
3	Altura	1500 mm
4	Altura libre sobre el piso	152 mm
	Ancho	1540 mm
	Peso en vacío	965 kg
	Carga útil	402 kg
	Carga total admisible	1365 kg

Fuente: (Rosero/Vallejo, 2015)

c. Dimensiones.

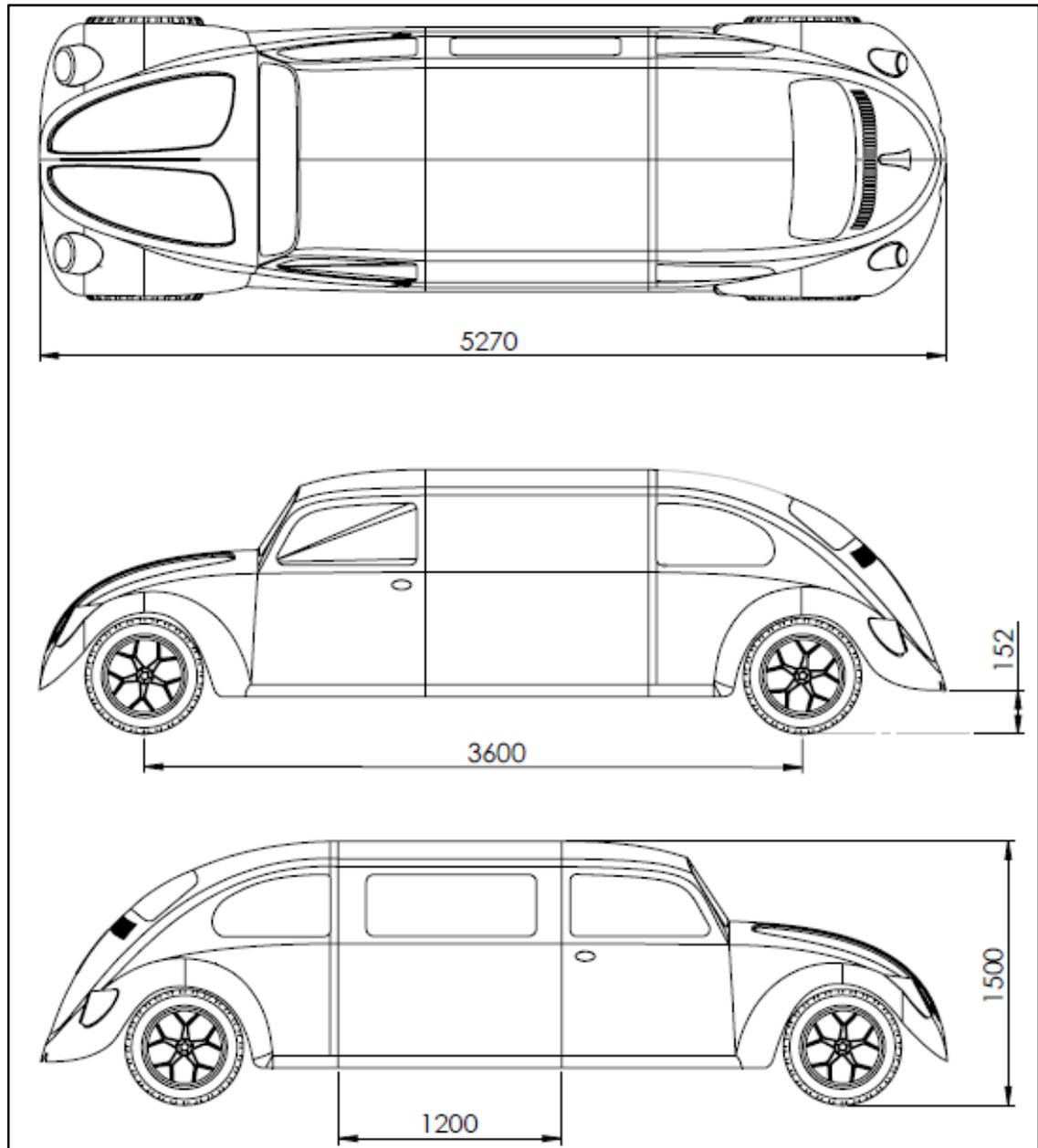


Figura 68 Dimensiones de la limusina Volkswagen escarabajo
Fuente: (Rosero/Vallejo, 2015)

3.1.2 Características del sistema de suspensión.

La función principal de un sistema de suspensión es amortiguar y suavizar el desplazamiento de un vehículo por irregularidades que se presenten en un terreno, dando confort a los todos los ocupantes, estabilidad, seguridad, versatilidad, tomando en cuenta todos los principios de aerodinámica.

a. Requerimientos.

Tabla 7

Requerimientos Suspensión

Bastidor o chasis	Amortiguadores	Funda
Ballestas	Trapecios	Rótulas de trapecios
Muelles	Soportes	Estabilizador
Barra de torsión	Neumáticos	Tren delantero

b. Alternativas de implementación ideal.

a.1 Suspensión delantera.

Alternativa A: Tipo de barra de torsión

Las ruedas delanteras giran sobre un eje montado en las rótulas o articulación esférica, el eje está suspendido en forma independiente por un par de barras de torsión que trabajan en base al principio de un resorte. Cuando una de las ruedas delanteras sube o baja, se tuercen las barras de torsión, dando origen a una fuerza dirigida hacia abajo o hacia arriba en dirección contraria.

La parte del Volkswagen que soporta al eje delantero es la viga del eje, la misma que está formada por dos tubos unidos rígidamente y sujetos al bastidor con cuatro tornillos, remitirse al detalle del anexo C. En cada uno de los extremos de los tubos hay una placa lateral diseñada para dar resistencia adicional y sirve de punto superior para el montaje a los amortiguadores. Siendo de construcción toda soldada, el eje delantero se cambia como una sola unidad cuando se daña.

Alternativa B: Tipo de poste

Cada una de las ruedas está suspendidas en forma independiente sobre un amortiguador circundado por un resorte de espiral. El poste está sostenido en la parte inferior por un brazo de control de carril y una rótula, y en la parte superior por un rodamiento de bolas que está instalado sobre hule en la carrocería. Las ventajas de este tipo de suspensión incluye en carril o trayectoria más amplia, una magnitud muy pequeña de convergencia y cambio de cámbor durante el recorrido de la suspensión, y un círculo reducido de giro. La suspensión delantera de poste no requiere lubricación alguna. Sin polvo de la rótula cada 9500 km y el juego de la rótula cada 48000 km.

Tabla 8
Selección suspensión delantera

Detalles	Factor (fi)	Alternativa A	Alternativa B	Ideal
Cálculo de pesos reales con software.	3	5	3	5
Mayor resistencia de peso	2	3	4	5
Maniobrar la dirección.	3	4	2	5
Adquisición y estabilidad	3	4	3	5
Costos de mantenimiento.	3	5	2	5
$\sum (f_i * p_i)$		60	38	70
COEFICIENTE DE SELECCIÓN		✓ 85%	• 54%	

b.1 Suspensión Posterior.

Alternativa A: Tipo 1, 2, 3 de brazo diagonal

Las ruedas tienen acción independiente de resorte que se ejerce por medio de barras de torsión. Los extremos interiores de las barras de torsión están anclados a un miembro transversal de la carrocería por medio de un tubo estriado, soldado al bastidor. La barra de torsión que está a cada lado de la suspensión posterior tiene un número diferente de estrías en cada extremo. Esto hace posible ajustar la suspensión posterior.

En los modelos de tipo 3 se emplea una barra igualadora, situada arriba del eje trasero, para ayudar a las cualidades del vehículo propias para su conducción y a la estabilidad lateral del eje posterior. Esta barra actúa también progresivamente para aminorar el efecto de los brincos en proporción a su magnitud.

Alternativa B: Tipo 4 resorte de espiral y brazo guía

Las ruedas posteriores de este modelo tienen su acción de resorte en forma independiente ejercida por medio de resortes de espiral y brazo guía. Los amortiguadores van instalados dentro de los resortes. Cada resorte con su amortiguador va instalado entre el brazo guía y una torre de amortiguación de lámina metálica. Cada brazo guía pivote sobre un miembro transversal de la carrocería.

Tabla 9
Selección suspensión posterior

Detalles	Factor (fi)	Alternativa A	Alternativa B	Ideal
Cálculo de pesos reales software.	3	2	5	5
Mayor resistencia de peso	3	3	5	5
Confort y estabilidad	3	2	4	5
Adquisición	2	5	4	5
Costos de mantenimiento.	3	4	3	5
$\sum (f_i * p_i)$		43	59	70
COEFICIENTE DE SELECCIÓN		• 61%	✓ 84%	

c. Parámetros a satisfacer.

Tabla 10
Alineación de ruedas

ALINEACIÓN DE RUEDAS

Año	Modelo	CASTER		CAMBER			CAMBER	
		Ajuste grados	Interval grados	Ajuste grados	Conver. (Pulg)	Interval grados	Ajuste grados	Conver. (Pulg)
70-77	T 1	+ 3° 20´	± 20´	+ 30´	+ 0.017 + 0. 213	± 40´	- 1°	0´ ± 15´
71-79	T 1	+ 2°	+ 20´ + 40´	+ 1°	+ 0.017 + 0. 213	± 40´	- 1°	0´ ± 15´
70-79	T 2	+ 3°	± 20´	+ 40´	+ 0.136	± 30´	- 50´	+10´±20´
70-73	T 3	+ 4°	±20´	+ 1° 20´	+ 0.118	± 40´	-1°20´	0´ ± 15´

Fuente: (VOLKSWAGEN 1. , 2014)

a.1 Carga Muerta.

Actúan sobre la suspensión durante toda la vida estructural de un vehículo, lo cual incluye chasis, componentes instalados y habitáculo. Los valores se obtienen tomando en cuenta los pesos específicos del material del chasis y el volumen del mismo, en otras palabras soporta el peso completamente con la carrocería con todos los componentes que se le incorpora.

Tabla 11
Masa de carga muerta

Masa de carga muerta	Masa (Kg)
Masa del vehículo	920
Masa del tanque de combustible	43
Total	963



Figura 69 Peso de la carga muerta

Fuerza generada por la carga muerta:

$$m_{cm} = m_v + m_{tc}$$

$$F_{cm} = m_{cm} * g$$

Ecuación 1 Fuerza generada por la carga muerta

$$F_{cm} = 963 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{cm} = 9447,03 \text{ N}$$

Donde:

F_{cm} = Fuerza generada por carga muerta (N)

m_{cm} = Masa de la carga muerta (kg)

m_v = Masa del vehículo (kg)

m_{tc} = Masa del tanque de combustible (kg)

g = Gravedad (m/s^2)

b.1 Cargas vivas.

Se caracterizan por ser cargas probables o variantes (número de personas) las mismas que difieren de un peso independiente cada una de ellas, actuando como cargas cortas en la vida útil de la estructura.

	HOMBRE		MUJER	
Edad (años)	20-24		20-24	
Talla (cm)	174		164	
Peso (kg)	70		56	
	Kg	% del peso	Kg	% del peso
Masa Grasa	11	15 (10-20)	15	27 (15-30)
Masa Magra	59	85	41	73

Figura 70 Composición corporal normal
Fuente: (Zambrano, 2009)

Tabla 12

Masa de la carga viva

Masa de carga vivas	Masa (Kg)
Masa del conductor	70
Masa del acompañante	70
Masa de los turistas (4 personas “75” y “56”)	262
Total	402

Fuerza generada por las cargas vivas:

$$m_{cv} = m_p + m_c + m_b$$

$$F_{cv} = m_{cv} * g$$

Ecuación 2 Fuerza generadas por cargas vivas

$$F_{cv} = 402 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{cv} = 3943.62 \text{ N}$$

$$m_T = m_{cm} + m_{cv}$$

$$m_T = 1365 \text{ kg}$$

Donde:

F_{cv} = Fuerza generada por carga viva (N)

m_p = Masa del conductor (kg)

m_c = Masa del acompañante (kg)

m_b = Masa del número de personas (kg)

m_{cv} = Masa de cargas vivas (kg)

m_T = Masa total del vehículo (kg)

Determinación de la fuerza frontal:

$$F_t = F_{cm} + F_{cv}$$

Ecuación 3 Ecuación total de cargas vivas y muertas

$$F_t = 9447,03 + 3943.62 (N)$$

$$F_t = 13390.65 N$$

Donde:

F_t = Fuerza total de carga viva y muerta (N)

c.1 Distribución estática de pesos.

En la figura 71 se muestra la distribución estática de los ejes, para las consideraciones tomadas para este proceso se cuenta con un ocupante parte delantera y con cuatro ocupantes en la parte posterior.

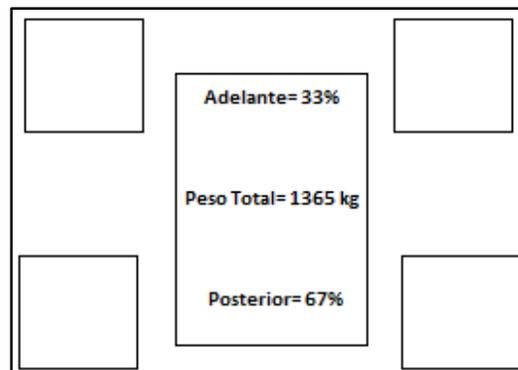


Figura 71 Distribución estática de pesos

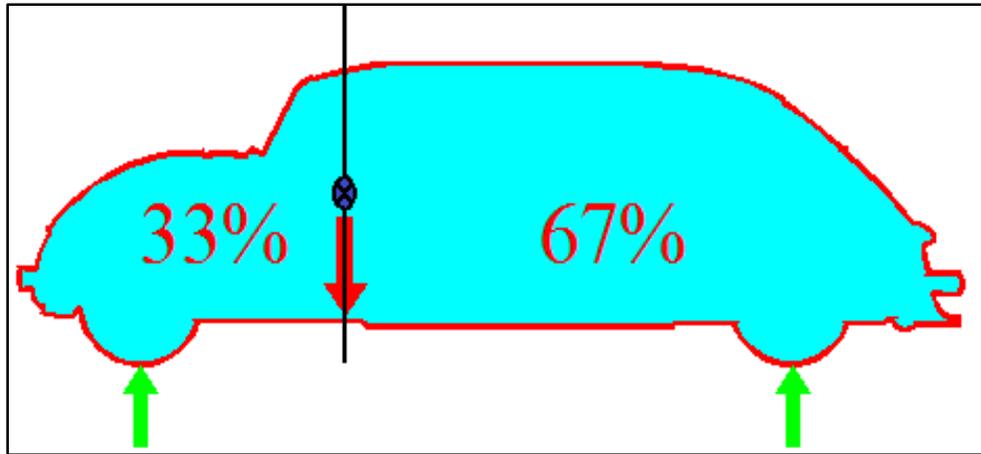


Figura 72 Distribución de cargas porcentuales de la limusina Volkswagen escarabajo

d.1 Posición longitudinal del centro de gravedad.

Ubicar el punto de gravedad de la limusina Volkswagen escarabajo, como se muestra en la figura 73.

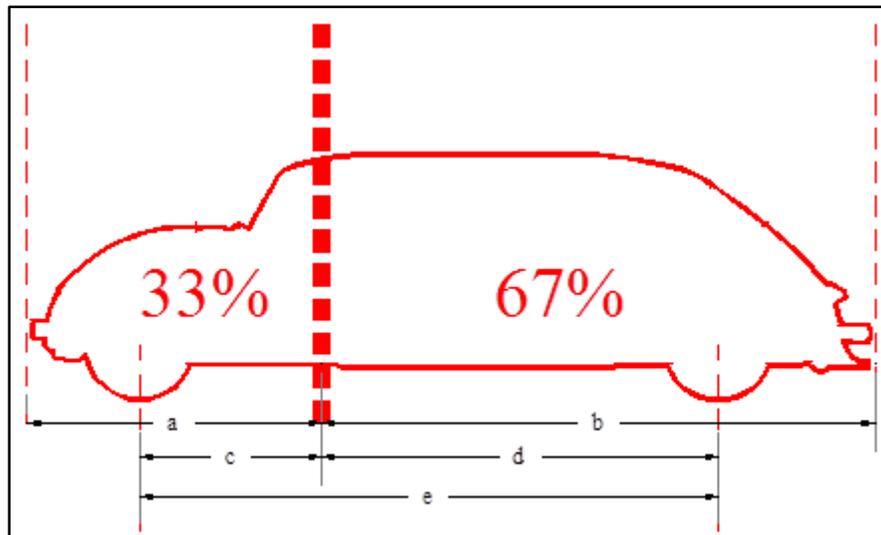


Figura 73 Posición longitudinal de la gravedad

$$e = c + d$$

Batalla del vehículo

Tabla 13

Distribución de pesos

Peso parte delantera (500.1 kg)

Peso parte posterior (864.9 kg)

Tanque	43 kg	Motor y transmisión	452.1 kg
Frente	317.1 kg	Posterior	80.8 kg
Conductor y acompañante	140 kg	Ocupantes	262 kg
Frente más tanque	360.1 kg	Interior	70 kg
Batalla (e)	3600 mm	Posterior y motor/transmisión	532.9 kg

e.1 Altura de centro de gravedad.

Distancia del vehículo que se toma desde los neumáticos hasta el punto H, tomando los puntos de coordenadas (X, Y), y como complemento un eje derivado (X', Y') como coordenada de referencia, partiendo con la posición de la limusina desde cero grados.

Distancia **c** 1130 mm y distancia **d** de 2470 mm tomando como referencia el centro de gravedad que se encuentra la limusina, tomando los datos proporcionados del diseño y construcción del vehículo.

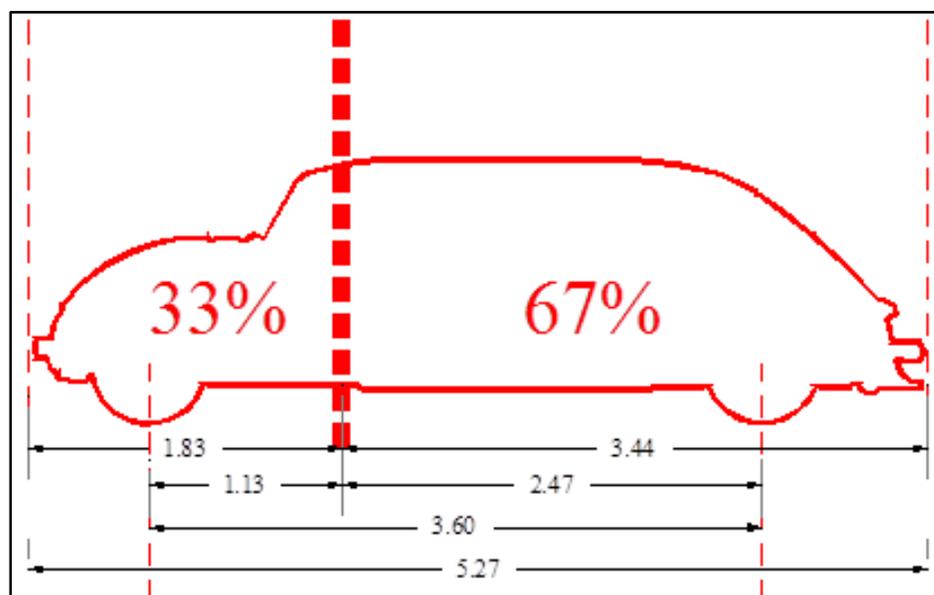


Figura 74 Dimensionamiento de la limusina Volkswagen escarabajo

Masa delantera:

$$m_d = m_T * \frac{c}{B}$$

Ecuación 4 Masa delantera

$$m_d = 1365 * \frac{1130}{3600} = 428,46 \text{ kg}$$

Masa posterior:

$$m_p = m_T * \frac{d}{B}$$

Ecuación 5 Masa posterior

$$m_p = 1365 * \frac{2470}{3600} = 936,54 \text{ kg}$$

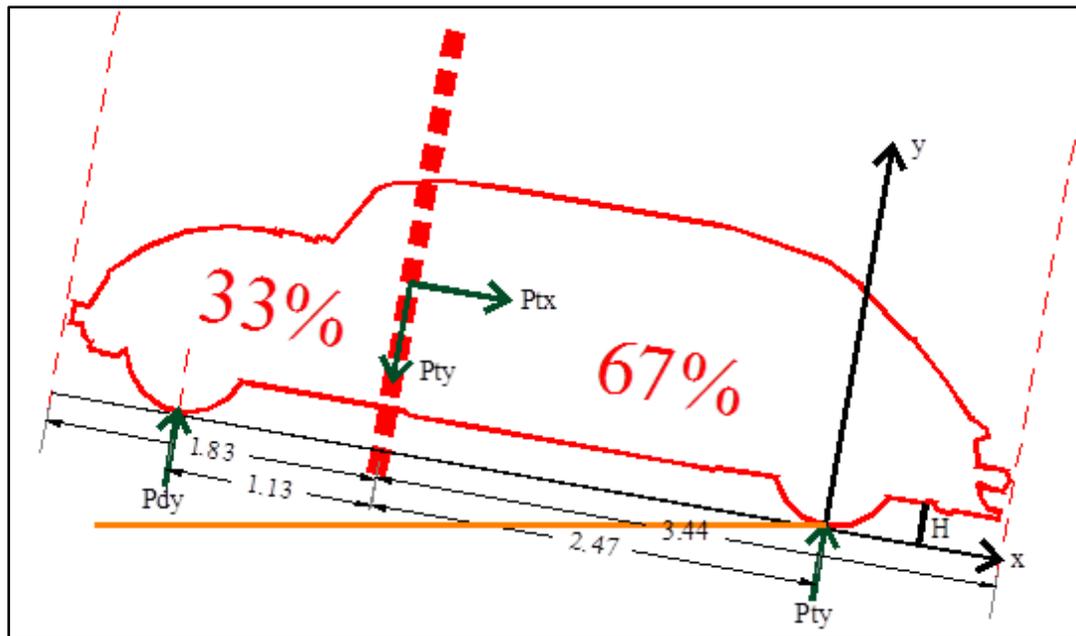


Figura 75 D.C.L. de la Limusina Volkswagen

$$m_{Tx} = \sin 10^\circ * m_T$$

$$m_{Tx} = 237,03 \text{ kg}$$

$$P_{Tx} = m_{Tx} * g$$

$$P_{Tx} = 2325,26 \text{ N}$$

$$m_{Ty} = \cos 10^\circ * m_T$$

$$m_{Ty} = 1344,26 \text{ kg}$$

$$P_{Ty} = m_{Ty} * g$$

$$P_{Ty} = 13187,22 \text{ N}$$

$$m_{dy} = \cos 10^\circ * m_d$$

$$P_{dy} = m_{dy} * g$$

$$m_{dy} = 421,95 \text{ kg}$$

$$P_{dy} = 4139,34 \text{ N}$$

$$m_{py} = \cos 10^\circ * m_p$$

$$P_{py} = m_{py} * g$$

$$m_{py} = 922,31 \text{ kg}$$

$$P_{py} = 9047,88 \text{ N}$$

$$+\curvearrowright \sum F_y = 0$$

$$P_{dy} + P_{py} - P_{Ty} = 0$$

$$4139,34 + 9047,88 - 13187,22 = 0$$

$$+\downarrow \sum M_o = 0$$

$$(-P_{dy} * B) + (P_{py} * d) - (P_{Tx} * H) = 0$$

$$(-4139,34 * 3.6) + (9047,88 * 2.47) - (2325.26 * H) = 0$$

$$H = 560,75 \text{ mm}$$

$$H = 560,75 \approx 560 \text{ mm}$$

f.1 Transferencia longitudinal de carga en el vehículo.

Se denomina como transferencia de peso distribuido en la parte delantera como posterior, las cuales se analizan mediante la acción de freno y acelerado de la limusina. Las acciones que se realizan son al momento de frenar el eje delantero, es el que soporta todo el peso de la limusina, produciendo que el eje trasero se levante transfiriendo el peso y cuando acelera ocurre lo contrario.

La fuerza centrífuga que actúa sobre la limusina al momento de girar hace que un peso se transfiera al otro lado de la carrocería.

$$TLoC = a * m_T * \frac{H}{B}$$

Ecuación 6 Transferencia longitudinal de carga

Donde:

$TLoC$ = Transferencia longitudinal de carga (N)

a = Aceleración positiva y negativa (m/s^2)

H = Altura del centro de gravedad

B = Batalla

g.1 Transferencia longitudinal de carga en pendiente.

La limusina mientras se encuentra en una pendiente todo su peso se transfiere al eje delantero, lo contrario sucede al momento del vehículo esté en subida.

$$TLoCp = Rp * \frac{H}{B}$$

Ecuación 7 Transferencia longitudinal de carga en pendiente

Donde:

$TLoCp$ = Transferencia Longitudinal de carga en pendientes (N)

Rp = Resistencia debido a rampas (Kg)

β = Ángulo la inclinación de la rampa ($^\circ$)

Considerando un nivel promedio de funcionamiento para parámetros requeridos en inclinaciones, la fuerza de descarga para el eje delantero y toda la carga se transfiere al eje posterior.

“El 0,8 es el coeficiente de rozamiento en seco y en buen estado de la carretera.” (II, 2013)

$\alpha = 0.8 \text{ g}$

$$\beta = 20^\circ$$

$$H = 560 \text{ mm}$$

$$L = 5270 \text{ mm}$$

$$m_T = 1365 \text{ Kg}$$

$$R_p = m_T * \sin \beta = 466,86 \text{ kg}$$

$$TLoCp = R_p * \frac{H}{B}$$

$$TLoCp = R_p * \frac{H}{3,6} * g$$

$$TLoCp = 712,43 \text{ N}$$

h.1 Transferencia longitudinal de carga por frenado.

$$TLoCf = a * m_T * \frac{H}{B}$$

Ecuación 8 Transferencia longitudinal de carga por frenado

$$TLoCf = 0,8(9.81) * 1365 * \frac{0,56}{3,6}$$

$$TLoCf = 1666,39 \text{ N}$$

Total de carga transferida:

La transferencia en pendientes y carga por frenado:

$$TCTr = TLoCp + TLoCf$$

Ecuación 9 Total de carga transferida

$$TCTr = 712,43 + 1666,39 = 2378,82 \text{ N}$$

i.1 Total de carga soportada por el eje delantero.

Se calcula cuando el eje delantero de la limusina se encuentra en reposo más el total de la carga transferida.

$$P_{cd} = Pd + TCTr$$

Ecuación 10 Total de carga soportada por el eje delantero

$$P_{cd} = 7812,81 N$$

Carga soportada por el eje posterior:

Se calcula cuando el eje posterior de la limusina se encuentra en reposo menos el total de la carga transferida.

$$P_{cp} = Pt - TCTr$$

Ecuación 11 Carga soportada por el eje posterior

$$P_{cp} = 5577.65 N$$

Transferencia de carga en aceleración brusca:

Cuando el vehículo se encuentra totalmente estático y por la impulsión del motor genera una fuerza de empuje, esta se dirige hacia el eje posterior liberándose así el eje delantero de la carga en reposo.

Aceleración máxima:

$$a_{max} = H * g$$

Ecuación 12 Aceleración máxima

$$a_{max} = 0,56 * 9,81$$

$$a_{max} = 5,59 m/s^2$$

Determinando así la transferencia de carga durante la aceleración:

$$W_a = \frac{a_{max} * m_T * H}{B}$$

Ecuación 13 Transferencia de carga

$$W_a = \frac{5,59 * 1365 * 0,56}{3,6}$$

$$W_a = 1186,94 N$$

Donde:

$W_a = m_d$ = Transferencia de masa

Peso en el eje delantero en aceleración brusca:

$$Pd_{ac} = (m_t * \gamma p) + \left(\frac{W_a}{g} * \gamma v \right)$$

Ecuación 14 Peso en el eje delantero en aceleración brusca

$$Pd_{ac} = (1365 * 1,33) + \left(\frac{1186,94}{9,81} * 1,5 \right)$$

$$Pd_{ac} = 1996,94 \text{ N}$$

Donde:

Pd_{ac} = Masa del eje delantero aceleración brusca (N)

γp = Factor de carga permanente (1,33)

γv = Factor de carga variable (1,5)

j.1 Transferencia lateral de carga de la limusina Volkswagen.

Cuando la limusina entra a una curva, el peso se transfiere a la parte interna de los neumáticos debido a la fuerza centrífuga o fuerza lateral que se ejerce en la limusina. Con la transferencia en las curvas constituye uno de los aspectos fundamentales de confort, seguridad y estabilidad.

Se define por:

$$TLaC = a_l * m_t * \frac{H}{S}$$

Ecuación 15 Transferencia lateral de carga

Donde:

$TLaC$ = Transferencia lateral de carga (N)

a_l = Aceleración Lateral (g)

S = Trocha-Ancho de vía (m)

Parámetros que se implementaron:

$a_l = 0.8$ (g)

H = 0.56 (m)

S = 1.40 (m)

$$TLaC = a_l * m_t * \frac{H}{S}$$

$$TLaC = 0.8 * 1365 * \frac{0,56}{1.40}$$

$$TLaC = 436,8 N$$

Tabla 14
Coeficiente de rozamiento

COEFICIENTES DE ROZAMIENTO (μ)

Terreno	Estado del terreno	Neumáticos	
		Nuevos	Viejos
Hormigón	Seco	0,9 – 0,7	0,6 – 0,4
	Mojado	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3
Asfalto grueso	Seco	0,9 – 0,7	0,6 – 0,4
	Mojado	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3
Asfalto normal	Seco	0,9 – 0,7	0,6 – 0,4
	Mojado	0,6 – 0,4	0,4 – 0,3
Barro		0,2	0,1
Hielo		0,1	0,2

Fuente: (MEGANEBY, 2014)

Análisis por peralte:

Adquiriendo los datos del diseño y construcción de la limusina se consideran 7° de peralte en curvas y una aceleración de 0.8 g.

$$V_v = \sqrt{g * R \frac{\frac{S}{2H} + \tan \tau}{1 - \frac{S}{2H} * \tan \tau}}$$

Ecuación 16 Análisis del peralte

Donde:

S= Ancho entre ruedas o vía.

τ = Peralte ($^{\circ}$)

R= Radio de curvatura

V_v = Velocidad de vuelco

$$V_v = \sqrt{9,81 * 7,75 * \frac{\frac{1,4}{2(0,56)} + \tan 7^{\circ}}{1 - \frac{1,4}{2(0,56)} * \tan 7^{\circ}}}$$

$$V_v = 58,31 \frac{m}{s}$$

Nota: Las condiciones que se maneja en la limusina Volkswagen escarabajo es la estética en conservar su diseño estándar en cuanto a alturas entre el punto de contacto de los neumáticos y la superficie de la carrocería, dándonos así que el vehículo modificado no va a volcarse debido a su centro de gravedad bajo (560 mm).

3.1.3 Características del sistema de dirección.

El propósito de cualquier sistema de suspensión debe ser la precisión y fácil maniobrabilidad, direccionando las ruedas delanteras (directrices) conforme la predisposición del conductor, garantizando la seguridad y suavidad del volante.

a. Requerimientos.

Tabla 15

Requerimientos dirección

Volante	Mecanismo de dirección
Soporte de la dirección	Guardapolvos
Árbol de dirección	Bieletas de mando
Juntas universales del árbol de dirección	Ruedas
Soporte de suspensión	

b. Alternativas de implementación ideal.

Alternativa A: Dirección de tornillo sinfín

El tornillo se une al volante mediante la columna de la dirección, engranando constantemente con una rueda dentada, que por cada giro que realiza toma un ángulo según el movimiento efectuado, ya sea mayor o menor para la orientación de los neumáticos. Se observa en la figura 76 los componentes del sistema de tornillo sinfín globoidal y rodillo.

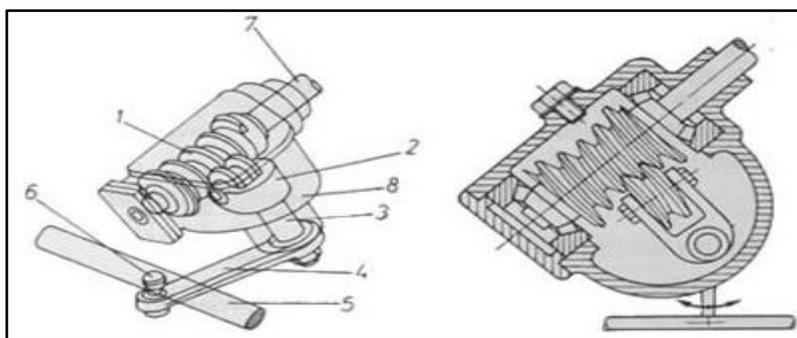


Figura 76 Tornillo sinfín globoidal y rodillo

Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

Tabla 16

Partes del Tornillo sinfín globoidal y rodillo

1	Tornillo sinfín cilíndrico	5	Barra de acoplamiento
2	Mecanismo de traslación (tuerca)	6	Articulación
3	Eje de mando	7	Árbol del volante
4	Barra de acoplamiento	8	Carcasa

Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

Alternativa B: Dirección de cremallera

Se caracteriza por ser muy estable, segura, rápida en su recuperación de giro, su sencillez se basa en un mecanismo desmultiplicado y en su simplicidad de montaje, va acoplado directamente sobre los brazos de los neumáticos, logrando con esto un gran rendimiento mecánico. Debido a su gran desplazamiento angular de los neumáticos se utiliza en vehículos turismo que tienen su motor y transmisión delantera.

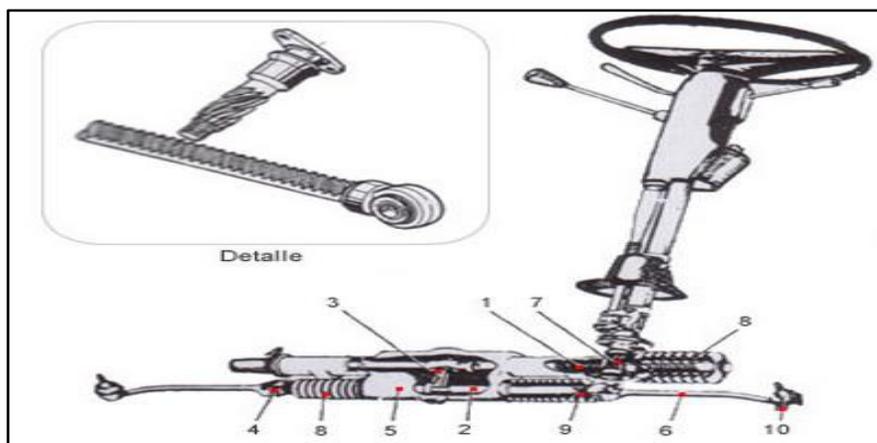


Figura 77 Mecanismo de dirección por cremallera
Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

Tabla 17

Partes del mecanismo de dirección por cremallera

1	Cremallera	6	Bieleta de unión o brazo
2	Barra de conexión	7	Piñón
3	Dedo de unión de a cremallera con la barra de unión	8	Guardapolvos
4	Articulaciones del brazo	9	Contratuerca de inmovilización del piñón
5	Caja de cremallera	10	Rótula de unión

Fuente: (MEGANEBOY, 2014)

c. **Parámetro de satisfacción.**

El vehículo posee una reducción (desmultiplicadora) al momento de girar el volante de la dirección y las barras articuladas, haciendo que esto disminuya el esfuerzo del

conductor a las ruedas. Existe el ángulo de giro β del volante y de viraje α de la rueda rígida.

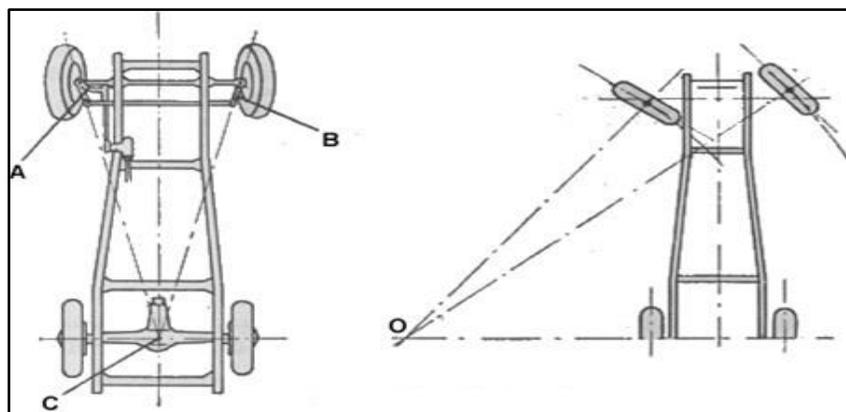


Figura 78 Geometría de la dirección
Fuente: (Manejo, 2009)

Tabla 18

Selección de dirección

Detalles	Factor (f_i)	Alternativa A	Alternativa B	Ideal
Cálculo de pesos reales.	3	4	3	5
Divergencia de giro	3	4	2	5
Confort y seguridad	3	4	4	5
Acoples/adaptación	2	5	2	5
Adquisición	3	4	3	5
Costos de mantenimiento.	3	3	3	5
$\sum (f_i * p_i)$		67	49	85
COEFICIENTE DE SELECCIÓN		✓ 78%	• 57%	

d. Medición.

Radio de curvatura del eje posterior:

El radio de curvatura exterior que posee la limusina en las curvas es de 6,8 metros y las interiores se toma en cuenta el ancho entre las ruedas, los datos adquiridos se lo realizaron según el dimensionamiento de la modificación del vehículo Volkswagen escarabajo utilizando parámetro de tornillo sinfin.



Figura 79 Recorrido de las ruedas posteriores

Radio de curvatura de las ruedas delanteras:

Tomamos el radio de curvatura exterior obteniendo como resultado 7,75 metros para dar un giro completo de la limosina, para su circulación se tomó en cuenta el ancho de vía por la cual circularía, brindando así el servicio requerido con parámetros de satisfacción adecuados.



Figura 80 Recorrido de las ruedas delanteras.

Ángulo que gira la palanca del cajetín:

El cajetín de dirección del Volkswagen tiene dos hilos en el sector globoidal y cuatro dientes en el tornillo sinfin:

$$\alpha = \frac{g \cdot \beta}{z} [^\circ]$$

Ecuación 17 Ángulo de giro de la palanca del cajetín

α = Ángulo de giro de la palanca del cajetín.

g = Número de hilos

β = Ángulo del giro del volante

z = Número de dientes del tornillo sinfin.

Fuerzas laterales:

Una de las fuerzas laterales más importantes son los neumáticos, los cuales debemos controlar o cambiar la dirección, estos elementos también están sometidos a fuerzas externas como son ráfagas de viento creadas con el movimiento y velocidad generado por el conductor.

La fuerza lateral total se calcula tomando en cuenta 0,8 G's ya que es la aceleración máxima que va a alcanzar la limusina en una trayectoria recta de 200 metros para desarrollar su máxima velocidad.

$$F_y = \frac{P}{g} * \frac{V^2}{R}$$

$$F_y = m * a_y$$

Ecuación 18 Fuerza lateral

$$F_y = 1365 * 0,8(9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$F_y = 10701,6 \text{ N}$$

La limusina para ingresar a una curva es necesario que exista una fuerza de módulo y dirección iguales pero de sentidos opuestos, para ello se calcula las fuerzas que actúan tanto en el eje delantero y posterior.

Eje delantero:

$$F_{yd} = 428.46 * 0,8(9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{yd} = m_d * a_y$$

$$F_{yd} = 3362,55 \text{ N}$$

Eje posterior:

$$F_{yp} = 936.54 * 0,8(9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{yp} = m_p * a_y$$

$$F_{yd} = 7349.97 \text{ N}$$

Ángulo de convergencia:

Sirve para contrarrestar la deformación producida en la suspensión cuando el vehículo está en movimiento, dando un ajuste que se hace para lograr que las ruedas delanteras apunten ligeramente hacia dentro.

3.1.4 Características del sistema de frenos.

Es el dispositivo que asegura el bienestar de los ocupantes, se utiliza para detener o disminuir la velocidad de algún eje, por lo cual este sistema siempre debe mantenerse en condiciones adecuadas sin escatimar esfuerzo y recursos para conservarlo en perfecto estado.

a. Requerimientos.

Tabla 19
Requerimientos de Frenos

Pedal	Cilindro de la rueda
Cilindro maestro “Bomba”	Banda-campana/Mordaza-disco
Suavidad del pedal “Booster”	Elementos de control
Ductos de conexión	Depósito del líquido
Muelle recuperador de zapatas	Pastillo/Zapatatas

b. Alternativas de implementación ideal.

Alternativa A: Freno de disco

Dispone de un disco de hierro fundido, en su contorno posee un protector metálico que ayuda a la recirculación de aire para mejorar su refrigeración y posee dos pastillas de frenado situados a los dos extremos para que al momento de ser accionados por el pedal las dos opriman realizando un freno óptimo.

Al realizar el frenado la suciedad y el agua no afecta, siendo eliminadas todas las impurezas por el movimiento centrífugo que genera el disco, la presión de las dos pastillas aseguran un frenado uniforme y en línea recta, teniendo en cuenta que todos los frenos de disco son autoajustables conforme exista el desgaste.



Figura 81 Despiece del freno de disco

Alternativa B: Freno de tambor

Emplean dos zapatas de frenado instaladas dentro de un tambor circular de hierro fundido que gira uniformemente con la rueda, su accionamiento se efectúa por medio de resortes recuperadores para su posición inicial y su frenado se lo realiza por medio de un cilindro maestro hidráulico que se acciona al presionar el pedal. La acción de este tipo de frenado es utilizado en la actualidad por su doble seguridad tanto en movimiento como en el momento de estacionar, ya que por medio de un resorte unido al extremo de un cable de acero y al otro extremo la palanca acciona manualmente el freno de mano para trabar las ruedas posteriores.



Figura 82 Despiece del freno de tambor

Tabla 20
Selección de frenos
Detalles

	Factor (fi)	Alternativa A	Alternativa B	Ideal
Cálculo de pesos reales.	3	5	4	5
Distancia de frenado	3	4	4	5
Confort y seguridad	3	5	5	5
Acoples/adaptación	2	5	5	5
Adquisición	3	4	4	5
Costos de mantenimiento.	3	4	4	5
$\sum (f_i * p_i)$		76	73	85
COEFICIENTE DE SELECCIÓN		✓ 89%	✓ 86%	

c. **Parámetros de satisfacción.**

Distribución del peso del vehículo:

Cuando la limusina se encuentra en reposo su aceleración es nula, lo que produce que la distribución de pesos vaya a las cuatro ruedas. Conocemos el valor de la masa de cada uno de los ejes, se calcula el reparto de los pesos de cada uno, en condiciones estáticas como se lo indica: (Ocaña, Diseño y cálculo del sistema de frenado para un prototipo formula Student , 2012)

$$\text{Distribución } m_d = \frac{m_d}{m_T} * 100$$

$$\text{Distribución } m_t = \frac{m_p}{m_T} * 100$$

$$\text{Distribución } m_d = \frac{428.46}{1365} * 100$$

$$\text{Distribución } m_t = \frac{936.54}{1365} * 100$$

$$\text{Distribución } m_d = 31,39 \%$$

$$\text{Distribución } m_d = 68,61 \%$$

Cálculo horizontal del centro de gravedad (CG):**DCG desde el eje delantero:**

$$CG_{dx} = \frac{m_d}{m_T} * S$$

Ecuación 19 Distancia del centro de gravedad desde el eje delantero

$$CG_{dx} = \frac{428.46}{1365} * 1,4$$

$$CG_{dx} = 0,25 \text{ m}$$

DCG desde el eje posterior:

$$CG_{dx} = \frac{m_p}{m_T} * S$$

Ecuación 20 Distancia del centro de gravedad desde el eje posterior

$$CG_{dx} = \frac{936.54}{1365} * 1,4$$

$$CG_{dx} = 0,97 \text{ m}$$

Efectos de desaceleración sobre la limusina:

Quando se origina una desaceleración en el vehículo actúa una fuerza efectiva neta en cada uno de los neumáticos, a esto se lo conoce como movimiento de cabeceo.

$$TP = \left(\frac{a_v}{g}\right) \left(\frac{H}{L}\right) * m_T$$

Ecuación 21 Transferencia de peso

$$TP = \left(\frac{0,8 * 9,81}{9,81}\right) \left(\frac{0,56}{3,6}\right) * 1365 * 9,81$$

$$TP = 1666,39 \text{ N}$$

TP= Transferencia de peso (N)

g= Gravedad (m/s^2)

H= Altura de la gravedad al suelo (m)

Fuerza aplicada para cada eje:

$$P_{dd} = m_d * g + TP$$

Ecuación 22 Peso del eje delantero durante la desaceleración

$$P_{dd} = 428.46 \text{ kg} * (9.81 \text{ m/s}^2) - 1666,39 \text{ N}$$

$$P_{dd} = 2536,8 \text{ N}$$

$$P_{pd} = m_p * g + TP$$

Ecuación 23 Peso del eje posterior durante la desaceleración

$$P_{pd} = 936.54 \text{ kg} * (9.81 \text{ m/s}^2) - 1666,39 \text{ N}$$

$$P_{pd} = 7521,07 \text{ N}$$

Donde:

P_{dd} = Peso del eje delantero durante la desaceleración (N)

P_{pd} = Peso del eje posterior durante la desaceleración (N)

Efecto producido por la transferencia de peso sobre los neumáticos:

El análisis se lo realiza de forma estática tomando en cuenta el máximo desempeño de frenado que un eje es capaz de producir:

$$F_{fd} = \mu * P_{dd}$$

Ecuación 24 Fuerza de frenado del eje delantero

$$F_{fd} = 0,5 * 2536,8 \text{ N}$$

$$F_{fd} = 1268,4 \text{ N}$$

$$F_{fp} = \mu * P_{pd}$$

Ecuación 25 Fuerza de frenado del eje posterior

$$F_{fp} = 0,5 * 7521,07 \text{ N}$$

$$F_{fp} = 3760,53 \text{ N}$$

$$F_{m\acute{a}x} = F_{fd} + F_{fp}$$

Ecuación 26 Fuerza máxima de frenado

$$F_{m\acute{a}x} = 1268,4 + 3760,53$$

$$F_{m\acute{a}x} = 5028,93 \text{ N}$$

Donde:

F_{fd} =Fuerza de frenado del eje delantero (N)

F_{fp} = Fuerza de frenado del eje posterior (N)

μ = Fuerza de rozamiento neumático – pavimento

$F_{m\acute{a}x}$ = Fuerza máxima de frenado (N)

El radio efectivo de los neumáticos es utilizado para el cálculo del frenado (par de frenado) en oposición al movimiento:

$$N_d = F_{fd} * R_d$$

Ecuación 27 Par de frenado delantero

$$N_d = 1268,4 * 0,205 \text{ m}$$

$$N_d = 260,02 \text{ Nm}$$

$$N_p = F_{fp} * R_p$$

Ecuación 28 Par de frenado posterior

$$N_p = 3760,53 * 0,205$$

$$N_p = 770,91 \text{ Nm}$$

Donde:

N_d = Par de frenado eje delantero (Nm)

N_p = Par de frenado eje posterior (Nm)

R_d = Radio nominal del neumático delantero (Brazo del momento)

R_p = Radio nominal del neumático posterior (Brazo del momento)

Cálculo del balanceo óptimo de frenado:

$$\frac{F_{fd}}{P_{ad}} = \frac{F_{fp}}{P_{pd}}$$

Ecuación 29 Balanceo optimo

$$\frac{1268,4}{2536,8} = \frac{3760,53}{7521,07}$$

$$0,5 = 0,5$$

Dimensionamiento del disco de freno y tambor de freno:

$$D_{disco} = \frac{N_{m\acute{a}x}}{F_{m\acute{a}x}}$$

Ecuación 30 Diámetro del disco

$$D_{disco} = \frac{1030,93 \text{ Nm}}{5028,93 \text{ N}}$$

$$D_{disco} = 0,205 \text{ m}$$

Fuerza de apriete del pedal de freno:

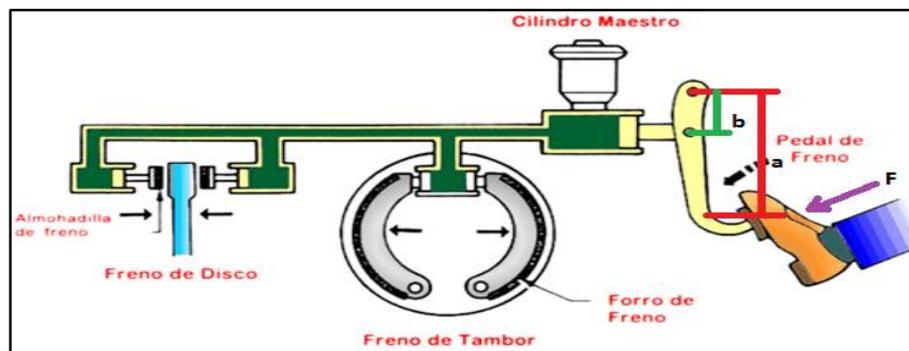


Figura 83 Sistema de freno

Fuente: (MemoCars, 2013)

Fuerza en la barrilla de empuje:

La relación que tenemos al momento de aplastar el pedal del freno es una relación de tres veces más que la realizada por el conductor.

$$F_{sp} = F_{ep} * \frac{a}{b}$$

Ecuación 31 Fuerza del varillaje de empuje

$$F_{sp} = 200 N * \frac{15,6}{4,8}$$

$$F_{sp} = 650 N$$

F_{sp} = Fuerza de empuje del cilindro posterior (zapatas)

F_{ep} = Fuerza de aplicada (pie)

a= distancia entre el punto fijo hacia el pedal de acción

b= Distancia entre el punto fijo hacia la barrilla de acción del deposito

Presión del líquido dentro del cilindro:

La bomba de freno que se encuentra instalada en la limusina es de doble circuito, con un radio de (21 mm), los que se utilizan en los cálculos siguientes.

$$P_{bdc} = \frac{F_{sp}}{A_b}$$

Ecuación 32 Presión del líquido dentro del cilindro

$$P_{bdc} = \frac{4 * 650 N}{\pi * (21 mm)^2}$$

$$P_{bdc} = 1,88 \frac{N}{mm^2} \text{ Sin servofreno}$$

$$P_{ldc} = 18,8 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$P_{ldc} = 37,6 \frac{kgf}{cm^2} = 3,76 MPa$$

Donde:

A_b = Área del pistón de la bomba (mm^2)

Fuerza del cilindro delantero:

$$F_{sd} = p_{lcd} * A_{bd}$$

Ecuación 33 Fuerza del cilindro delantero

$$F_{sd} = p_{lcd} * \frac{\phi_{rd} * \pi}{4}$$

$$F_{sd} = 3,76 \frac{N}{mm^2} * \frac{(48)^2 * \pi}{4}$$

$$F_{sd} = 6803,94 N$$

Donde:

ϕ_{rd} = Diámetro cilindro delantero (mm)

Fuerza de los cilindros posteriores

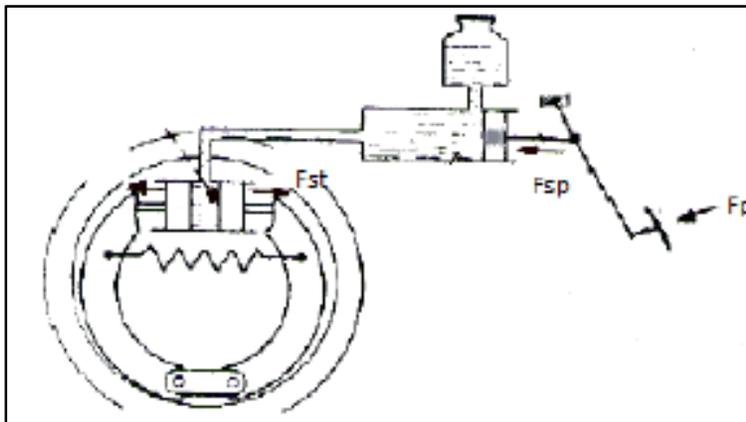


Figura 84 Fuerza aplicada en los frenos posteriores
Fuente: (Mecánica, 2005)

$$F_{sp} = P_{ldc} * A_{bt}$$

Ecuación 34 Fuerza de los cilindros posteriores

$$F_{sp} = P_{ldc} * \frac{\phi_{rt} * \pi}{4}$$

$$F_{sp} = 3,76 * \frac{(24 \text{ mm})^2 * \pi}{4}$$

$$F_{sp} = 1700,98 \text{ N}$$

Distribución de presiones generadas por la bomba de freno:

Para hallar la presión generada por la bomba de freno tenemos que saber que todos los líquidos son totalmente incompresibles y los conductos son rígidos:

$$P_{bd} = \frac{F_{sd}}{A_b}$$

$$P_{bp} = \frac{F_{sp}}{A_b}$$

Ecuación 35 Presión hidráulica generada por la bomba

$$P_{bd} = \frac{4 * 6803,94}{\pi * (21 \text{ mm})^2}$$

$$P_{bd} = 19,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$P_{bp} = \frac{4 * 1700,98}{\pi * (21 \text{ mm})^2}$$

$$P_{bp} = 4,91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Donde:

P_{bp} =Presión generada por la bomba

A_b = Área del pistón de la bomba

Fuerzas de rozamiento entre elementos del freno:

Cumple con las características de la fuerza de apriete y del rozamiento uniforme que debe existir entre el forro, tambor o disco; los cilindros de la mordaza actúan sobre las pastillas que se juntan contra el disco produciendo una fuerza periférica (fuerza de rozamiento) con un palanca r_m .

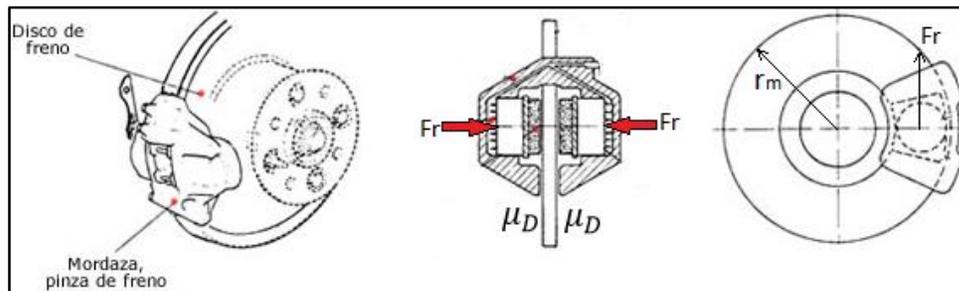


Figura 85 Fuerza de los frenos de disco

Fuente: (Doc4Net.es, 2010)

$$F_{fd} = 2 * F_{sd} * \mu_D$$

Ecuación 36 Fuerza de fricción delantera entre elementos del freno

$$F_{fd} = 2 * (6803,94) * 0,44$$

$$F_{fd} = 5987,47 \text{ N}$$

Nota: Se establece el valor de dos por el número de discos que consta de dos pares de rozamientos.

Donde:

F_{fd} = Fuerza de fricción delantera entre elementos de frenado (N)

μ_D = Coeficiente de fricción dinámico pastilla y zapata de freno (-)

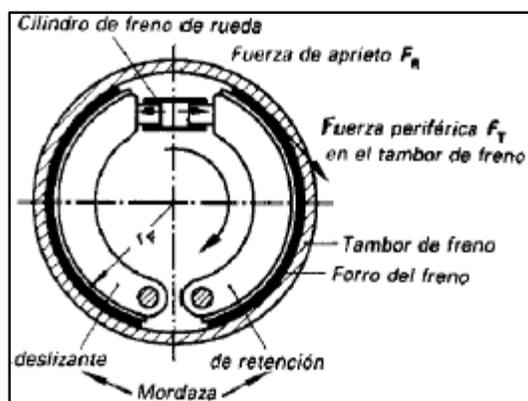


Figura 86 Coeficiente del freno simple
Fuente: (Mecánica, 2005)

Mediante la siguiente tabla comparativa se selecciona el coeficiente de rozamiento:

Tabla 21

Coeficiente de fricción dinámico

Combinación	Coeficiente de fricción	
	Lubricado	Seco
Hierro fundido/Hierro fundido	0,05	0,15 – 0,20
Hierro fundido/Acero	0,06	0,15 – 0,20
Acero duro/Acero duro	0,05	0,15 – 0,20
Madera/ Hierro fundido-acero	0,16	0,2 – 0,35
Cuero/Hierro fundido-acero	0,12 – 0,15	0,3 – 0,5
Corcho/Hierro fundido-acero	0,15 – 0,25	0,3 – 0,5
Tejido de asbesto/Hierro fundido-acero	0,1 – 0,2	0,3 – 0,6
Moldeado de asbesto/Hierro fundido-acero	0,08 – 0,12	0,2 – 0,5
Impregnación asbesto/Hierro fundido-acero	0,12	0,32
Carbón-grafito/Hierro fundido-acero	0,05 – 0,2	0,2 – 0,5
Kepler/Hierro fundido-acero	0,05 – 0,2	0,2 – 0,5

Fuente: (Kynast, 1986)

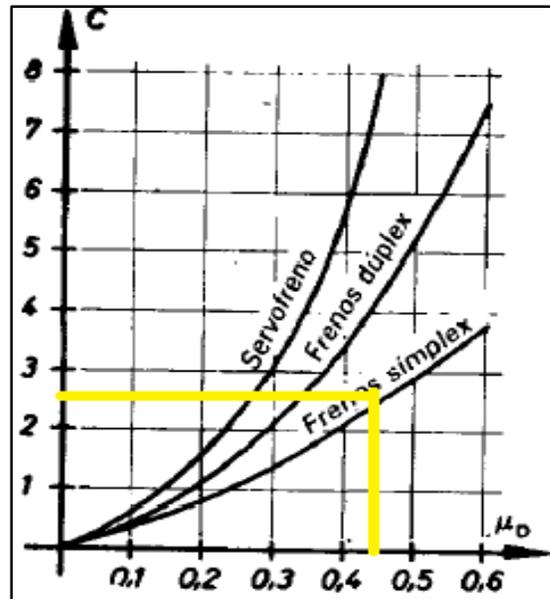


Figura 87 Diagrama para el valor característico del freno
Fuente: (Kynast, 1986)

$$F_{fp} = C * F_{SP}$$

$$F_{fp} = 2,42 * 1700,98 \text{ N}$$

$$F_{fp} = 4116,37 \text{ N}$$

Donde:

C= Valor característico del freno (-)

F_{fp} = Fuerza de fricción posterior entre elementos del freno (N)

Pares de frenado generado por el contacto disco-pastillas y tambor-zapatatas:

Todo el sistema de frenado es aquel que se constituye para dar seguridad y estabilidad al frenar la limusina, siendo que el par de frenado es necesario para detener pausadamente el vehículo o completamente.

$$N_{fd} = F_{fd} * R_{efd}$$

Ecuación 37 Par de frenos delanteros

$$N_{fd} = 5987,47 * 0,145$$

$$N_{fd} = 868,18 \text{ Nm}$$

$$N_{fp} = F_{fp} * R_{efp}$$

Ecuación 38 Par de frenos posteriores

$$N_{fp} = 4116,37 * 0,125$$

$$N_{fp} = 514,55 \text{ Nm}$$

Donde:

N_{fd} = Par de frenado delantero (Nm)

N_{fp} = Par de frenado posterior (Nm)

R_{efd} = Radio efectivo del disco de freno (m)

R_{efp} = Radio efectivo del tambor (m)

Los resultados obtenidos podemos darnos cuenta que el par de frenado se debe multiplicar por dos ya que cada uno de los ejes constan de dos disco-pastillas y tambor-zapatatas.

$$N_{fd} = 2 * N_{fd}$$

$$N_{fd} = 1736,36 \text{ Nm}$$

$$N_{fp} = 2 * N_{fp}$$

$$N_{fp} = 1029,1 \text{ Nm}$$

Pares y fuerzas en cada uno de los neumáticos

Asegurándonos que existe una tracción adecuada de los neumáticos con respecto al tipo de superficie por donde va a circular la limusina vamos a obtener la fuerza de reacción generada con respecto a la calzada hallando así:

$$F_{fd} = \frac{N_{fd}}{R_{Neumático}}$$

Ecuación 39 Fuerza de reacción entre el neumático y la calzada

$$F_{fd} = \frac{868,18 Nm}{0,191 m} \qquad F_{fp} = \frac{514,55 Nm}{0,191 m}$$

$$F_{fd} = 4545,45 N$$

$$F_{fp} = 2693,98 N$$

Donde:

F_f = Fuerza de reacción entre el neumático y la calzada (N)

$R_{Neumático}$ = Radio nominal del neumático (m)

El sistema de frenado que se incorporó en la limusina actúa frenando a los cuatro neumáticos por lo que la fuerza total de reacción entre la limusina y la calzada la obtenemos:

$$FUERZA_{TOTAL} \sum F_{neumático_{DD,DI,PD,PI}} = (2 * 4545,45) + (2 * 2693,98)$$

$$FUERZA_{TOTAL} = 14478,86 N$$

Desaceleración del vehículo:

Conociendo la segunda Ley de Newton definimos que la desaceleración de la limusina se conoce la masa y la fuerza de frenado total:

$$a_v = \frac{F_{TOTAL}}{m_T}$$

Ecuación 40 Desaceleración del vehículo

$$a_v = \frac{14478,86 N}{1365 kg} = 10,61 m/s^2$$

Distancia de frenado:

La distancia de frenado teórico de la limusina Volkswagen se puede calcular con la velocidad máxima en que el vehículo va a funcionar que es de 80 km/h.

$$D_f = \frac{v_v^2}{2 * a_v}$$

Ecuación 41 Distancia de frenado

$$D_f = \frac{\left(6.06 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * \left(10,61 \frac{m}{s^2}\right)}$$

$$D_f = 4.75 m$$

3.1.5 Características del sistema eléctrico.

Es el encargado de repartir alimentación a todo un vehículo, obteniendo así resultados para el accionamiento del motor de arranque dando el impulso para que el motor de combustión funcione y también se pueda encender luces indicadoras o testigos de seguridad.

Tabla 22
Designaciones de amperios por numeración

AWG gauge (calibre)	Conductor diámetro en pulgadas	Conductor diámetro en milímetros	Carga Máxima en Amperios
8	0,1285	3,2639	73
9	0,1144	2,9057	64
10	0,1019	2,5882	55
11	0,0907	2,3037	47

Fuente: (Tirado, 2009)

a. **Requerimientos.**

Tabla 23

Requerimiento del sistema eléctrico

Acumulador o batería	Bobina	Fusibles
Motor de arranque	Distribuidor	Convertidor de 110 V
Alternador	Cables de bujías	Luces y testigos
Barra de torsión	Bujías	

b. **Alternativa de implementación.**

Alternativa A: Reconstrucción del sistema eléctrico nuevo

Con la implementación de un nuevo sistema se obtendrá un nivel de satisfacción óptimo, su cableado será directo de componente a componente. A la caja de fusibles es donde llegan todos los circuitos principales, protegiéndolos contra sobrecargas o cortocircuitos por un fusible, para darnos cuenta si existieran variaciones de corriente, con la distribución de cables número diez que se implementará en la limusina, dando así que el flujo de electrones sea continuo y no exista fuga de corriente.



Figura 88 Sistema eléctrico modificado

La limusina Volkswagen escarabajo requiere un cableado nuevo debido a su extensión, para evitar posteriores dificultades que afecten el desempeño del motor, la caja de revisión (fusiblera) se encuentra en la parte delantera y consta de 10 fusibles de 8 amperios (blancos) y dos fusibles de 16 amperios (rojos).

Alternativa B: Acoplamiento del sistema eléctrico anterior

En la instalación de un sistema eléctrico en un vehículo modificado mediante la extensión de su carrocería, se puede utilizar las conexiones originales realizando las extensiones requeridas para cada uno de ellos, teniendo en cuenta el uso diario, se debe verificar que no existan fugas de corriente por ninguna de los acoples y comprobar el amperaje y voltaje que requiere cada uno de los elementos para el funcionamiento del motor.

Las prestaciones que debe cumplir un sistema eléctrico es poseer una identificación para una revisión visual optima por posibles daños, si el sistema está muy deteriorado debido a implementaciones extras que puede existir en el automotor ocasionando el recalentamiento de cables y cortes de corriente a los fusibles debido a diversos cambios en el amperaje.



Figura 89 Sistema eléctrico Original

Con la utilización de este sistema se va a obtener situaciones negativas debido a que los vehículos Volkswagen escarabajo se caracterizan por su excelente instalación de corriente y masa (tierra) por las prestaciones que requiere su motor enfriado por aire, precautelando de manera segura los componentes mecánicos y garantizando que los sensores estén en óptimas condiciones para prevenir posibles daños futuros que conlleven costos excesivos de reparación.

Tabla 24
Selección parte eléctrica
Detalles

	Factor	Alternativa	Alternativa	Ideal
	(fi)	A	B	
Medición de voltaje y resistencia.	3	5	3	5
Fugas de corriente	3	4	2	5
Seguridad	3	5	2	5
Nuevo/adaptación	3	5	3	5
Costo de Instalación	2	2	3	5
Costos de mantenimiento.	3	4	2	5
$\sum (f_i * p_i)$		73	42	85
COEFICIENTE DE SELECCIÓN		✓ 85%	• 49%	

CAPÍTULO IV

4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Suspensión delantera tipo barra de torsión, alternativa A, la más óptima a implementarse en la limusina, escogiéndola por su alta resistencia y, fiable por sus parámetros de confort, su diseño clásico, manejo y por sus elementos que no requieren una mayor resistencia.

Los requisitos formulados se basaron en no exceder el peso promedio del vehículo, el cual debe mantener los parámetros de rendimiento de motor y de dirección, siendo verificados en el software Solid Word 2014, con análisis en el mallado en ANSYS 2014.

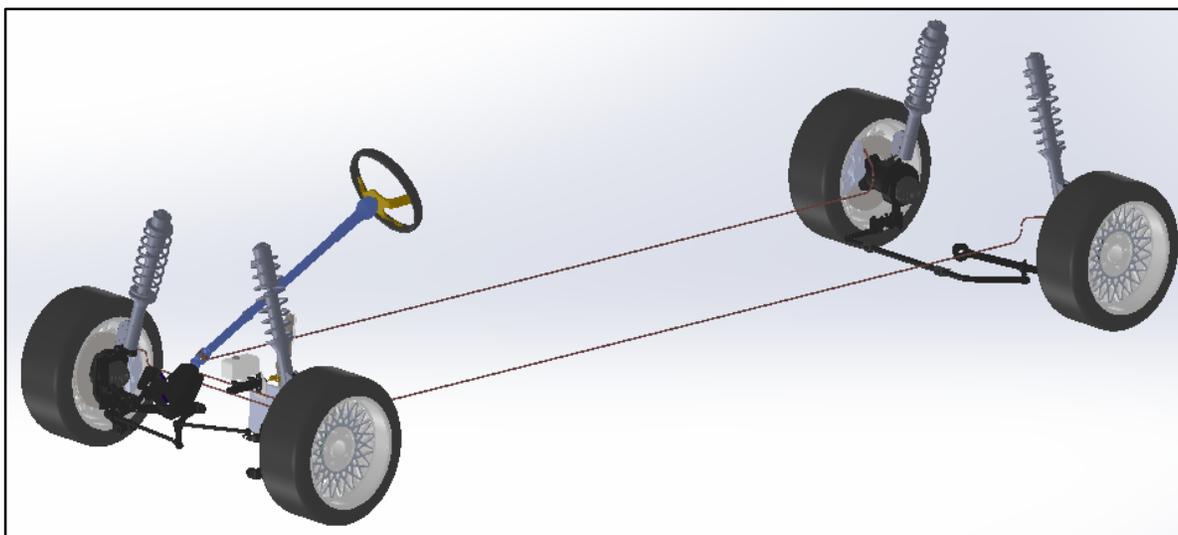


Figura 90 Dimensiones de la limusina acoplando todos sus sistemas

4.1.1 Características del sistema de suspensión.

a. Mallado.

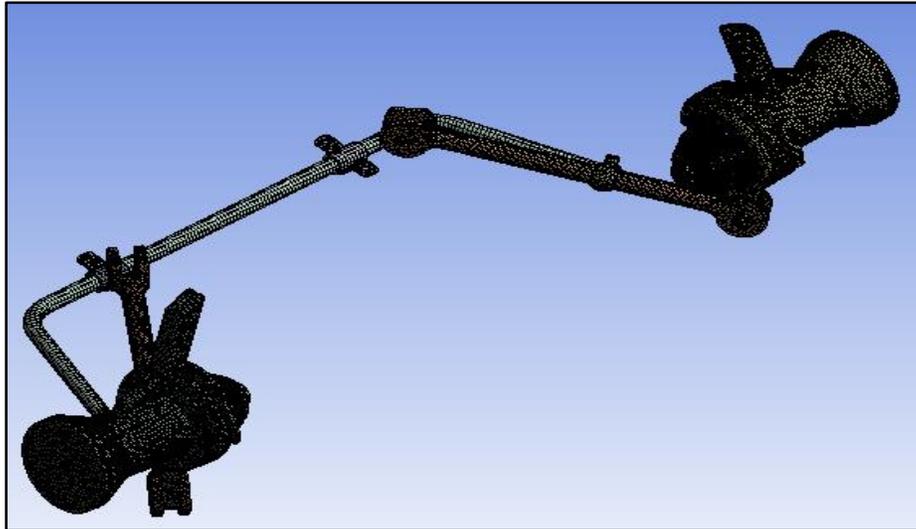


Figura 91 Mallado de la suspensión delantera

b. Justificación.

a.1 Aplicación de cargas.

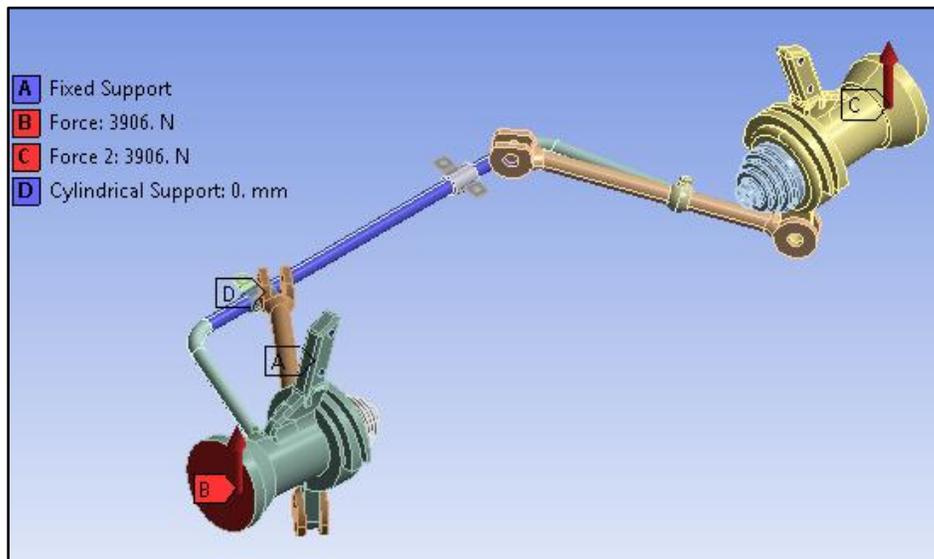
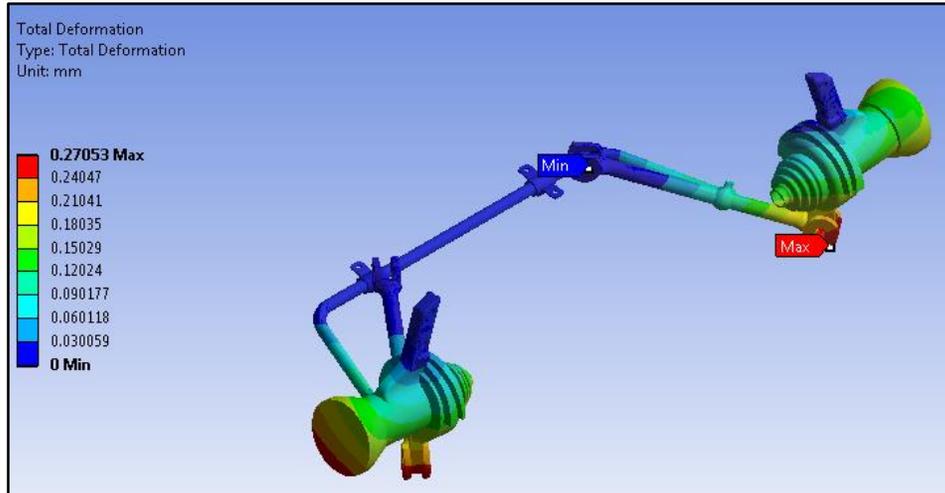
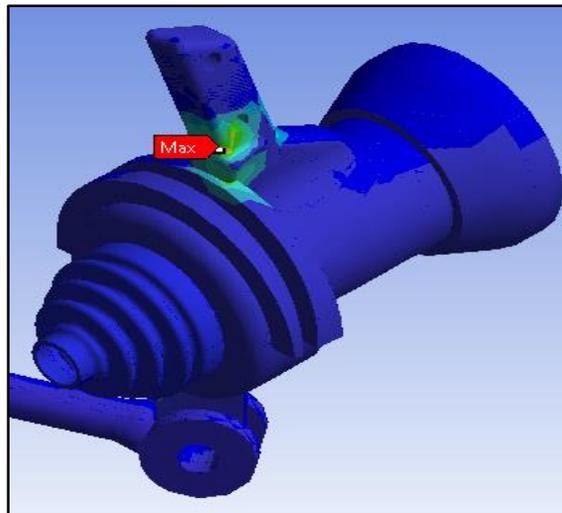


Figura 92 Cargas Aplicadas mediante cálculos

b.1 Deformación total.**Figura 93 Deformaciones al impacto frontal****c.1 Deformación unitaria.****Figura 94 Punto de deformación crítica**

d.1 Factor de seguridad.

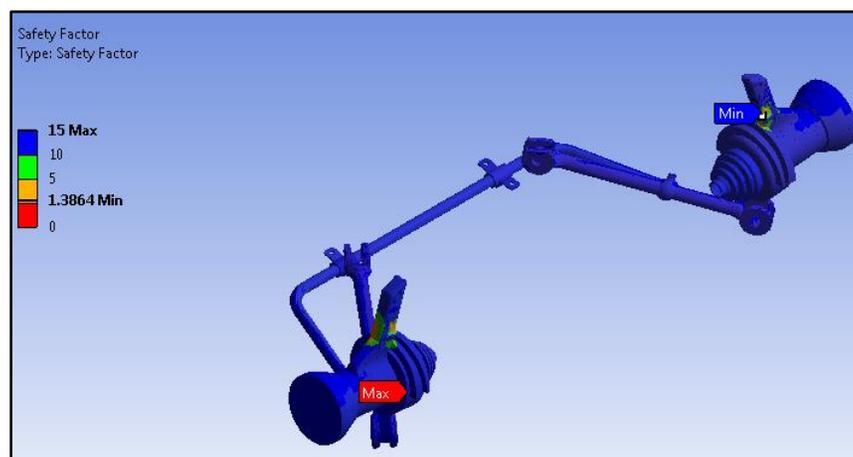


Figura 95 Cálculo del factor de seguridad

Tabla 25
Análisis de Cargas aplicadas

Material (Acero 270)

Detalles	Fuerzas teóricas	Análisis de resultado	Nivel de satisfacción
Factor de seguridad	-----	1.38	Se encuentre dentro de lo recomendado
Deformación unitario	0.25 mm	0.15029	
Deformación total	0.30 mm	0.27053	

Fuente: (Rural)

Suspensión posterior tipo brazo diagonal, alternativa A, debido a que su transmisión se encuentra en la parte posterior, los brazos de impulsión se sostienen en el mecanismo de amortiguación, las cargas que se aplican debido a las modificaciones son las de pesos adicionales, como cuatro personas e implementos propios que posee una limusina.

Los niveles de satisfacción son confort y seguridad al servicio que brindará, como se indica posteriormente las cargas que se establecen en los software Solid Word 2014 con su posterior análisis en el mallado en ANSYS 2014, brindándonos resultados de costo y beneficios para que su torque sea modificado por los pernos de regulación a su rigidez, sin afectar su diseño clásico.

c. **Justificación.**

d. **Mallado.**

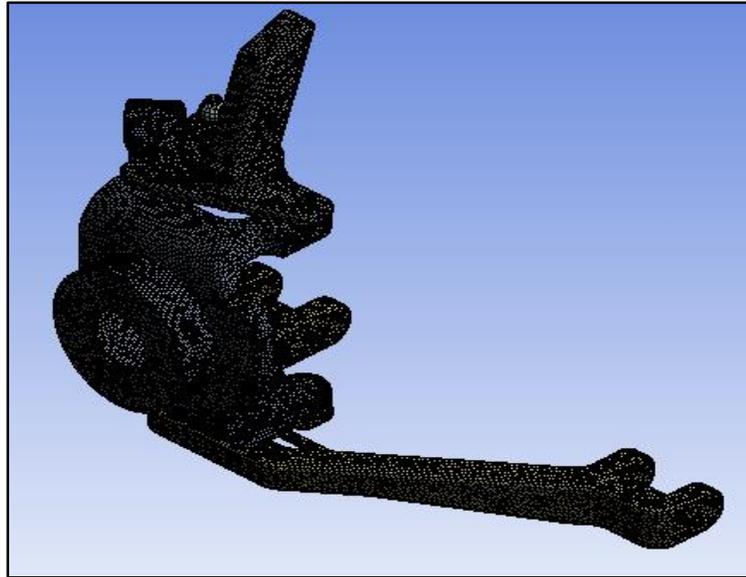


Figura 96 Mallado suspensión posterior

a.1 **Aplicación de cargas.**

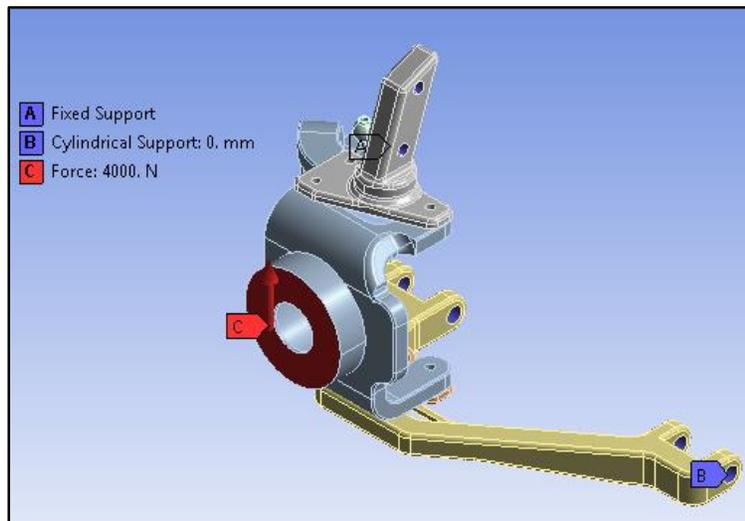


Figura 97 Cargas aplicadas

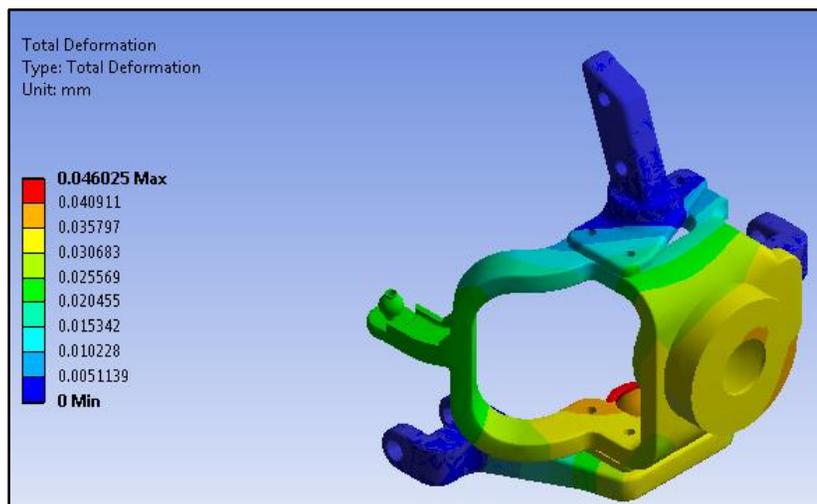
b.1 Deformación total.

Figura 98 Deformación del todos los elementos

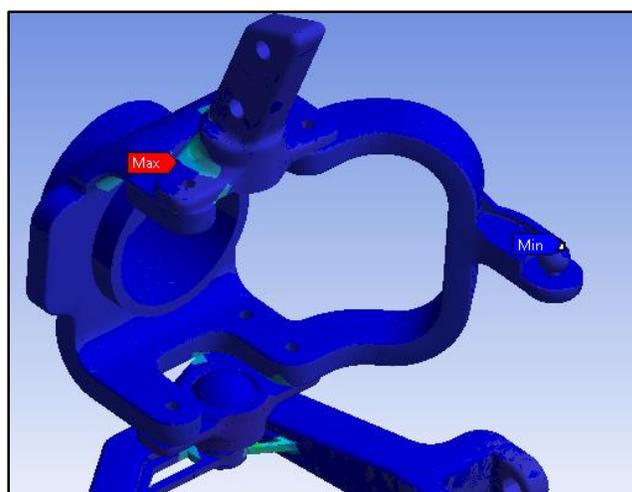
c.1 Deformación unitaria.

Figura 99 Deformación en punto crítico

d.1 Factor de seguridad

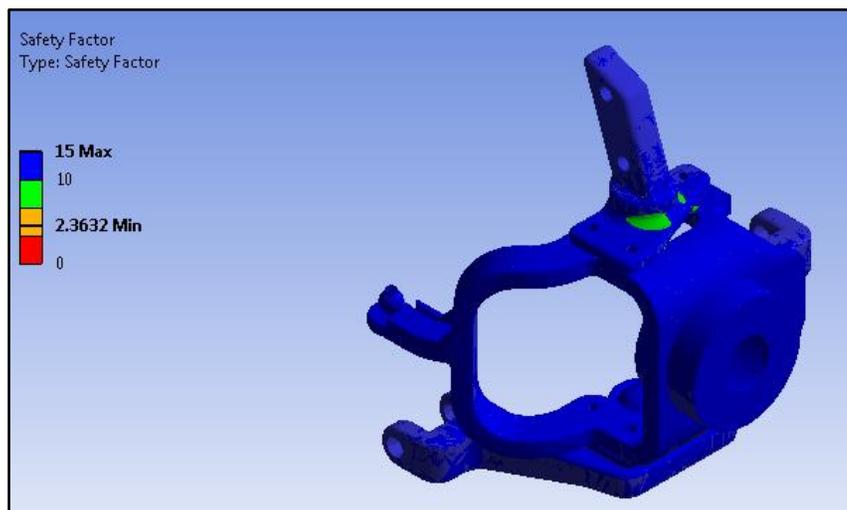


Figura 100 Factor de seguridad

Tabla 26

Datos del análisis de la suspensión posterior

Material (Acero 270)

Detalles	Análisis de resultado	Nivel de satisfacción
Factor de seguridad	2.363	Diseño adecuado para su utilización
Deformación unitario	0.0198023	
Deformación total	0.0460025	

4.1.2 Características del sistema de dirección.

La dirección que se incorporará es la alternativa A de tornillo sinfin con su columna de dirección gusano y espiral cumpliendo niveles de seguridad para el conductor por posibles colisiones frontales. La dirección tornillo sinfin cumple con los parámetros de giro propicios para la limusina Volkswagen escarabajo, sin que existan roces con la carrocería, cumpliendo además con parámetros de alineación y balanceo, lo que se tomó en cuenta principalmente en la implementación, es la estética y su funcionalidad en el mercado ocupacional.

a. **Justificación.**

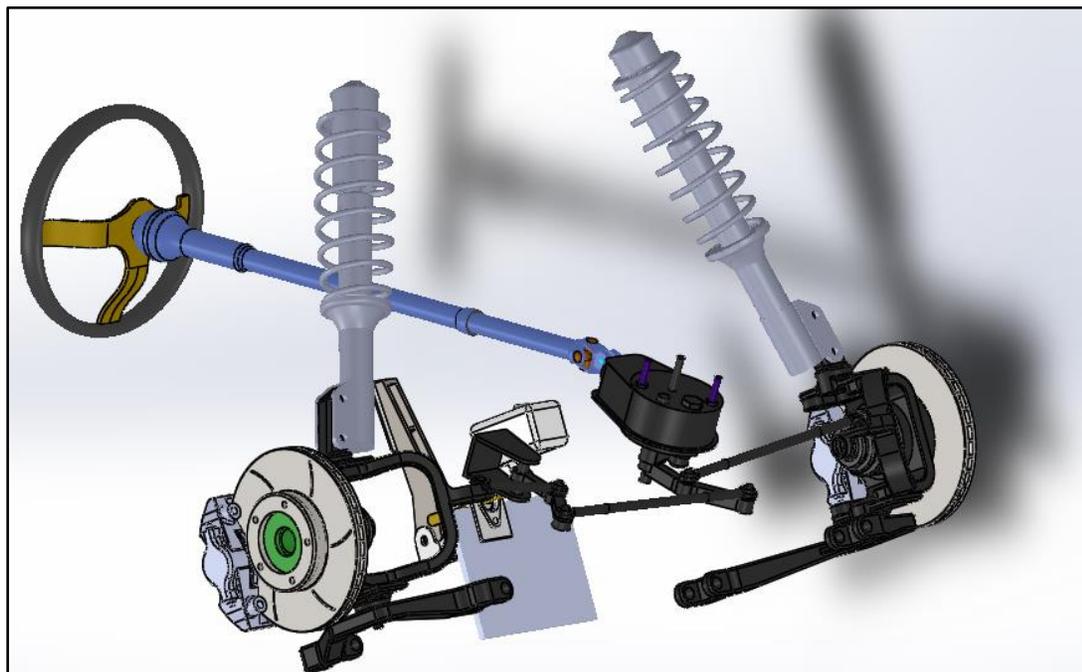


Figura 101 Esquema del sistema de dirección

4.1.3 Características del sistema de frenos.

Los requerimientos a cumplir en el sistema son la seguridad y suavidad al momento de su frenado, por lo que realizando el estudio sobre su dimensionamiento se implementan las alternativas de frenos de disco para la parte delantera y freno de tambor en la parte posterior.

Los resultados de frenado en la parte delantera a su máxima velocidad de 80 km/h dieron como resultado un tiempo de 0,07 segundos, garantizando un frenado óptimo, el sistema de frenos posterior actúa al mismo tiempo que se acciona el pedal del freno, con una diferencia en su aplicación al momento de encontrarse estática la limusina garantizando su freno de mano que las llantas posteriores no se muevan.

a. **Justificación.**

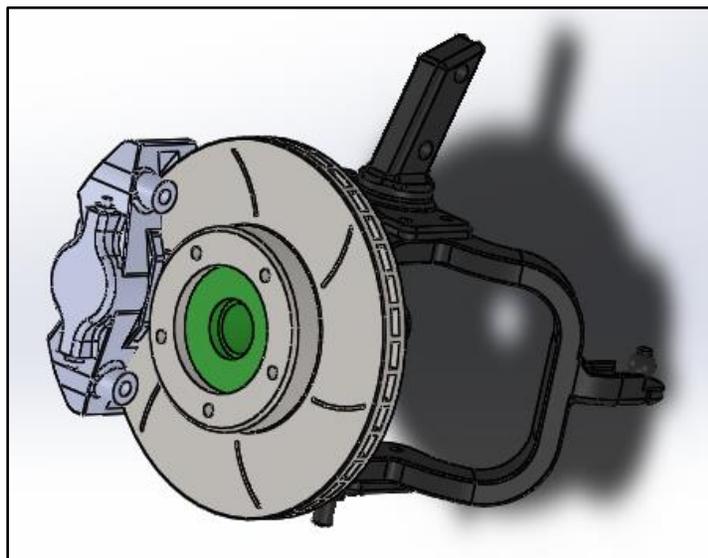


Figura 102 Esquema del sistema de frenos de disco

Elemento	Contenido	
	Mínimo	Máximo
Carbono	3,3	3,5
Manganeso	0,6	0,9
Silicio	1,8	2,1
Azufre	-	0,12
Fósforo	-	0,15
Níquel	0,60	0,70
Cromo	0,15	0,25
Molibdeno	0,20	0,30

Figura 103 Porcentaje de la composición química del disco

Fuente: (Republic of Ecuador , 2012)

4.1.4 Características del sistema eléctrico.

La alternativa A de una nueva instalación del sistema eléctrico es debido a las conexiones que se deben realizar con una mejor identificación y seccionamiento de cables por su numeración, color y su utilidad. Con la selección de un cable al momento de su instalación debe cumplir con requerimientos que soporten condiciones adversas, tanto de la propia instalación y de agentes externos para ellos, los materiales deben garantizar un aislamiento efectivo, los puntos de conexión deben ser asegurados para soportar dichas condiciones.

Las características que debe cumplir es de ser flexibles, resistentes a aceites industriales y que posean capacidad de carga.

a. **Justificación.**

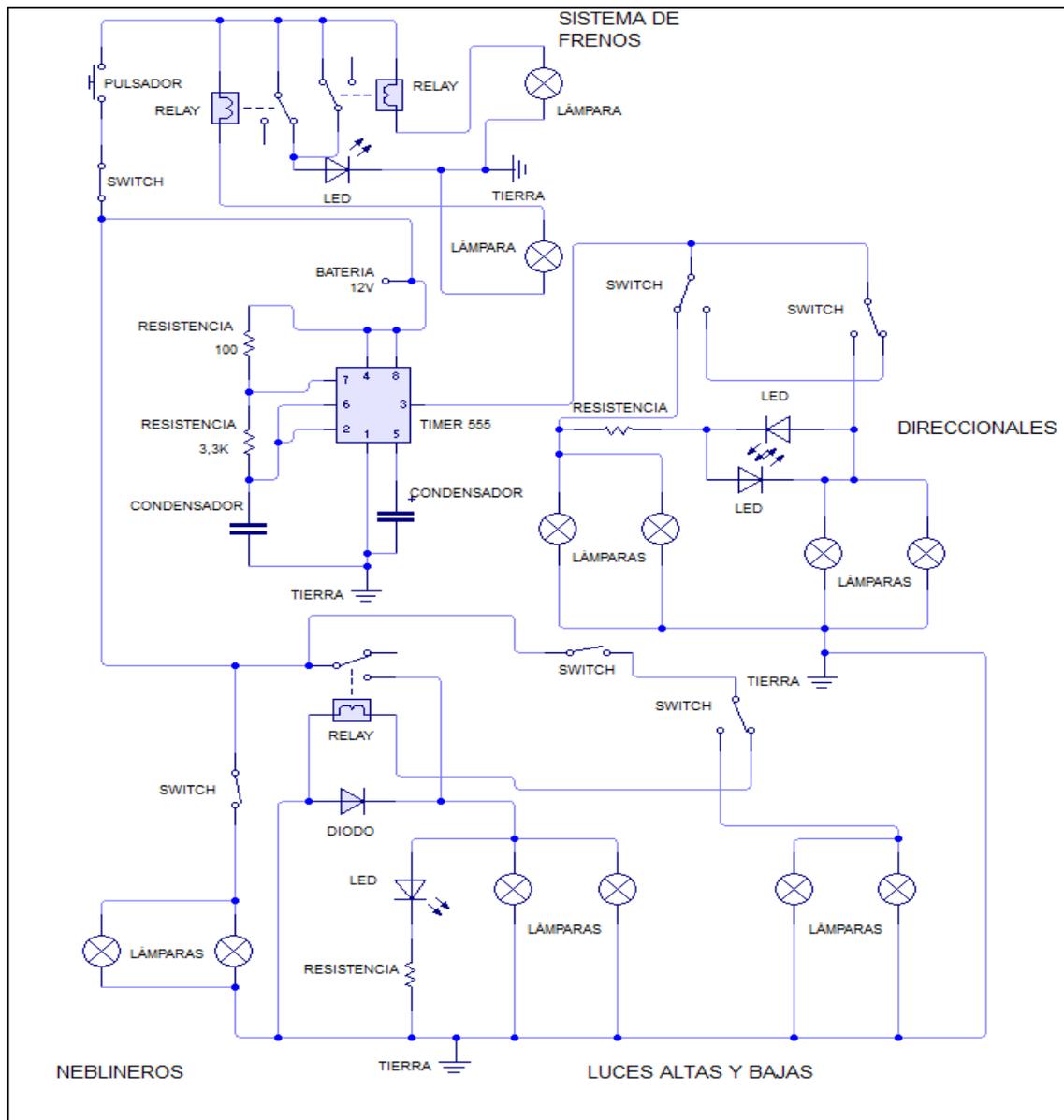


Figura 104 Circuito eléctrico de la Limusina Volkswagen Escarabajo

CAPÍTULO V

5 PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO

El nuevo diseño del Volkswagen escarabajo implementado para prestaciones de una limusina, es mucho más grande y pesado (965 Kg), además su rendimiento del motor es mayor a su versión 1200 cc como Volkswagen escarabajo Alemán.

La limusina es una interpretación de un lenguaje de diseño e innovación de confort para dar un servicio turístico, hotelero y eventos, nuestro proyecto fue exhaustivo en lo que respecta a su seguridad, viable en la implementación y recuperación de vehículos que se encuentran ya en desuso, dando alternativas de mercado e innovación.

La suspensión hace que las características propias de un vehículo con excelentes prestaciones sean aún fiable para una modificación en su chasis, siendo así que mantiene sus estribos a 30 cm al ras de la calzada dando su toque de elegancia, sin perder las prestaciones que debe cumplir el sistema.



Figura 105 Limusina Volkswagen Escarabajo

Los suministros y acabados en lo que respecta al sistema de dirección se mantienen, con su volante original de fábrica sin perder su estilo, posteriormente la columna de dirección se enfoca a asegurar el bienestar del conductor al momento de impactos (se

rompa en su espiral), su tornillo sin fin hace que sus neumáticos tengan el giro adecuado sin que estos tengan un contacto con los brazos de dirección o los guardafangos.

Su sistema de frenos implementados hace que sea mucho más rápido en momentos imprevistos, asegurando una mayor seguridad por sus discos y tambores distribuidos para su eficacia al momento de accionar el pedal o el freno de mano.

5.1.1 Sistema de motor y transmisión.

El modelo de vehículo modificado bajo previos estudios realizados durante su fabricación se instala el motor 1200 cc con 42 Hp, estos datos son los brindados por el fabricante cuando el motor se encuentra sin efectuar ningún esfuerzo en tracción o pérdidas en combustible y corriente.

Los datos bajo las condiciones que se van a realizar son las que se indican en el software del banco de pruebas realizados en Dinamyca Competicion en la ciudad de Quito como se indica en la figura 106.

Tabla 27

Condiciones atmosféricas de funcionamiento del Dinamómetro

Características	Valores	Unidades
Temperatura del aire	22.77	°C
Presión barométrica absoluta	68.173	kPa
Humedad relativa	40.02	%
Presión de vapor	0.445	mHg
Densidad relativa del aire	64.05	%

Fuente: (Espinoza, 2015)

Procedemos a instalar el vehículo en los rodillos de Dinamómetro, tomando siempre en consideración que este tipo de bancos de pruebas son unidireccionales, colocamos las llantas posteriores y los seguros que requieren para seguridad en casos fortuitos.



Figura 106 Ubicación del banco de pruebas

Las mediciones que se va a representar en las dos siguientes pruebas vamos a notar la diferencia que existe durante el proceso de la puesta a punto del motor, como podemos observar en los anexos D, las curvas se las toma poniendo el motor en la tercera marcha y manteniéndolo en una aceleración constante con la interpretación de potencia en el motor alcanza los 8,59 HP dándonos cuenta que existe un problema grave en el motor o la transmisión.

Verificamos el tiempo del motor calibrándolo el distribuidor, al momento de realizar el procedimiento se observa el desgaste de la leva, por lo que se recomienda al reemplazo de la misma por un distribuidor electrónico, la tensión de la banda del alternador se instala la original para evitar cabeceo de la polea y el cambio de los componentes de platino/condenso, verificando luego el rendimiento del mismo.



Figura 107 Calibración del distribuidor

Con las correcciones de los diferentes componentes que mejoraran el rendimiento del motor procedemos a realizar la nueva medición, evidentemente la potencia del motor sube a 22,82 HP en el par motor y de la misma manera la potencia en el neumático es de 17,2 HP dando como resultado el incremento en la limusina, debemos tomar en cuenta los parámetros atmosféricos en los cuales se está realizando las pruebas, los que en un motor con cargas y pérdidas en sus rendimiento pleno se llegaría a los 26 HP a la altura de 2850 m en la ciudad de Quito.

Análisis a nivel del mar:

Los parámetros de nuestro motor analizándolo a nivel del mar donde todos los vehículos son probados para el cálculo de su potencia, mejoran considerablemente poniéndose al rango de funcionamiento óptimo del mismo como podemos observar en la Anexo E.

Nota.- Se recomienda para su posterior mantenimiento considerar la instalación de un distribuidor electrónico el mismo que ayudará a mejorar mucho más su rendimiento aumentando su potencia de 2 a 4 HP más, lo cual representa un tiempo de vida de los componentes mecánicos y satisfacción del cliente.

5.1.2 Sistema de suspensión.

a. Delantera.

Se procede a la ubicación de la limusina previamente sobre el banco de pruebas, direccionándola para que los neumáticos queden centrales al banco de pruebas.



Figura 108 Banco de vibración de suspensión Eje Delantero

Mediante movimientos oscilatorios que calcula el programa MONROE simula en distintos escenarios de oscilación al aumento y disminución de su frecuencia vibratoria, dándonos como resultado que en su eje delantero existe un peso de 430.1 kg. El análisis se lo realiza independientemente para cada una de los neumáticos, basándonos en datos del fabricante deben encontrarse el amortiguador en el rango de 50 a 70 % en cada uno de los lados por los que los resultados obtenidos para este son satisfactorios como se indica en la figura 109.

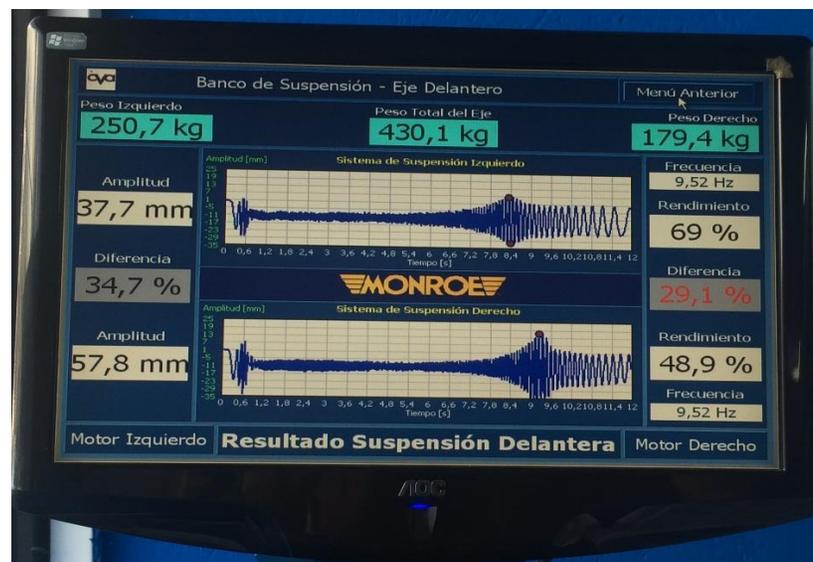


Figura 109 Resultados Pruebas Banco de Suspensión Eje Delantero

Fuente: Autopartes Sucre Ecuador

b. Posterior.

Los pesos que van a existir en la parte posterior van a variar de manera considerable debido a que se encuentra instalado un componente de sonido y su motor por lo que se toman las precauciones de regular las tijeras de suspensión.



Figura 110 Banco de vibración de suspensión Eje Delantero

Los rangos que observamos en la figura 111 son desfavorables ya que no cumplen con los datos del fabricante, llegando a la conclusión que es más confiable la alternativa de instalar un espiral de suspensión.

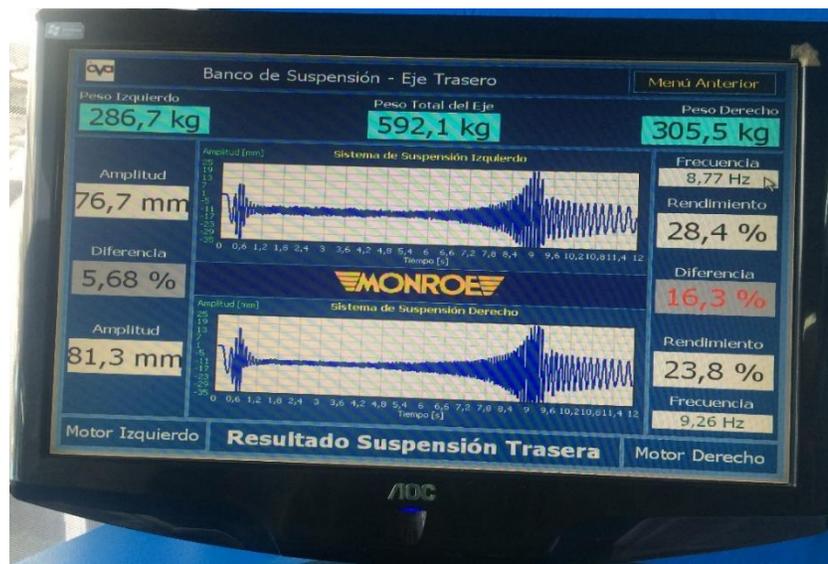


Figura 111 Resultados Pruebas Banco de Suspensión Eje Posterior
Fuente: Autopartes Sucre Ecuador

Con los inconvenientes al momento de realizar el análisis en el banco de pruebas se tomó la decisión de reforzar la parte posterior, utilizando una suspensión que se utiliza frecuentemente para camionetas de carga, esta cumple con parámetros de distancia y acople acorde a la requerida ya que los pesos extras que va a soportar esta suspensión van a ser frecuentes.



Figura 112 Cambio de suspensión con espiral (carga nitrógeno/espiral)

Las consideraciones que se debe tomar en cuenta en esta clase de suspensión es la rigidez en la parte posterior cuando no se encuentren ocupantes, sin embargo, en su utilización, garantizará a sus usuarios y conductor el nivel de confort y seguridad. Mediante las investigaciones este tipo de amortiguador para nuestro vehículo mantiene su centro de gravedad sin afectarla, pero brindado la seguridad y confort que se requiere.

Nota: Los amortiguadores con muelle ayudan a soportar cargas mayores (532,9 kg), sin tener afectación en su centro de gravedad (560 mm), en su incorporación acoplamos un buje extra para obtener la medida exacta de su amortiguador original.

5.1.3 Sistema de dirección.

La limusina tiene una longitud de 5.27 metros, y como radio máximo de curvatura 7,75 metros, se implementa una dirección de cremallera lo que conlleva a que su radio de giro no disminuya por el diseño de la limusina, en su parte delantera roza los guardafangos, por lo que se realiza el mantenimiento correctivo de la dirección de tornillo sinfín para mantener la originalidad y el confort para el conductor.

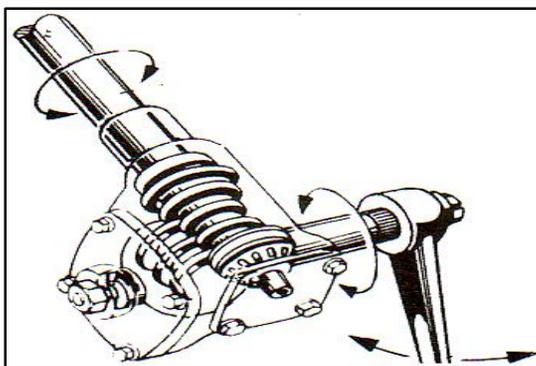


Figura 113 Cajetín del tornillo sin fin.

Fuente: (Javier, 2011)

5.1.4 Sistema de frenos.

Las consideraciones que se tomaron como referencia para la instalación de los frenos disco/tambor fueron las dimensiones de la limusina entre ejes y el peso de funcionamiento en plena carga. La velocidad máxima de funcionamiento es de 80 Km/h en carretera con un tiempo de frenado brusco de 38 s hasta su posición estática, recorriendo una distancia de 4.8 m desde la acción del pedal del freno y, en ciudad alcanza los 50 Km/h con un rango de 22 s en su frenado total, con una distancia de 2 metros de recorrido desde su accionamiento en el pedal, tomando en consideración que es un vehículo para eventos sociales, turismo, lo cual no requiere velocidad, garantizando la seguridad de los ocupantes.

Tabla 28

Pruebas de frenado

Característica	Kilometraje	Tiempo de frenado	Distancia
Frenos de disco	80 km/h	38 s	4.8 m
Frenos de tambor			
Frenos de disco	50 km/h	22 s	2 m
Frenos de tambor			

5.1.5 Sistema eléctrico.

El funcionamiento del distribuidor es óptimo debido a las comprobaciones de los regímenes que brinda el fabricante, regulando el encendido que coincida 10° antes del punto muerto superior y, se realizó la segunda marca a 4 mm/0,16 pulg a la derecha de la

primera, posteriormente, el platino se debe encontrar 0,016 pulg de apertura para su contacto.

La lámpara indicadora de presión de aceite debe encontrarse en buenas condiciones debido a que su enfriamiento es por aire y el componente lubricante debe ser vigilado frecuentemente, su verificación del trompo de aceite de 6 amp con buena presión de aceite.

La batería se encuentra en buenas condiciones ya que se procedió a realizar las verificaciones de voltaje y amperaje durante el rodamiento entre las ciudades de Latacunga-Quito, dando como resultado que las correcciones en el alternador y el ajuste de la banda fueron los adecuados.

El alternador cumple las características dadas por el fabricante y basados en los requerimientos de que la limusina, nos referimos a parámetros comprobados de funcionalidad.



Figura 114 Luces indicadora de aceite/alternador



Figura 115 Luces de noche

CAPÍTULO VI

6 MARCO ADMINISTRATIVO

6.1 Recursos

Con la finalidad de llevar a cabo el proyecto de manera eficiente y organizada, se desarrolló este capítulo, el cual permitió analizar la optimización de los recursos que incidieron en el proyecto, recursos tales como los tecnológicos, humanos, materiales, entre otros, fundamentales para la consecución de nuestro objetivo.

6.1.1 Recursos humanos

Fundamental para el desarrollo del proyecto fue el contar con el asesoramiento de personal externo e interno a la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE-L”, muy en particular fue el contar con la valiosa ayuda y asesoramiento del Ing. Danilo Zambrano, así como también del personal docente de la institución.

Para la ejecución de este proyecto de grado, intitulado “IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LOS SISTEMAS AUTOMOTRICES DE LA LIMUSINA ESCARABAJO”, nos basamos en métodos investigativos en base a medios impresos y digitales, cuyas fuentes fueron exhaustivamente corroboradas.

6.1.2 Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos necesarios para la ejecución de este proyecto, y utilizados de acuerdo a las técnicas adecuadas fueron: laptop, internet, dinamómetro, equipo de vibración de amortiguadores, alineadora con brazos robóticos, cámaras y equipos de video.

6.1.3 Recursos materiales

Conjunto de elementos indispensables requeridos para la ejecución del proyecto. Estos elementos comprenden carrocería original, materiales para la modificación de la carrocería original (latón, suelda, masilla, pintura, cauchos, tapicería, recubrimientos generales), motor (puesta a punto), tuberías de conexión (transmisión, combustible y

frenos), suspensión (amortiguadores delanteros y amortiguadores con muelle en la parte posterior), sistema eléctrico, accesorios (televisión, radio, bajo, bar) y acabados (pintura y pulido de pintura, filos niquelados, guardachoques, vidrios polarizados, cauchos, madera para el piso y división, alfombra, retrovisores, luces interior y exterior, placas nuevas, manijas, eleva vidrio eléctrico).

6.1.4 Análisis de costos del proyecto

a. Material y mano de obra

En la ejecución de este proyecto se consideraron los costos que incidirán en la futura rentabilidad del mismo, tomando en cuenta también la competitividad que hará que el resultado del trabajo sea el esperado.

Los costos considerados en particular para la ejecución de la parte correspondiente a este trabajo se detallan en la siguiente tabla, desglosando los costos administrativos de los costos de ejecución.

Tabla 29
Costos administrativos

COSTOS ADMINISTRATIVOS

CANTIDAD	DETALLE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.- Servicio por 3 meses	Internet	25,00	75,00
2.000	Impresiones	0,15	300,00
800	Foto copias	0,02	16,00
3	Empastados	18,00	54,00
30	Gastos de movilización	10,00	300,00
5	CD's	1,25	6,25
	TOTAL		751,25

Tabla 30

Costos de ejecución del proyecto (Sistema Automotriz)

**COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO
(SISTEMA AUTOMOTRIZ)**

CANTIDAD	DETALLE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Sistema de suspensión	1.000,00	1.000,00
1	Mantenimiento de sistema de dirección	150,00	150,00
50 metros	Cable # 10 y 8	200,00	200,00
1	Cableado	300,00	300,00
1	Juego de herramientas	100,00	100,00
1	Iluminación interior	40,00	40,00
1	Iluminación exterior	250,00	250,00
1	Sistema de frenos	800,00	800,00
1	Llantas	250,00	250,00
1	Gastos extras	500,00	500,00
TOTAL			3.590,00
SUMA TOTAL			\$ 4.341,25

6.1.5 Análisis costo beneficio

Una vez ejecutado el proyecto, procedimos a elaborar un análisis exhaustivo del costo beneficio, para lo cual nos remitimos en primera instancia a revisar los costos presupuestados, confrontándolos con los costos finales de operación.

Como resultado, observamos que la diferencia que arroja este análisis comparativo, demostró que el objetivo planteado en cuanto al aspecto económico para la ejecución del proyecto, no varió significativamente, por lo que los parámetros iniciales relativos al costo beneficio del proyecto se mantuvieron casi intactos, demostrando con esto, la viabilidad de la ejecución de proyectos similares a éste, a futuro, contribuyendo de esta manera en cierta medida, al fortalecimiento de un área poco explorada dentro del quehacer de la ingeniería automotriz en el país.

Al realizar un análisis de balances generales de costos, nos planteamos que el proyecto debe manejarse con un presupuesto de \$ 250,00 dólares americanos por el servicio brindado, en la actualidad la inflación se mide por estadística a través del Índice de Precios al Consumidor del Área Urbana, lo que es posible obtener valores que calculan la tasa de variación mensual, acumulada y anuales, que en la actualidad es del 4.16 % del valor total, dando como resultados para que el capital invertido en el proyecto que en su totalidad se evalúa en 16.000,00 dólares americanos, se tendrá que garantizar cinco contratos al mes al cabo de la culminación del proyecto, y se llegara a recuperar su inversión en 2 años aproximadamente.

6.1.6 Financiamiento

El financiamiento del proyecto en sus dos etapas, correspondió en exclusividad a los integrantes del proyecto de investigación. En cuanto a la parte del proyecto que nos ocupa, el financiamiento fue compartido de igual manera en parte iguales con el equipo de investigación, conformado por Mesa Francisco, Rosero Stalin y Vallejo Roberto.

CAPÍTULO VII

7 CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES:

- ✓ Se realizó la selección e implementación de los sistemas automotrices (freno, suspensión, dirección y parte eléctrica), mediante parámetros de normas SAE y la adquisición de los componentes mecánicos que se instalaron en la limusina Volkswagen escarabajo, en base a cálculos y mediciones.
- ✓ Utilizando software de construcción y simulación (SolidWorks, ANSYS y LiveWire) se construyeron los sistemas automotrices, para su análisis de fuerzas y simulaciones, aplicando cargas reales obtenidas en el capítulo III en la selección de componentes y determinamos su óptimo funcionamiento.
- ✓ Se seleccionó para la suspensión posterior un refuerzo en espiral, acoplándola a las dimensiones de su suspensión original, con esto logramos que las cargas extras aplicadas no tengan afectación al sistema, con la suspensión delantera no se realiza ninguna modificación ya que el peso en su eje no va a tener modificación.
- ✓ El sistema de dirección fue sometido a una prueba de giro de 360°, dándonos como resultado un radio de giro de 7.71 metros, el cual por las dimensiones que posee la limusina se encuentra en el rango establecido de acuerdo a cálculos.
- ✓ La modificación del sistema de frenos se lo realizó en base a análisis del fabricante, que incorporan frenos de disco y tambor, siendo que estos frenos a un kilometraje de 80 Km/h a una distancia de 4,8 metros su tiempo de frenado es de 38 segundos y, en una segunda prueba a 50 Km/h, a una distancia de 2 metros su tiempo de frenado llega a 22 segundos. Estos valores, nos indican que el freno de disco es la acción rápida no sujeta a desgastes prematuros y, el tambor es el refuerzo del frenado, que con la activación del freno de mano, ayuda a mantenerlo en posición estática.
- ✓ El sistema eléctrico original se mantuvo debido a su buen estado, cambiándose exclusivamente sus conductores, como alambre numero 10 vasados en normas de

mantenimiento de vehículos para verificación de corriente y otros elementos como sus fusibles y accesorios.

- ✓ Al aplicar las pruebas de ruta (Latacunga-Quito), bajo condiciones de confort y seguridad que se va a brindar a los usuarios, su maniobrabilidad en la dirección, seguridad al frenar, iluminación en carretera/cuidad se llegó a la conclusión de que son las requeridas bajo normas de tránsito y, el confort en la suspensión, al minimizar las vibraciones que posteriormente se transmitirán al habitáculo.
- ✓ El rango de seguridad se obtuvo mediante el mallado en ANSYS, lo que nos dio como resultado parámetros que oscilan entre 1,4 y 1,8, de acuerdo al diseño y a la aplicación de una carga excesiva, nos da el punto más crítico donde sufrirá afectación el componente mecánico

7.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar mantenimientos preventivos frecuentes a los sistemas, ya que la utilización de la limusina será para transporte de personas y esto garantizará de mejor manera su seguridad y confort.
- ✓ Se debe acoplar un sistema de encendido electrónico para ayudar al funcionamiento del motor, que mediante pruebas en el Dinamómetro nos garantiza que sus HP aumentarían en un rango de 2 a 4 y para su fácil encendido.
- ✓ Para un posterior análisis de este tipo de proyectos se debe enfocar en realizar normas de fabricación en nuestro país para esta clase de modificaciones en vehículos clásicos.
- ✓ Impulsar a la recuperación de esta clase vehículos en la Industria automotriz, bajo parámetros de seguridad interna.

BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Izquierdo F., V. A. (2001). *Teoría de los vehículos automoviles*. Madrid: ets ingenieros industriales.
- Betancourt, E. Y. (2011). Diseño del Sistema de Suspensión de un Vehículo Monoplaza Tipo Formula SENA. Medellin , Colombia.
- Chilton-Limusa. (1998). *Manual de Reparación y Afinación Volkswagen 1970-79*. México,D.F.: limusa, s.a de c.v. grupo Noriega.
- Doc4Net.es. (2010). Obtenido de <http://www.doc4net.es/doc/1509381457946>
- Espinoza, A. (2015). *DYNomite Dynamometer Test Results*. Quito.
- Infante, J. A. (2014). *Tecnología del Automovil*. Obtenido de articulos técnicos sobre diferentes elementos y temas del automovil
- Kynast, H. K. (1986). *Mecánica Aplicada para la Técnica del Automovil*. Barcelona: Reverté, S.A.
- LTD., S. P. (1982). *Manual para el Taller-CECSA Volkswagen series 1100 1200 1200A 1300 1500*. México,D.F.: Continental, S.A.
- Ocaña, E. C. (Marzo de 2012). Diseño y Cálculo del sistema de frenado para un prototipo formula student. Leganés.
- Quispe Sacancela, T. P. (Noviembre de 2014). Diseño y Construcción e Implementación de los Sistemas de Suspensió, Dirección y Frenos de un Vehículo Blindado 4X4. Latacunga, Ecuador.
- Republic of Ecuador . (2012). Materiales de fricción para el sistema de frenos de automotores. Requisitos e inspección . *Norma técnica Ecuatoriana* (pág. 09). Quito: INEN.
- Rosero/Vallejo. (2015). *Diseño y construcción de una limusina Volkswagen escarabajo*. Latacunga.
- Tirado, P. S. (2009). Cables Eléctricos. Bolívar, Venezuela.
- TOVAR, J. G. (5 de MAYO de 2013). *El Automóvil al desnudo*. Obtenido de <http://jeroitim.blogspot.com/2013/05/sistema-de-transmision-en-vehiculos.html>

NETGRAFÍA

- Automodelismo rc Perú.* (2009). Obtenido de Autos radio controles pistoneo, drift, off-road propulsados a nitrometano y eléctricos:
<http://automodelismorcperu.blogspot.com/>: [Recuperado el 20/01/2015]
- Bruzos, I. T. (Mayo de 2013). *sabelotodo.org*. Obtenido de <http://www.sabelotodo.org/informacion/acercade.html>: [Recuperado el 31/03/2015]
- Davis, M. (06 de Junio de 2003). *The CarConnection*. Obtenido de Los iconos en el tiempo: Volkswagen Beetle: http://www.thecarconnection.com/tips-article/1004739_icons-in-time-volkswagen-beetle. [Recuperado el 15/05/2015]
- Hailey, D. (2013). *Descubre y guarda ideas creativas*. Obtenido de Pines relacionados: <https://www.pinterest.com/pin/543598617493328851/>: [Recuperado el 23/01/2015]
- Guerra, A. J. (31 de Mayo de 2014). *Mecanotecnia*. Obtenido de http://mecanotecnia.blogspot.com/2014_05_01_archive.html: [Recuperado el 08/06/2015]
- II, L. D. (8 de Noviembre de 2013). *Laplace*. Obtenido de Fuerzas de Rozamiento: [http://laplace.us.es/wiki/index.php/Fuerzas_de_rozamiento_\(GIE\)](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Fuerzas_de_rozamiento_(GIE)): [Recuperado el 06/08/2015]
- Ltd, J. E. (22 de Mayo de 2009). *Volkswagen.com*. Obtenido de <http://www.volkszone.com/VZi/showthread.php?t=557697>: [Recuperado el 12/02/2015]
- Macias, N. (11 de Septiembre de 2012). *Mecanica Automotriz*. Obtenido de <http://suspensionautomotriz1993.blogspot.com/2012/09/tipos-de-suspension.html>: [Recuperado el 17/04/2015]
- Manejo, I. (11 de Febrero de 2009). *Fundación Formando*. Obtenido de <http://www.drivingconsultancy.com/news/index33.php>: [Recuperado el 18/07/2015]
- Manu, J. (13 de Febrero de 2010). Obtenido de <http://www.mundocruze.com/t117-embrague-monodisco-en-seco>: [Recuperado el 11/02/2015]
- Mecaneso. (2005). *Proyectos Mecanicos de Tecnología* . Obtenido de <http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/index.htm>: [Recuperado el 19/06/2015]
- Mecánica, T. (12 de Mayo de 2005). *TM todo Mecanica* . Obtenido de <http://www.todomecanica.com/blog/50-los-frenos-sistemas-de-mando-y-asistencia.html>: [Recuperado el 22/09/2015]

- Meganeboy, D. (2014). *Aficionado a la Mecánica* . Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/frenos-3.htm>: [Recuperado el 30/07/2015]
- MemoCars. (13 de Agosto de 2013). *mitaller.com*. Obtenido de <http://www.mitaller.com/content/tips-sistema-frenos>: [Recuperado el 08/04/2015]
- Posada, O. (30 de Noviembre de 2011). *Omar*. Obtenido de Configuración Automotriz: http://omarposadaeaf.blogspot.com/2011_11_01_archive.html: [Recuperado el 23/08/2015]
- Pre67vw stock, coachbuilt & old speed*. (01 de Agosto de 2012). Obtenido de <http://www.pre67vw.com/history/porsche.aspx>: [Recuperado el 14/01/2015]
- Publication International, L. (2007). *Cómo Stuff works AUTO*. Obtenido de <http://auto.howstuffworks.com/1970-1997-volkswagen-beetle2.htm>: [Recuperado el 11/06/2015]
- RedGiga. (13 de Diciembre de 1999). *Motorgiga*. Obtenido de <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/cabeceo-definicion-significado/gmx-niv15-con193305.htm>: [Recuperado el 26/03/2015]
- Rural, C. d. (s.f.). *Ingenieriarural.com*. Obtenido de http://www.uclm.es/area/ing_rural/calculoestructuras/temas/tema1.pdf: [Recuperado el 09/05/2015]
- Sabelotodo.org*. (2012). Obtenido de <http://www.sabelotodo.org/automovil/sisdireccion.html>: [Recuperado el 28/06/2015]
- Segeda. (2014). *Oficios Técnicos*. Obtenido de http://www.tecnoficio.com/electricidad/electricidad_del_automotor7.php: [Recuperado el 21/06/2015]
- Sportbugger. (22 de Marzo de 2011). *TheSamba.com*. Obtenido de <http://www.thesamba.com/vw/forum/viewtopic.php?p=5211591>: [Recuperado el 05/02/2015]
- Volkswagen. (28 de Abril de 1940). Obtenido de www.autopasion18.com/HISTORIA-Volkswagen.htm: [Recuperado el 03/09/2015]
- Zambrano, D. C. (04 de Noviembre de 2009). *SlideShare*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/canocappellacci/evaluacin-del-estado-nutricional>: [Recuperado el 17/08/2015]

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue realizado por el señor Mesa Pilataxi Francisco Xavier, bajo mi supervisión.

Aprobado por:

Ing. Víctor D. Zambrano

DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Víctor D. Zambrano

**DIRECTOR DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

Certificado por:

Dr. Freddy Jaramillo

SECRETARIO ACADÉMICO

Latacunga, 30 de Noviembre del 2015