



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**

**AUTORES: DE LA CRUZ SUNTAXI ALEX PAUL
INGA CUEVA RICARDO JAVIER**

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE
DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UN
VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA PLEGABLE.”**

DIRECTOR: ING. CASTRO, JUAN

CODIRECTOR: ING. SANTILLÁN, RAMIRO

LATACUNGA, SEPTIEMBRE 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ****CERTIFICADO**

Ing. Juan Castro (DIRECTOR)

Ing. Ramiro Santillán (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA PLEGABLE”** realizado por Alex Paul De la Cruz Suintaxi y Ricardo Javier Inga Cueva, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que aportará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a los señores: Alex Paul De la Cruz Suintaxi y Ricardo Javier Inga Cueva, que lo entreguen al Ing. Juan Castro, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, Septiembre del 2014.

Ing. Juan Castro
DIRECTOR

Ing. Ernesto Santillán
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ****AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

ALEX PAUL DE LA CRUZ SUNTAXI

RICARDO JAVIER INGA CUEVA

DECLARAMOS QUE:

El presente proyecto denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA PLEGABLE”** ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Septiembre del 2014.

Alex Paul De la Cruz Suntaxi
C.C.: 171946624-3

Ricardo Javier Inga Cueva
C.C.: 172492335-2

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ****AUTORIZACIÓN**

Nosotros, Alex Paul De la Cruz Suntaxi y Ricardo Javier Inga Cueva

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA PLEGABLE”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Septiembre 2014.

Alex Paul De la Cruz Suntaxi
C.C.: 171946624-3

Ricardo Javier Inga Cueva
C.C.: 172492335-2

DEDICATORIA

La presente tesis lo dedico a mis padres Patricio De la Cruz y Jaqueline Suntaxi, a mis dos hermanas Mayra y Johanna que durante mi vida estudiantil me han apoyado, gracias al esfuerzo y sacrificio que ellos realizaron por mí, que con su apoyo incondicional estoy culminando una etapa muy importante en mi vida, que me acerca más a mis objetivos planteados.

Alex De la Cruz

DEDICATORIA

Al culminar mi carrera le dedico este trabajo en especial a mi madre Susana Cueva, también a mi abuela María Villacís que descansa en paz y a mis tías Enriqueta y Graciela Cueva, que con su apoyo incondicional me han sabido guiar para así lograr mi meta.

Ricardo Javier Inga Cueva.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer por medio de la presente tesis a mis queridos padres Patricio De la Cruz y Jaqueline Suintaxi y a mis dos hermanas, Mayra y Johanna, porque gracias a su amor, apoyo y enseñanzas pude realizar mis objetivos planteados, a pesar de los obstáculos, tropiezos y caídas que han surgido a lo largo de este trayecto nunca me he sentido derrotado al contrario siempre he luchado y he caminado hacia mis metas.

“Mi eterna gratitud para quienes me apoyaron en todo momento y fueron testigos de mis triunfos y fracasos”

Alex De la Cruz.

AGRADECIMIENTO

Por todo lo que me ha dado en todos estos años de mi vida y formación profesional, por estar siempre pendiente de mi y su infinito amor, agradezco a mi madre Susana Cueva, por su incansable lucha de verme llegar a ser un hombre de bien.

Ricardo Javier Inga Cueva.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPÍTULO I.....	1
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA PLEGABLE.”.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Descripción resumida del proyecto	3
1.4 Justificación e importancia.....	4
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo General	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Introducción	6
2.2 Sistema de dirección.....	7
2.2.1 Disposición de los elementos sobre el vehículo.....	8
2.2.2 Estudio de los órganos constructivos.	9
2.3 Dirección con asistencia eléctrica.	13
2.3.1 Descripción.....	13
2.3.2 Principio de funcionamiento.	14
2.4 Sistema de frenos	15
2.4.1 Principio de frenado.	15

2.4.2	Disposición de los elementos sobre el vehículo.....	16
2.4.3	Estudio de los órganos constructivos.	17
2.4.4	Tipos de sistemas de frenos.....	18
2.5.1	Tipos de oscilaciones que se presentan en un vehículo.....	23
2.5.2	Disposición de los elementos sobre el vehículo.....	24
2.5.3	Estudio de los órganos constructivos.	24
2.5.4	Tipos de suspensión.	31
2.6	Sistema de plegado.....	42
2.6.1	Misión del plegado en el vehículo eléctrico biplaza	42
2.6.2	Estudio de los órganos constructivos.	43
CAPÍTULO III:		50
3.	Diseño de los componentes de los sistemas.	50
3.1	Análisis funcional del vehículo eléctrico.	52
3.2	Determinación del diagrama de sub - ensamblajes y componentes	54
3.3	Requerimientos técnicos de carrocería, chasis, motor, batería, tren.	58
3.4	Diseño del sistema de dirección	58
3.4.1	Requerimientos para el diseño.	58
3.4.2	Diseño conceptual	59
3.4.3	Parámetros de diseño.....	61
3.4.4	Configuración geométrica del sistema de dirección	69
3.4.5	Simulación CAD-CAE del sistema de sistema de dirección.....	73
3.5	Diseño del sistema de suspensión.	78
3.5.1	Requerimientos para el diseño.	78
3.5.2	Diseño conceptual	79
3.5.3	Parámetros de diseño.....	81
3.5.4	Configuración geométrica del sistema de suspensión.....	93
3.5.5	Simulación CAD-CAE del sistema de suspensión.....	97
3.6	Diseño del Sistema de Frenos.	106
3.6.1	Requerimientos para el diseño.	106
3.6.2	Diseño conceptual	107
3.6.3	Parámetros de diseño.....	109
3.6.4	Configuración geométrica del sistema de frenos.	119
3.6.5	Simulación CAD-CAE del sistema de frenos.	120

3.7	Diseño del Sistema de Plegado.....	125
3.7.1	Requerimientos para el diseño.....	125
3.7.2	Diseño conceptual.....	126
3.7.3	Parámetros de diseño.....	128
3.7.4	Configuración geométrica del sistema de plegado.....	130
3.7.5	Simulación CAD-CAE del sistema.....	132
CAPÍTULO IV:.....		137
4.	Construcción y Ensamblaje de los Sistemas.....	137
4.1	Diagrama de Procesos de Manufactura.....	137
4.1.1	Operaciones Tecnológicas.....	139
4.2	Ensamble del sistema de Frenos.....	146
4.2.1	Proceso de ensamblaje del sistema.....	147
4.2.2	Costos.....	147
4.3	Ensamble del sistema de Suspensión.....	149
4.3.1	Proceso de ensamblaje del sistema.....	149
4.3.2	Costos.....	150
4.4	Ensamble del sistema de Dirección.....	151
4.4.1	Proceso de ensamblaje del sistema de dirección.....	152
4.4.2	Costo.....	152
4.5	Ensamble del sistema de Plegado.....	154
4.5.1	Proceso de ensamblaje del sistema.....	154
4.5.2	Costos.....	155
CAPÍTULO V:.....		157
5.	Pruebas.....	157
5.1	Protocolo de pruebas.....	157
5.1.1	Prueba del Sistema de Frenos.....	158
5.1.2	Prueba del Sistema de Suspensión.....	160
5.1.3	Prueba del Sistema de Dirección.....	162
5.1.4	Prueba del Sistema de Plegado.....	164
CAPÍTULO VI:.....		166
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	166
6.1	Conclusiones.....	166
6.2	Recomendaciones.....	169

BIBLIOGRAFÍA	171
LINKGRAFÍA	173
ANEXOS	175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 2.1 Vehículo Biplaza	6
Figura. 2.2 Ángulo de viraje en la dirección	8
Figura. 2.3 Disposición de los elementos sobre el vehículo.	8
Figura. 2.4 Volante.....	9
Figura. 2.5 Columna de dirección	10
Figura. 2.6 Caja o mecanismo de dirección	10
Figura. 2.7 Tirantearía de dirección	11
Figura. 2.8 Dirección asistida eléctrica	14
Figura. 2.9 Disposición de los elementos sobre el vehículo	17
Figura. 2.10 Frenos Mecánico.....	19
Figura. 2.11 Disposición de los frenos hidráulicos A. Diagonal B. Paralela.....	20
Figura. 2.12 Sistema de frenos de disco.....	21
Figura. 2.13 Componentes de un freno de tambor	21
Figura. 2.14 Sistema de frenos de estacionamiento	22
Figura. 2.15 Sistema de suspensión de un vehículo.....	23
Figura. 2.16 Tipos de oscilaciones que se presentan en un vehículo.....	24
Figura. 2.17 Ballestas	26
Figura. 2.18 Muelles helicoidales	27
Figura. 2.19 Barra de Torsión	27
Figura. 2.20 Constitución de un Amortiguador	28
Figura. 2.21 Barra estabilizadora	29
Figura. 2.22 bandejas	30
Figura. 2.23 Topes de gomas	30
Figura. 2.24 Rotula de suspensión	31
Figura. 2.25 Suspensiones para eje rígido.....	32
Figura. 2.26 Suspensión con ballesta y brazo articulado.	33
Figura. 2.27 Suspensión por trapecio articulado.....	34
Figura. 2.28 Sistema de suspensión de semiejes oscilantes.....	35
Figura. 2.29 Suspensión tipo Mc Pherson.....	36
Figura. 2.30 Suspensión con barras de torsión.....	37
Figura. 2.31 Suspensión tipo Pull-rod.....	38
Figura. 2.32 Suspensión tipo Push-rod	38
Figura. 2.33 Suspensión Hidroneumática	40
Figura. 2.34 Suspensión neumática.....	41
Figura. 2.35 Plegado en el vehículo eléctrico biplaza.....	43
Figura. 2.36 Bomba Hidráulica.....	44
Figura. 2.37 Actuador hidráulico	44
Figura. 2.38 Depósito de fluido hidráulico	45
Figura. 2.39 Válvula direccional.....	46
Figura. 2.40 filtro hidráulico	46
Figura. 2.41 Motor eléctrico.....	47

Figura. 2.42 Cadena de propulsión	47
Figura. 2.43 Batería ciclo profundo	48
Figura. 2.44 Actuador eléctrico.....	49
Figura. 3.1 Función principal del vehículo eléctrico.....	52
Figura. 3.2 Función 1. Sistema estructural.....	52
Figura. 3.3 Función 2. Sistema de suspensión	53
Figura. 3.4 Función 3. Sistema de dirección.....	53
Figura. 3.5 Función 4. Sistema de frenos.....	53
Figura. 3.6 Función 5. Sistema de plegado.....	54
Figura. 3.7 Diagrama de Sub - Ensamblajes de un vehículo eléctrico.....	55
Figura. 3.8 Componentes del sistema estructural.....	55
Figura. 3.9 Componentes del Sistema de frenos.....	56
Figura. 3.10 Componentes del Sistema de Suspensión.....	56
Figura. 3.11 Componentes del Sistema de Dirección.....	57
Figura. 3.12 Componentes del Sistema de Plegado	57
Figura. 3.13 Dirección mecánica	60
Figura. 3.14 Geometría de la dirección aplicando el método de ACKERMAN.....	62
Figura. 3.15 Giro de la Dirección.....	65
Figura. 3.16 Fuerzas Laterales en el eje delantero y posterior.....	68
Figura. 3.17 Configuración del elemento Piñon-Cremallera	69
Figura. 3.18 Configuración del cajetín de dirección	69
Figura. 3.19 Configuración de la carcasa de la cremallera	70
Figura. 3.20 Configuración del brazo axial de la dirección	70
Figura. 3.21 Configuración del terminal de la dirección	71
Figura. 3.22 Configuración del caucho protector y reductor de vibraciones.....	71
Figura. 3.23 Configuración de la dirección.....	72
Figura. 3.24 Configuración de la Porta manguetas	72
Figura. 3.25 Configuración de la dirección completa	73
Figura. 3.26 Esquema del proyecto.....	74
Figura. 3.27 Porta manguetas Importado a Workbench.....	75
Figura. 3.28 Mallado de la Porta manguetas.....	75
Figura. 3.29 Fuerza en la Mangueta de la dirección.....	76
Figura. 3.30 Factor de seguridad de la porta manguetas.....	77
Figura. 3.31 Deformación generada en la mangueta de dirección.....	77
Figura. 3.32 Suspensión Push rod.....	80
Figura. 3.33 Diagrama de cuerpo libre del vehículo.....	82
Figura. 3.34 Diagrama de cuerpo libre en una pendiente.....	83
Figura. 3.35 Cambio de velocidad al cruzar un obstáculo	84
Figura. 3.36 Fuerza centrípeta en la curva	86
Figura. 3.37 Transferencia de masa debido a la aceleración.....	88
Figura. 3.38 Sistema masa, resorte, amortiguador.....	90
Figura. 3.39 Cápsula de las mesas.....	93
Figura. 3.40 Mesa Superior.....	93
Figura. 3.41 Mesa Inferior.....	94

Figura. 3.42 Porta manguetas.....	94
Figura. 3.43 Pistón del Amortiguador.....	95
Figura. 3.44 Amortiguador Ensamblado.....	95
Figura. 3.45 Espiral del Amortiguador.....	96
Figura. 3.46 Ensamble del amortiguador con el espiral.....	96
Figura. 3.47 Ensamble del sistema de suspensión.....	97
Figura. 3.48 Esquema del proyecto.....	98
Figura. 3.49 Sistema de Suspensión Importado a Workbench.....	98
Figura. 3.50 Conexión No Separation Amortiguador parte 2 - Amortiguador 1.....	99
Figura. 3.51 Conexión Bonded Mesa Corregida – Múltiple.....	100
Figura. 3.52 Conexión Revolute Múltiple – Espiral.....	100
Figura. 3.53 Mallado del sistema de suspensión.....	101
Figura. 3.54 Análisis estructural de la suspensión.....	102
Figura. 3.55 Resultado de la deformación total en el sistema de suspensión.....	102
Figura. 3.56 Factor de seguridad.....	103
Figura. 3.57 Fuerza en el análisis transiente.....	104
Figura. 3.58 Deformación del sistema de suspensión en análisis transient.....	104
Figura. 3.59 Factor de diseño del sistema de suspensión en transiente.....	105
Figura. 3.60 Frenos de disco.....	108
Figura. 3.62 Esfuerzos y Movimientos que intervienen en el frenado.....	109
Figura. 3.62 Resistencia Aerodinámica.....	112
Figura. 3.64 Frenado en pendiente.....	113
Figura. 3.65 Fuerza de frenado.....	114
Figura. 3.65 Distribución de fuerzas, para accionar el cilindro maestro.....	117
Figura. 3.66 Fuerzas que accionan la mordaza para frenar.....	118
Figura. 3.67 Configuración disco de fresco.....	119
Figura. 3.68 Configuración de la porta manguetas.....	120
Figura. 3.69 Ensamble del sistema en Inventor.....	120
Figura. 3.70 Esquema del proyecto disco de frenos.....	121
Figura. 3.71 Disco de freno Importado a Workbench.....	122
Figura. 3.72 Mallado del disco de freno.....	122
Figura. 3.73 Fuerza en la mordaza.....	123
Figura. 3.74 Factor de seguridad.....	123
Figura. 3.75 Deformación generada en el disco de freno.....	124
Figura. 3.77 Esquema Plegado.....	128
Figura. 3.77 Configuración del actuador eléctrico.....	130
Figura. 3.78 Configuración del basculante.....	130
Figura. 3.79 Configuración del amortiguador.....	131
Figura. 3.80 Configuración de la llanta.....	131
Figura. 3.81 Ensamble del sistema de plegado.....	132
Figura. 3.82 Parámetros para analizar.....	132
Figura. 3.83 Configuración del sistema en Workbench.....	133
Figura. 3.84 Conexiones existentes en el sistema de plegado.....	133
Figura. 3.85 Mallado del plegado.....	134

Figura. 3.86 Parámetros de carga para el sistema de plegado.....	135
Figura. 3.87 Deformación Total.....	135
Figura. 3.88 Factor de seguridad.....	136
Figura. 4.1 Diagrama de construcción del sistema de suspensión.	141
Figura. 4.2 Implementación del sistema de frenos.....	142
Figura. 4.3 Construcción e implementación de la dirección	143
Figura. 4.4 Desarrollo de los bujes para terminales de dirección	144
Figura. 4.5 Desarrollo de los sunchos de la caja de dirección	144
Figura. 4.6 Desarrollo de los bujes del sistema de plegado	145
Figura. 4.7 Desarrollo de las rieles del plegado	145
Figura. 4.8 Desarrollo del pasador del amortiguador.....	146
Figura. 4.9 Proceso de ensamble del sistema.....	147
Figura. 4.10 Proceso de ensamblaje del sistema	149
Figura. 4.11 Proceso de ensamblaje del sistema	152
Figura. 4.12 Proceso de ensamblaje del sistema	154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Mapa Morfológico	50
Tabla 3.2 Tabla de Ponderación.....	51
Tabla 3.3 Datos Técnicos Del Vehículo Eléctrico	58
Tabla 3.4 Mapa Morfológico del Sistema de Dirección.	59
Tabla 3.5 Ponderación del Sistema de Dirección.....	60
Tabla 3.6 Fuerzas Laterales en el eje delantero y posterior.	68
Tabla 3.7 Mapa Morfológico del Sistema de Suspensión.....	79
Tabla 3.8 Ponderación del Sistema de Suspensión.	80
Tabla 3.9 Especificaciones Técnicas.....	81
Tabla 3.10 Uniones utilizadas en el Sistema de Suspensión.....	99
Tabla 3.11 Mapa Morfológico del Sistema de Frenos	107
Tabla 3.12 Ponderación Sistema de Frenos.	108
Tabla 3.13 . Mapa Morfológico del Sistema de Plegado	126
Tabla 3.14 Ponderación del Sistema de Plegado.	127
Tabla 4.1 Designación de máquinas y equipo.....	137
Tabla 4.2 Designación de herramientas	138
Tabla 4.3 Operaciones Tecnológicas	139
Tabla 4.4 Códigos de operaciones de montaje.....	146
Tabla 4.5 Costos de materiales (CM).....	147
Tabla 4.6 Costos de Herramientas (CH)	148
Tabla 4.7 Códigos de operaciones de montaje.....	149
Tabla 4.8 Costos de materiales (CM).....	150
Tabla 4.9 Costos de alquiler de maquinarias (CAM).....	150
Tabla 4.10 Costos de mano de obra (CMO)	150
Tabla 4.11 Códigos de ensamble	151
Tabla 4.12 Proceso de ensamblaje del sistema	152
Tabla 4.13 Costos de alquiler de maquinarias (CAM).....	153
Tabla 4.14 Costos de mano de obra (CMO)	153
Tabla 4.15 Operaciones de Montaje.....	154
Tabla 4.16 Valor de elementos a utilizar	155
Tabla 4.17 Costos de alquiler de maquinarias (CAM).....	155
Tabla 4.18 Costos de mano de obra (CMO)	155

RESUMEN

La misión del proyecto es brindar confort y seguridad a los ocupantes, del vehículo eléctrico biplaza plegable, los sistemas diseñados y construidos (suspensión, dirección, frenos, plegado), son para integrar un prototipo ecológico y económico que ayuden al desarrollo tecnológico y a disminuir la contaminación ambiental. El sistema de suspensión es un ente importante para el diseño del prototipo, su objetivo principal es mantener de forma óptima el agarre del vehículo sobre el suelo, entre varias opciones se eligió la suspensión push rod, la misma que es utilizada en vehículos de competición, teniendo como principales características; fácil acceso y la descarga de tensión del brazo inferior. El sistema de dirección diseñado es un sistema mecánico, el mismo que es: de fácil acceso, mantenimiento y repuestos económicos; se seleccionó esta alternativa, debido a que es de bajo peso y optimiza el consumo energía eléctrica. Respecto al sistema de frenos, son de disco, estos tienen más fuerza que los de tambor, por su rápido accionamiento al frenar y la disipación de calor. El sistema de plegado, se implementó, para reducir el tamaño del prototipo y optimizar los lugares de aparcamiento. El elemento utilizado en este sistema, es un actuador eléctrico de 4000 N de arrastre y 24 V_{DC}. Siendo configurados en un software CAD, posteriormente a esto se realizó las pruebas y análisis de simulación en un software CAE, el cual determina las deformaciones, factores de seguridad, y por ende si son fiables los sistemas a construir e implementar a diversas condiciones para las cuales el vehículo fue construido.

Palabras clave:

Vehículos biplaza, Vehículo eléctrico biplaza plegable, Sistemas automotrices, Ingeniería Automotriz.

ABSTRACT

The project's mission is to provide comfort and safety to the occupants, the foldable two-seater electric vehicle, designed and built systems (suspension, steering, brakes, folding), are to integrate ecological and economic prototype technological development and help reduce environmental pollution. The suspension system is an important prototype design agency, your primary goal is to maintain optimally grip of the vehicle on the ground, among several options the push rod suspension, the same as is used in racing cars was chosen with the main features; Easy access and the discharge strain of the lower arm. The steering system is a mechanical system designed the same that is accessible, maintenance and economic parts; this alternative is selected, because it is lightweight and optimizes the electrical energy consumption. Regarding the brakes are disc, these are stronger than the drum for his quick start to slow down and heat dissipation. The folding system, was implemented to reduce the size of the prototype and optimize parking spots. The element used in this system is an electric actuator of 4000 N trawl and 24 VDC. Being set in a CAD software, then this test and simulation analysis was performed on a CAE software, which determines the deformations, safety factors, and therefore if they are reliable systems to build and deploy a variety of conditions for which the vehicle was built.

Keywords:

Vehicles tandem, Foldable two-seater electric vehicle, Automotive Systems, Automotive Engineering.

CAPÍTULO I

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN, FRENOS Y PLEGADO, EN UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA PLEGABLE.”

1.1 Antecedentes

El vehículo eléctrico fue uno de los primeros automóviles que se desarrollaron, anteriores al motor de cuatro tiempos su producción fue a escala reducida en 1835, debido a las limitaciones tecnológicas, la velocidad máxima de estos primeros vehículos eléctricos se limitaba a unos 32 km/h, por eso fueron vendidos como coche para la clase alta y con frecuencia se comercializaban como vehículos adecuados para las mujeres debido a conducción limpia, tranquila y de fácil manejo, especialmente al no requerir el arranque manual con manivela que si necesitaban los automóviles de gasolina de la época.

A finales de 1930, la industria del automóvil eléctrico desapareció por completo, quedando relegada a algunas aplicaciones industriales muy concretas, como montacargas, toros elevadores de batería eléctrica, o más recientemente carros de golf eléctricos, con los primeros modelos de Lektra en 1954¹. Apareciendo nuevamente en los últimos años con diseños innovadores y creativos de alta tecnología, siendo en la actualidad la industria más preocupada en reducir la contaminación ambiental, es por este motivo El Ecuador no se encuentra exento del crecimiento de este sector a pesar de sus grandes limitaciones para poder proveerse de tecnología de vanguardia. En noviembre del 2011, en Ecuador la marca japonesa

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_el%C3%A9ctrico

Nissan introdujo los primeros vehículos con esta tecnología, siendo un plan piloto del Ministerio Coordinador de la Producción, con la finalidad de reducir los efectos nocivos de la gasolina en el medio ambiente.

Países europeos como España están diseñando y construyendo vehículos plegables para mayor facilidad de estacionamiento y reducción de espacio.

De esta manera satisfacer las exigencias del medio, para poder tener un funcionamiento óptimo ante los ocupantes de los automotores en la actualidad.

Logrando así una forma de entender la relación entre la ciudad, sus ciudadanos y sus vehículos.

1.2 Planteamiento del problema

El mayor problema en la actualidad es la contaminación ambiental, el Ecuador no se encuentra exento de esto. El alto índice de gases contaminantes emanados por los vehículos de combustión interna, se debe al incremento del parque automotor y A LOS vehículos que se encuentran en mal estado por falta de mantenimiento o reparación de sus sistemas, de esta manera siendo estos gases perjudiciales para la salud de la comunidad, provocan enfermedades que afectan al sistema respiratorio y nervioso, deterioro de las edificaciones de la ciudad, lluvia ácida y smog.

Al incrementar el parque automotor los espacios y lugares de estacionamiento están saturados, los mismos que son escasos y reducidos, generando tráfico vehicular en horas pico produciendo a sus ocupantes un daño psicológico.

1.3 Descripción resumida del proyecto

El proyecto consiste en el diseño y construcción de los sistemas: frenos, suspensión, dirección y plegado para un vehículo eléctrico biplaza plegable, el sistema de frenos va a ser de discos en todas las ruedas del prototipo, con sus elementos (pedal, cilindro maestro tándem, mordazas, cañerías y pastillas) también se integrará el freno de mano.

El sistema de suspensión se diseñará para un óptimo confort de los ocupantes, que van acorde al diseño del bastidor y carrocería, el sistema de dirección será mecánico la misma que estará compuesta por los elementos convencionales como; una caja, la columna de dirección, volante, timonería o brazos de acoplamiento; la cual servirá para la suavidad y comodidad al momento de conducir, el sistema de plegado operará y constará de un actuador eléctrico, el mismo que servirá para reducir el espacio del vehículo y optimizar el aparcamiento, este será activado por medio de la batería, el cual será manipulado por un control eléctrico para brindar mayor seguridad y comodidad para los usuarios de este vehículo eléctrico plegable.

Todos los sistemas mencionados con anterioridad, más la carrocería, bastidor, accesorios, el sistema de transmisión CVT, el motor eléctrico y la batería, darán movilidad al vehículo.

Una vez terminada la construcción del vehículo se realizarán diferentes ensayos, simulaciones y pruebas para comprobar su funcionamiento.

1.4 Justificación e importancia

La sociedad necesita breves soluciones, que contribuya con la reducción de polución, gases contaminantes y el caos vehicular.

Debido al desarrollo automovilístico ante las condiciones actuales del planeta y las exigentes normas ambientales, en el país, se ha visto la necesidad de diseñar y construir un vehículo eléctrico biplaza plegable para estar a la par con la tecnología y cuidado de nuestro planeta, el mismo que ayudará a reducir la contaminación ambiental.

Es necesario tener en cuenta que las vías urbanas de las principales ciudades del Ecuador, se saturan provocando caos vehicular, esto no deja de ser un problema debido a la estrechez de las vías y la falta de espacios para estacionar los vehículos, por lo que la importancia de diseñar un vehículo pequeño, biplaza con un sistema de plegado, el mismo, que permitirá que el vehículo ocupe el menor espacio posible al estacionarse, y de tal forma dar una alternativa de solución a este problema y que también pueda ser replicada en las grandes urbes de nuestro país.

Es la intención demostrar que tanto alumnos y docentes de la Universidad de la Fuerzas Armadas - ESPE, estamos en la capacidad de desarrollar proyectos y prototipos, creativos e innovadores que ayuden a solucionar problemas de la colectividad que se constituyan en referentes a nivel local, nacional e internacional.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Diseñar y construir los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado en un vehículo eléctrico biplaza plegable.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar requisitos y restricciones para el diseño de cada sistema (suspensión, dirección, frenos y plegado).
- Realizar mapas morfológicos y tablas de ponderación para escoger la mejor alternativa de diseño, para los diferentes sistemas (suspensión, frenos, dirección y plegado)
- Diseñar el sistema de plegado para el vehículo eléctrico biplaza plegable.
- Diseñar el sistema de dirección para mayor confort y seguridad del usuario.
- Diseñar el sistema de frenos para las tres ruedas del vehículo eléctrico biplaza plegable, de esta manera brindando seguridad al conductor.
- Diseñar el sistema de suspensión independiente para mejorar la comodidad y seguridad de los pasajeros.
- Realizar diagramas de procesos de manufactura para cada uno de los sistemas
- Construir los elementos para los diferentes sistemas que conforman el vehículo eléctrico biplaza plegable.
- Realizar un protocolo de pruebas, para verificar el correcto funcionamiento de los sistemas.
- Realizar pruebas de funcionamiento en los sistemas y verificar el correcto accionamiento del prototipo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Se denominan vehículos biplaza por tener dos asientos en el habitáculo, esto quiere decir que es únicamente para dos pasajeros.



Figura. 2.1 Vehículo Biplaza

Fuente: (Aufan, 2012)

Un vehículo eléctrico, está conformado por un motor eléctrico es cuatro veces más eficiente que el motor de combustión interna. La tecnología existe, y la única cuestión que queda por desarrollar son las baterías que proporcionen una autonomía adecuada entre recargas a un coste razonable.

El motor eléctrico aprovecha la energía de los frenados, que normalmente se perderían a través de la disipación del calor y la fricción, mejorando notablemente la eficiencia de los vehículos tradicionales, lo que lo hace ideal para los desplazamientos urbanos

2.2 Sistema de dirección.

La dirección está formada por un volante unido a un extremo de la columna de dirección. Esta a su vez se une por el otro extremo al mecanismo de dirección alojado en su propia caja. Su misión consiste en dirigir la orientación de las ruedas, para que el vehículo tome la trayectoria deseada. Para ello utiliza una serie de elementos que transmiten el movimiento desde el volante hasta las ruedas.²

Pocos mecanismos aparentan tanta simplicidad como el de la dirección y sin embargo oculta entre los ángulos de su geometría una compleja relación entre sus componentes. Como se puede apreciar en la figura 1.8, las ruedas directrices se encuentran divergentes entre sí cuando describen una curva; este fenómeno da la impresión de ser una aberración pues las ruedas parecen dirigirse a distintas direcciones separándose una de la otra. En la figura se aclara este concepto; si se observa, la divergencia obedece al retraso que la rueda derecha tiene respecto a la izquierda, según el sentido de marcha en curva, lo que no sucede en marcha recta. También se puede observar que las trayectorias de las cuatro ruedas son paralelas entre sí al recorrer la curva, conservando siempre un centro de giro común.

Asimismo se puede apreciar que la rueda trasera describe una circunferencia de menor diámetro. El vehículo y el centro de giro se acercarán o se alejarán uno del otro en la proporción que la dirección sea girada en mayor o menor medida. En trayectoria rectilínea el centro de giro desaparece y de girarse el volante en la dirección contraria se presentará de nuevo en el lado opuesto.

² (Martínez, 2009)

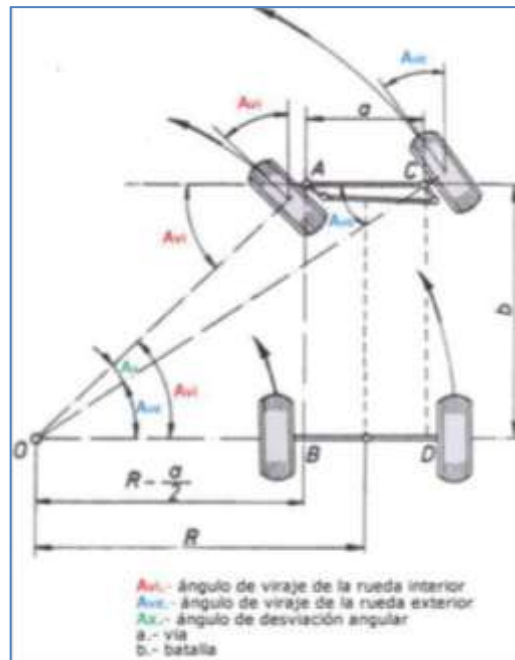


Figura. 2.2 Ángulo de viraje en la dirección

Fuente: (Artículo pdf, Sistema de dirección Mecánica virtual)

2.2.1 Disposición de los elementos sobre el vehículo.

El conjunto de elementos que intervienen en la dirección está formado por los siguientes elementos:

- Volante.
- Columna de dirección.
- Caja o mecanismo de dirección.
- Timonería de mando o brazos de acoplamiento y de mando.



Figura. 2.3 Disposición de los elementos sobre el vehículo.

Fuente: (Arpem, 2008)

2.2.2 Estudio de los órganos constructivos.

a. Volante

En funcionamiento, cuando el conductor acciona el volante unido a la columna de dirección transmite a las ruedas el ángulo de giro deseado. La caja de dirección y la relación de palancas realizan la desmultiplicación de giro y la multiplicación de fuerza necesaria para orientar las ruedas con el mínimo esfuerzo del conductor. Los brazos de mando y acoplamiento transmiten el movimiento desde la caja de dirección a las ruedas.



Figura. 2.4 Volante

Fuente: (Autoshowmagazine, 2011)

b. Columna de dirección

Está constituida por un árbol articulado que une el mecanismo de dirección con el volante.

La columna de dirección tiene una gran influencia en la seguridad pasiva. Todos los vehículos están equipados con una columna de dirección retráctil, formada por dos o tres tramos con el fin de colapsarse y no producir daños al conductor en caso de colisión.



Figura. 2.5 Columna de dirección

Fuente: (<http://www.nskeurope.es>, 2013)

c. Caja o mecanismo de dirección.

El movimiento giratorio del volante se transmite a través del árbol y llega a la caja de dirección que transforma el movimiento giratorio en otro rectilíneo transversal al vehículo.

A través de barras articuladas con rotulas, el mecanismo de dirección alojado en la caja transmite el movimiento transversal a las bieletas o brazos de acoplamiento que hacen girar las ruedas alrededor del eje del pivote.³



Figura. 2.6 Caja o mecanismo de dirección

Fuente: (Club Del Fiat, 2008)

Existen los siguientes tipos de cajas o mecanismos de dirección:

- Tornillo sinfín y rodillo.
- Tornillo sinfín y dedo.

³ (Martínez, 2009)

- Tornillo sinfín y tuerca.
- Tornillo sinfín y sector dentado.
- Tornillo sinfín y tuerca con bolas circulantes o recirculación de bolas.
- Cremallera.
- Cremallera de relación variable.
- Dirección asistida de cremallera.

d. Tirantearía de dirección.

Está constituida por un conjunto de elementos que transmite el movimiento desde el mecanismo de dirección a las ruedas.

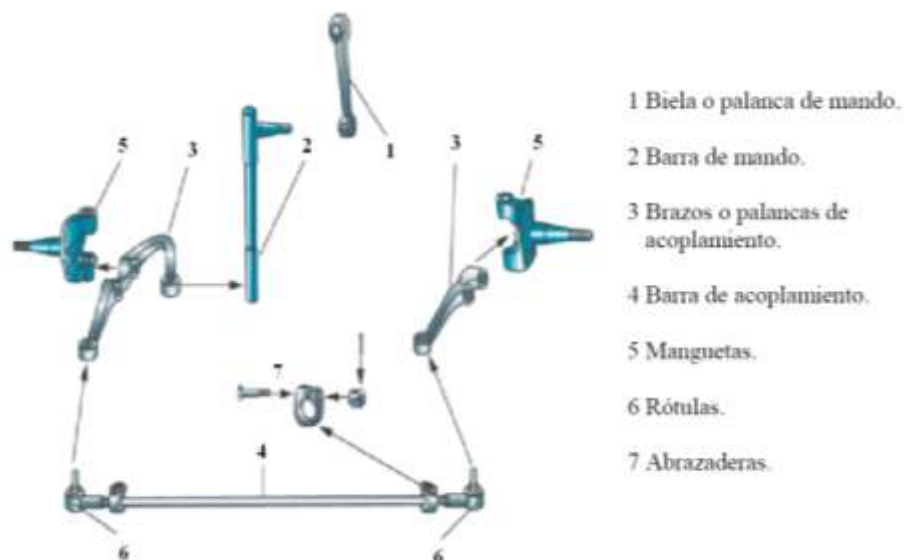


Figura. 2.7 Tirantearía de dirección

Fuente: (<http://st31sistemahidraulico.blogspot.com>, 2008)

d.1 Palanca de ataque.

Palanca o biela de mando, va unida a la salida de la caja de dirección mediante un estriado fino. Recibe el movimiento de rotación de la caja de dirección para transmitirlo, en movimiento angular, a la barra de mando.

d.2 Barra de mando.

El movimiento direccional se transmite por medio de una barra de mando unida, por un lado, a la palanca de ataque y, por el otro, a las barras de acoplamiento de la dirección. En otros sistemas el mecanismo de la dirección ataca directamente los brazos de acoplamiento de las ruedas, como ocurre en las direcciones de cremallera.

d.3 Brazos de acoplamiento.

Estos elementos transmiten a las ruedas el movimiento obtenido en la caja de la dirección y constituyen el sistema direccional para orientar las mismas.

Este sistema está formado por unos brazos de acoplamiento montados sobre las manguetas de forma perpendicular al eje de las ruedas y paralelos al terreno.

Estos brazos llevan un cierto ángulo de inclinación para que la prolongación de sus ejes coincida sobre el centro del eje trasero y tienen por misión el desplazamiento lateral de las ruedas directrices.

d.4 Barras de acoplamiento.

También se llaman bieletas de dirección. Realizan la unión de las dos ruedas por medio de una o varias barras de acoplamiento, según el sistema empleado. Las barras de acoplamiento realizan la unión de los dos brazos para que el movimiento en las dos ruedas sea simultáneo y conjunto de ambas ruedas, al producirse el desplazamiento lateral en una de ellas.

Están formadas por un tubo de acero en cuyos extremos van montadas las rotulas, cuya misión es hacer elástica entre los brazos de acoplamiento de las ruedas y adaptarlas a las variaciones de longitud producidas por las incidencias del terreno.

Sirven además para la regulación de la convergencia de las ruedas, acortando o alargando la longitud de las barras.

d.5 Rótulas.

Están constituidas por un muñón cónico en cuyos extremos tiene, por una parte, la unión roscada que permite su desmontaje y, por otra parte, una bola o esfera alojada en una caja esférica que realiza la unión elástica.

Su misión consiste en realizar la unión elástica entre la caja de dirección y los brazos de acoplamiento de las ruedas, además de permitir las variaciones de longitud para corregir la convergencia de las ruedas.

2.3 Dirección con asistencia eléctrica.

2.3.1 Descripción.

La dirección asistida EPS (Electrical Power Steering) fabricada por DELPHI es un dispositivo de servo-asistencia de la dirección que aligera el esfuerzo necesario para accionar el volante en la fase de giro, sobre todo en las maniobras a baja velocidad.

1. Dirección asistida EPS.
2. Caja de dirección mecánica.
3. Batería.
4. Centralita de derivación en el motor.
5. Centralita de derivación bajo el salpicadero.

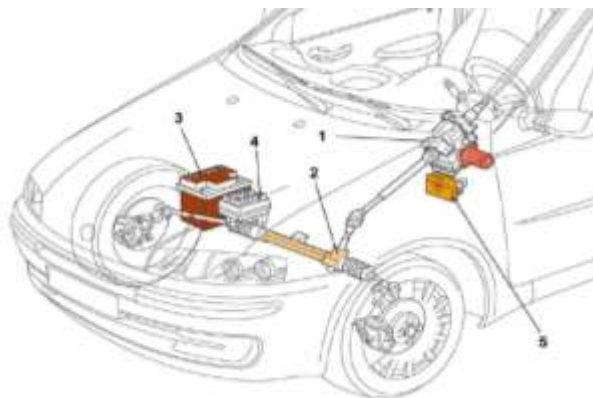


Figura. 2.8 Dirección asistida eléctrica

Fuente: (Narváez, 2009)

2.3.2 Principio de funcionamiento.

La acción de giro se produce mediante el mecanismo piñón cremallera. Al girar, la fuerza del conductor sobre el volante se añade la acción de un motor eléctrico que, mediante un acoplamiento tornillo sin fin-rueda helicoidal que lo acopla a la columna de dirección, suministra un cierto par que aligera el esfuerzo del conductor. Una centralita dirige el dispositivo de servo-asistencia de la dirección, que, midiendo el par de fuerza que se ejerce sobre el volante, la posición angular del mismo y la velocidad del vehículo, decide qué cantidad de par de fuerza debe suministrar el motor eléctrico, alimentándolo con una corriente eléctrica proporcional, haciendo girar la caña de la dirección y así proceder al movimiento en la caja de dirección piñón-cremallera.

2.4 Sistema de frenos

El propósito es el de permitir al conductor detener el vehículo con seguridad en la menor distancia posible sobre todos los tipos de condiciones y superficies del camino.

2.4.1 Principio de frenado.

Un vehículo en movimiento no se puede detener inmediatamente debido a la tendencia que tiene cualquier cuerpo de continuar moviéndose. Este principio físico se conoce como inercia y se tiene que reducir para conseguir detener el vehículo. Así como el motor convierte la energía térmica en energía cinética (también conocida como energía del movimiento) para impulsar el vehículo. Contrariamente, los frenos cambian la energía de esta moción en energía térmica para el vehículo. Generalmente, los frenos de los automóviles actúan accionando sobre un objeto fijo con presión contra un objeto en rotación. Esta acción de frenado se consigue por medio de un rozamiento, es decir, mediante la resistencia al movimiento relativo entre dos superficies en contacto, haciendo que una de ellas, estacionaria, entre en contacto con otra móvil, lo que producirá la disminución de velocidad de esta última. La acción de frenado consiste, por tanto, en absorber la energía térmica, al hacer rozar una parte móvil solidaria a las ruedas, (los tambores y discos) contra una parte fija en el vehículo (las zapatas y pastillas). El calor generado en los elementos frenantes se disipa a la atmósfera.⁴

⁴ Charlotiaux, M; Técnica del automóvil, frenos, tomo 8, Barcelona-España.

a. Aspectos Térmicos.

Un freno a fricción es esencialmente un dispositivo que absorbe la energía transformándola en calor a razón de 1 kilocaloría (kcal) por 4180 joules. Los materiales que constituyen los frenos, las balatas son muy malos conductores del calor y el calentamiento sólo afecta a una pequeña capa de la balata en la cual la temperatura puede aumentar rápidamente con peligro de "Chamuscado" superficial; prácticamente después de un golpe de freno, el 95 a 99 % del calor producido es acumulado en el tambor o en el disco. Tales cantidades de calor deben de ser evacuados tan rápidamente como sea posible a fin de que en las frenadas ulteriores el disco o el tambor puedan absorber el calor que reciben sin que aumente peligrosamente su temperatura.

2.4.2 Disposición de los elementos sobre el vehículo.

El conjunto de elementos que intervienen en el sistema de frenos para un vehículo liviano son los siguientes:

- Pedal de Freno
- Conjunto Servo Freno
- Cilindro Maestro
- Válvula Combinada
- Tambor Trasero
- Disco Delantero
- Líneas de Freno
- Latiguillo de Freno
- Caliper
- Palanca Freno de Estacionamiento.

- Cable Freno de Estacionamiento
- Compensador de Freno de estacionamiento

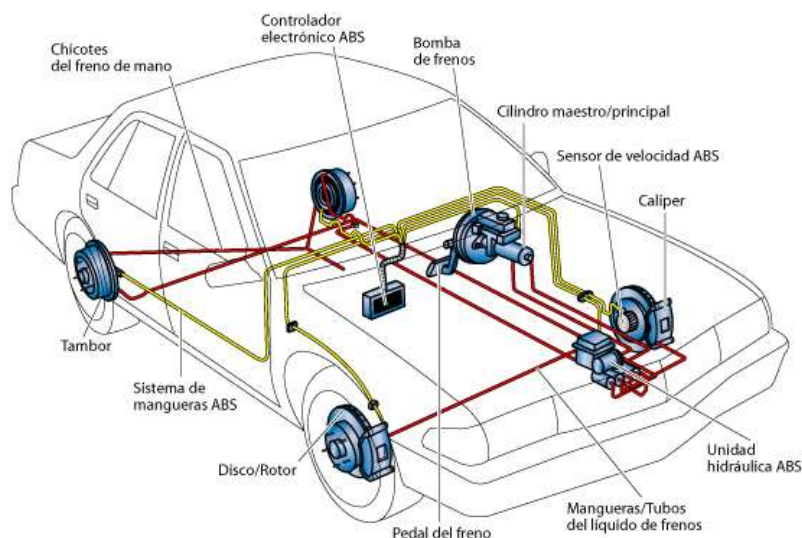


Figura. 2.9 Disposición de los elementos sobre el vehículo

Fuente: (Infomanejo, 2013)

2.4.3 Estudio de los órganos constructivos.

Pedal de freno: Pieza metálica que transmite la fuerza ejercida por el conductor al sistema hidráulico. Con el pedal se consigue hacer menos esfuerzo a la hora de transmitir dicha fuerza. El pedal de freno forma parte del conjunto “pedalera”, donde se sitúan 2 o 3 palancas de accionamiento individual que permiten manejar los principales sistemas del vehículo.

Bomba de freno: Es la encargada de crear la fuerza necesaria para que los elementos de fricción frenen el vehículo convenientemente. Al presionar la palanca de freno, se desplazan los elementos interiores de la bomba, generando la fuerza necesaria para frenar el vehículo; Básicamente, la bomba es un cilindro con diversas aperturas donde se desplaza un émbolo en su interior, provisto de un sistema de

estanqueidad y un sistema de oposición al movimiento, de tal manera que, cuando cese el esfuerzo, vuelva a su posición de reposo.

Los orificios que posee la bomba son para que sus elementos interiores admitan o expulsen líquido hidráulico con la correspondiente presión.

Cañerías: Las cañerías se encargan de llevar la presión generada por la bomba a los diferentes receptores, se caracterizan por que son tuberías rígidas y metálicas, que se convierten en flexibles cuando pasan del bastidor a los elementos receptores de presión. Estas partes flexibles se llaman “latiguillos” y absorben las oscilaciones de las ruedas durante el funcionamiento del vehículo. El ajuste de las tuberías rígidas o flexibles se realiza habitualmente con acoplamientos cónicos, aunque en algunos casos la estanqueidad se consigue a través de arandelas deformables (cobre o aluminio).

Bombines (frenos de expansión interna): Es un conjunto compuesto por un cilindro por el que pueden desplazarse uno o dos pistones, dependiendo de si el bombín es ciego por un extremo o tiene huecos por ambos lados (los dos pistones se desplazan de forma opuesta hacia el exterior del cilindro).

Los bombines receptores de la presión que genera la bomba se pueden montar en cualquiera de los sistemas de frenos que existen en la actualidad.

2.4.4 Tipos de sistemas de frenos

a. Frenos Mecánico

a.1 Constitución y funcionamiento

Básicamente están constituidos por los siguientes elementos:

1. Pedal de freno.
2. Varillas.
3. Eje transversal.
4. Palanca de levas.
5. Palanca de freno de mano.
6. Leva de accionamiento de patines de freno.
7. Patines de freno.
8. Tambor.

En el sistema de freno mecánico, la fuerza aplicada al pedal se transmite a los patines de freno de las diversas ruedas, por medio de varillas o cables (piolas), logrando de esta forma abrirlas y, mediante las balatas de éstas, trabar los tambores de las ruedas.

Antiguamente, el sistema de frenos mecánicos era el más utilizado, pero debido a que los vehículos actuales desarrollan velocidades mayores y principalmente la dificultad de mantener una presión pareja de frenado en las ruedas, fue necesario reemplazarlos por frenos hidráulicos o freno neumáticos.

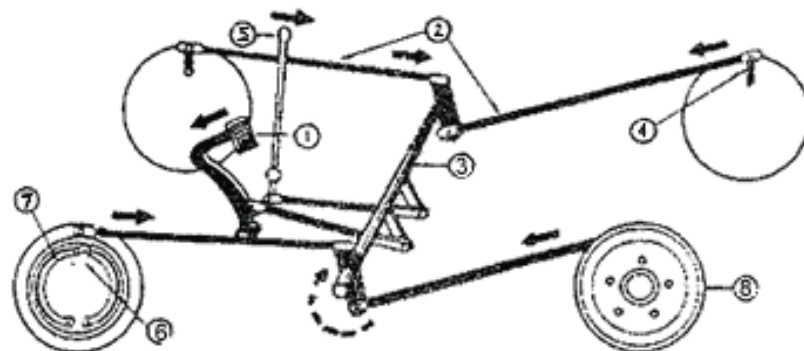


Figura. 2.10 Frenos Mecánico

Fuente: (Encrypted, 2012)

b. Frenos hidráulicos

Se dividen en dos clasificaciones: Los sistemas hidráulicos y los basados en materiales de fricción. En los primeros, cuando el freno del vehículo es presionado un cilindro maestro dentro del motor, se encarga de impulsar líquido de frenos a través de un tubo hasta los frenos situados en las ruedas, la presión ejercida por dicho líquido produce la fuerza necesaria para detener el auto.

Por otro lado las pastillas son piezas metálicas o de cerámica capaces de soportar altas temperaturas y se encargan de crear fricción contra una superficie fija (tambores o discos), logrando así que el auto frene. Las pastillas son piezas que sufren desgaste físico que deber ser revisado y cambiarse en forma periódica.

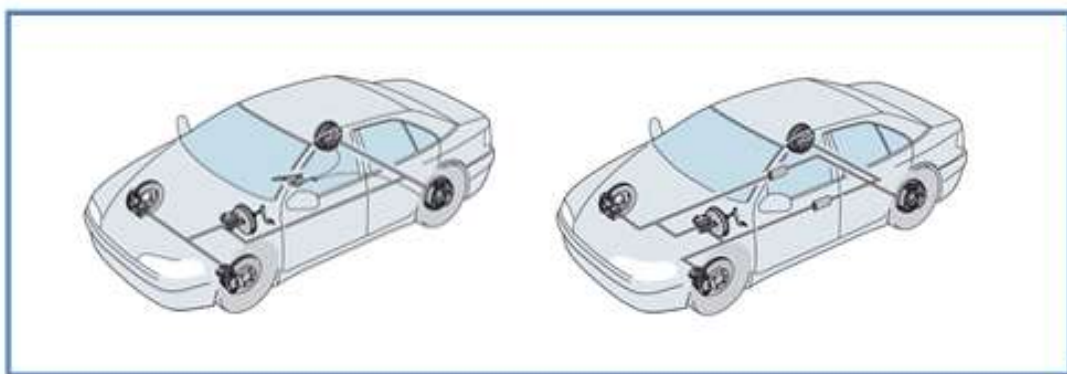


Figura. 2.11 Disposición de los frenos hidráulicos A. Diagonal B. Paralela

Fuente: (Artículo de Boch, Frenos)

c. Frenos de disco

Consisten en un rotor sujeto a la rueda y un caliper que sujeta las pastillas de freno. La presión hidráulica ejercida desde el cilindro maestro provoca la presión del pistón sobre las pastillas por ambos lados del rotor, esto crea suficiente fricción entre ambas piezas para producir un descenso de la velocidad y detener el auto.



Figura. 2.12 Sistema de frenos de disco

Fuente: (Bremsanlage, 2005)

d. Frenos de tambor

Constan de un tambor metálico sujeto a la rueda, un cilindro de rueda, pastillas y resortes de regreso. La presión hidráulica ejercida desde el cilindro maestro causa que el cilindro de rueda presione las pastillas contra las paredes interiores del tambor produciendo el descenso de velocidad correspondiente. En la actualidad estos tipos de frenos se utilizan en las ruedas traseras y con ciertos vehículos, ya que los frenos de disco gozan de una mayor fuerza de frenado por lo que se utilizan en la mayoría de los automóviles como frenos delanteros.



Figura. 2.13 Componentes de un freno de tambor

Fuente: (Artículo Boch, Frenos)

e. Frenos ABS

Anti-Lock Brake System o Sistema Antibloqueo de Frenos: Es un mecanismo instalado en el sistema de frenado de los vehículos que impide la inmovilización de las ruedas cuando el conductor aplica el freno de manera brusca. Cada llanta cuenta con un sensor que determina las revoluciones y detecta cuando alguna rueda disminuye la cantidad de giros en comparación con un valor predeterminado. Este sistema ordena la disminución de la fuerza del frenado e impide el bloqueo.

f. Freno de mano

También conocido como freno de estacionamiento: Evita que el auto se ponga en movimiento por sí solo, este sistema puede ser utilizado como freno de emergencia durante la marcha del vehículo. Consiste en una palanca o pedal que se encuentra al alcance del conductor; unida mediante un cable metálico a la leva de freno que al accionarlo, las levas ejercen presión sobre las pastillas de las ruedas traseras originando el frenado, que en caso de producirse mientras el vehículo está en movimiento puede ser bastante brusco.

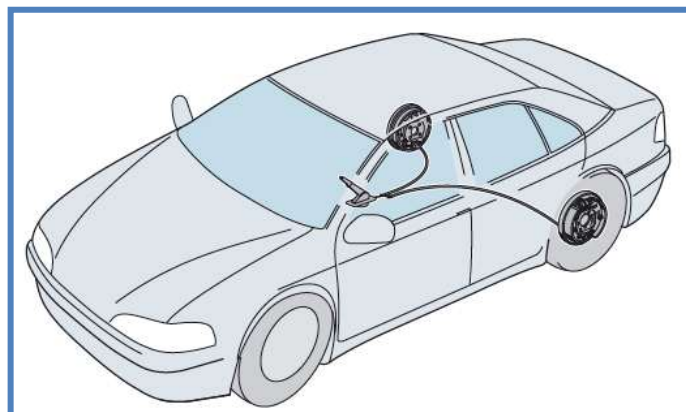


Figura. 2.14 Sistema de frenos de estacionamiento

Fuente: (Fundacioncse, 2011)

2.5 Sistema de suspensión.

Su función es la de suspender y absorber los movimientos bruscos que se producirían en la carrocería, por efecto de las irregularidades que presenta el camino, proporcionando una marcha suave, estable y segura. Para lograr dicha finalidad estos componentes deben ir entre el bastidor (carrocería) y los ejes donde van las ruedas. Se denomina suspensión al conjunto de elementos que se interponen entre los órganos suspendidos y no suspendidos. Existen otros elementos con misión amortiguadora, como los neumáticos y los asientos. Los elementos de la suspensión han de ser lo suficientemente resistentes y elásticos para aguantar las cargas a que se ven sometidos sin que se produzcan deformaciones permanentes ni roturas y también para que el vehículo no pierda adherencia con el suelo.



Figura. 2.15 Sistema de suspensión de un vehículo⁵

Fuente: (Chacon, 2009)

2.5.1 Tipos de oscilaciones que se presentan en un vehículo.

De marcha: Oscilaciones rectilíneas en sentido del eje longitudinal del vehículo.

Transversal: Oscilaciones rectilíneas en sentido del eje transversal.

Vertical: Oscilaciones rectilíneas en sentido del eje vertical.

Balanceo: Oscilaciones giratorias alrededor del eje longitudinal.

Cabeceo: Oscilaciones giratorias alrededor del eje transversal.

⁵ CHACON, Víctor.: “Diseño de una suspensión para un vehículo basado en amortiguadores magneto-reológicos”, Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, 2009

Zigzag: Oscilaciones giratorias alrededor del eje vertical.

Derrape: Zigzag con resbalamiento de varios neumáticos sobre la calzada.

Traqueteo: Oscilaciones giratorias de ejes rígidos alrededor de un eje de giro paralelo al eje longitudinal (ejemplo eje cardán).

Shimmy: Oscilaciones giratorias de las ruedas de la dirección alrededor de los pivotes de la dirección.

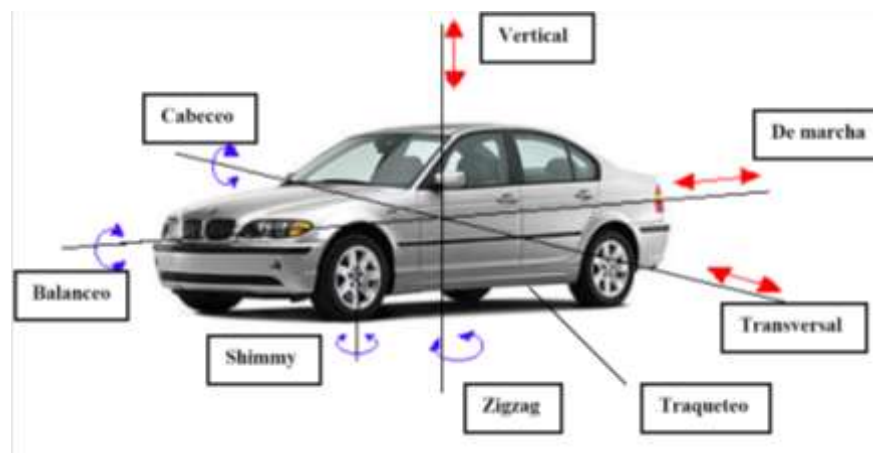


Figura. 2.16 Tipos de oscilaciones que se presentan en un vehículo⁶

Fuente: BOSCH: ("Manual de la Técnica del Automóvil". 2ª Edición. Editorial Reverté, S.A., Barcelona España, 1990)

2.5.2 Disposición de los elementos sobre el vehículo.

2.5.3 Estudio de los órganos constructivos.

a. Resortes o Muelles

Son elementos colocados entre el bastidor y lo más próximo a las ruedas, que recogen directamente las irregularidades del terreno, absorbiéndolas en forma de deformación. Tienen buenas propiedades elásticas y absorben la energía mecánica, evitando deformaciones indefinidas. Cuando debido a una carga o una irregularidad

⁶ BOSCH: "Manual de la Técnica del Automóvil". 2ª Edición. Editorial Reverté, S.A., Barcelona España, 1990

del terreno el muelle se deforma, y cesa la acción que produce la deformación, el muelle tenderá a oscilar, creando un balanceo en el vehículo que se reduce por medio de los amortiguadores.

Existen de 3 tipos:

Ballestas: Están compuestas por una serie de láminas de acero resistente y elástico, de diferente longitud, superpuestas de menor a mayor, y sujetas por un pasador central llamado “perno-capuchino”. Para mantener las láminas alineadas llevan unas abrazaderas. La hoja más larga se llama “maestra”. Termina en sus extremos en dos curvaturas formando un ojo por el cual, y por medio de un silemblock⁷ de goma, se articulan en el bastidor. Mediante los abarcones, se sujetan al eje de la rueda. En uno de sus extremos se coloca una gemela, que permite el desplazamiento longitudinal de las hojas cuando la rueda coja un obstáculo y, en el otro extremo va fijo al bastidor.

El silemblock consiste en dos casquillos de acero entre los que se intercala una camisa de goma.

Si la ballesta es muy flexible se llama blanda, y, en caso contrario, dura; usándose una u otra según el peso a soportar. Las ballestas pueden utilizarse como elemento de empuje del eje al bastidor. Para evitar que el polvo o humedad, que pueda acumularse en las hojas, llegue a “soldar” unas a otras impidiendo el resbalamiento entre sí y, por tanto, la flexibilidad, se recurre a intercalar entre hoja y hoja láminas de zinc, plástico o simplemente engrasarlas.

Suelen tener forma sensiblemente curvada y pueden ir colocadas longitudinalmente o en forma transversal, esta última forma es empleada en la

⁷ Elemento anti-vibratorio, hecho de un material flexible o elastómero, suele estar fabricado con caucho o tejido de hilo de acero inoxidable, que le permite absorber vibraciones y choques que involucran componentes mecánicos y la estructura sobre la que está apoyado. Al absorber los choques y las vibraciones elimina los ruidos, y el nombre de la pieza se relaciona con este aspecto.

suspensión por ruedas independientes, siendo necesario colocar en sus extremos las gemelas.

Existen ballestas llamadas “parabólicas”, en las cuales las hojas no tienen la misma sección en toda su longitud. Son más gruesas por el centro que en los extremos. Se utilizan en vehículos que soportan mucho peso.



Figura. 2.17 Ballestas

Fuente: (Aficionadosalamecanica, 2002)

Muelles helicoidales: Otro medio elástico en la suspensión. No puede emplearse como elemento de empuje ni de sujeción lateral, por lo que es necesario emplear bielas de empuje y tirantes de sujeción. Con el diámetro variable se consigue una flexibilidad progresiva; también se puede conseguir con otro muelle interior adicional. La flexibilidad del muelle será función del número de espiras, del diámetro del resorte, del espesor o diámetro del hilo, y de las características elásticas del material. Las espiras de los extremos son planas, para favorecer el acoplamiento del muelle en su apoyo. Los muelles reciben esfuerzos de compresión, pero debido a su disposición helicoidal trabajan a torsión.⁸

⁸ IGLESIAS, Guillermo. “Estabilidad de suspensiones”. Grupo de Física de Interfaces y sistemas Coloidales. Universidad de Granada, 2010



Figura. 2.18 Muelles helicoidales

Fuente: (1.bp.blogspot, 2002)

Barra de torsión: Medio elástico, muy empleadas, en suspensiones independientes traseras en algunos modelos de vehículos. También son empleadas en la parte delantera. 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. El esfuerzo aplicado no debe sobrepasar el límite de elasticidad del material de la barra, para evitar la deformación permanente. Su montaje se puede realizar transversal o longitudinalmente. La sección puede ser cuadrada o cilíndrica, siendo esta última la más común. Su fijación se realiza mediante un cubo estriado.⁹

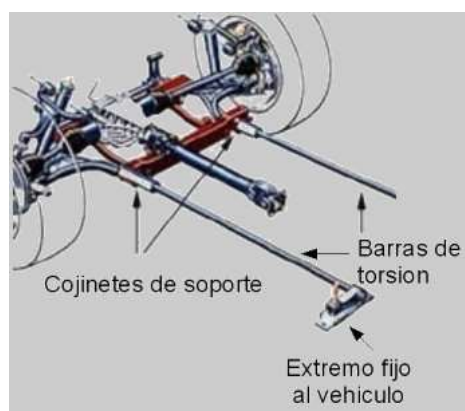


Figura. 2.19 Barra de Torsión

Fuente: (sabelotodo, 2012)

⁹ LÓPEZ Mayo Alberto.: "DISEÑO DE UNA SUSPENSIÓN SEMIACTIVA MEDIANTE QFT" Ingeniería de Control Robusto, Master IMAC,2004

Amortiguadores:

La deformación del medio elástico, como consecuencia de las irregularidades del terreno, da lugar a unas oscilaciones de todo el conjunto. Cuando desaparece la irregularidad que produce la deformación y, de no frenarse las oscilaciones, haría balancear toda la carrocería. Ese freno, en número y amplitud, de las oscilaciones se realiza por medio de los amortiguadores. Los amortiguadores transforman la energía mecánica del muelle en energía calorífica, calentándose un fluido contenido en el interior del amortiguador al tener que pasar por determinados pasos estrechos. Pueden ser de fricción o hidráulicos, aunque en la actualidad sólo se usan estos últimos. Los hidráulicos, a su vez pueden ser giratorios, de pistón o telescópicos; aunque todos están basados en el mismo fundamento. El más extendido es el telescópico.

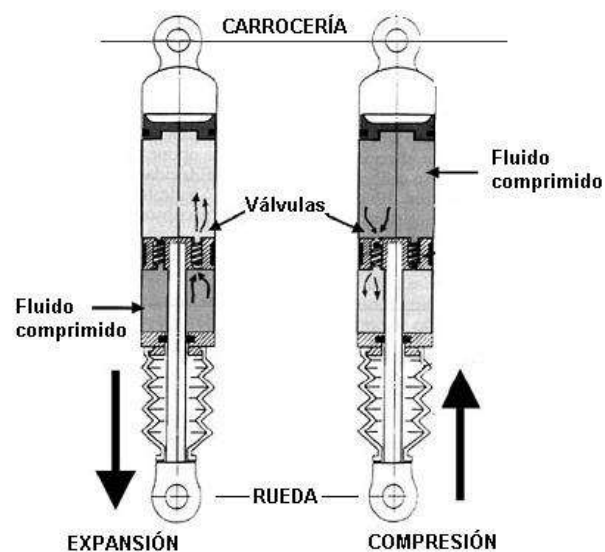


Figura. 2.20 Constitución de un Amortiguador

Fuente: (1.bp.blogspot, 2002)

b. Barra estabilizadora

Barra estabilizadora: Al tomar las curvas con rapidez el coche se inclina, hacia el lado exterior, obligado por la fuerza centrífuga. Para contener esa tendencia a inclinarse se emplean los estabilizadores, que están formados por una barra de acero doblada abiertamente. Por el centro, se une al bastidor mediante unos puntos de apoyo sobre los que puede girar; por sus extremos se une a cada uno de los brazos inferiores de los trapecios. La elasticidad del material trata de mantener los tres lados en el mismo plano. Al tomar una curva, uno de los lados recibe más peso que el otro y trata de aproximarse a la rueda; la barra se torsiona por este peso y ese mismo esfuerzo se transmite al otro brazo, tratando de mantener ambos lados de la carrocería a la misma distancia de las ruedas, con lo que se disminuye la inclinación al tomar las curvas.

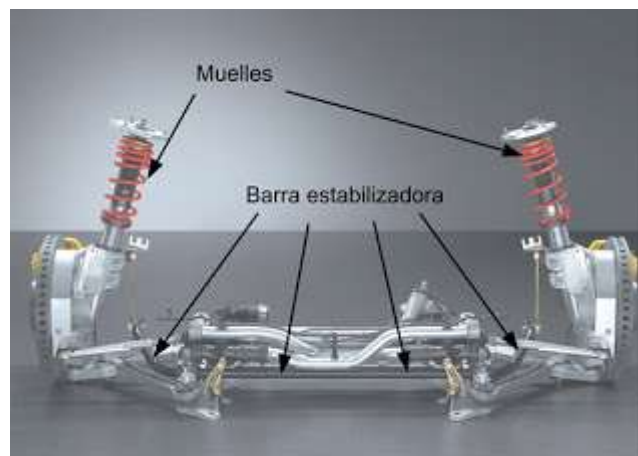


Figura. 2.21 Barra estabilizadora

Fuente: (1.bp.blogspot, 2002)

c. Otros elementos

Bandejas: su finalidad es controlar los movimientos longitudinales de las ruedas, por efecto de las salidas y frenadas fuertes, además permitir libremente los movimientos verticales de las ruedas, por las irregularidades que presenta el camino.

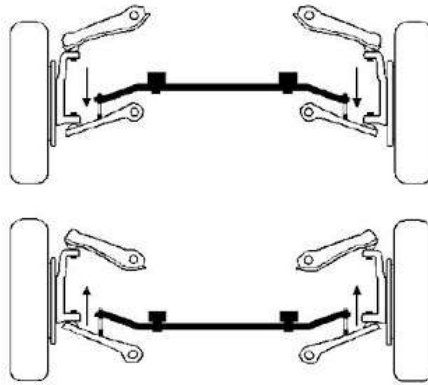


Figura. 2.22 bandejas

Fuente: (<http://1.bp.blogspot.com>, 2012)

Topes de gomas: tiene como finalidad evitar los golpes directos de metal con metal, cuando las oscilaciones pasan de los rangos normales.



Figura. 2.23 Topes de gomas

Fuente: (<http://1.bp.blogspot.com>, 2012)

Rótulas: tiene por finalidad permitir libremente los movimientos verticales de las ruedas, como también los movimientos angulares de la dirección.



Figura. 2.24 Rotula de suspensión

Fuente: (Euro4x4parts, 2012)

Tensor o barra tensora: su finalidad es la de controlar los movimientos longitudinales, cuando en lugar de bandeja traen brazo de suspensión.

Candados: tienen por finalidad permitir la libre extensión de las hojas aceradas del paquete de resortes, como también su curvatura.

2.5.4 Tipos de suspensión.

a. Suspensiones para eje rígido

Los vehículos de propulsión trasera con puente rígido, emplean para la suspensión ballestas o muelles, apoyados sobre las trompetas de los mismos, y amortiguadores telescópicos unidos en su parte superior a la carrocería o bastidor. El montaje de las ballestas puede realizarse longitudinalmente o transversalmente.

Uno de los inconvenientes de las ballestas es su tendencia a la deformación, bajo los esfuerzos originados en las aceleraciones y frenados, cuando se usan como elementos de empuje en la propulsión.

Como los ejes rígidos transmiten los rebotes y oscilaciones de una rueda a la otra con movimientos pendulares de la carrocería, para mantener el eje en posición y la carrocería estable, se coloca un tirante transversal unido por un lado del puente y por

el otro a la carrocería, de una forma pivotante, actuando, por consiguiente, como una barra estabilizadora.¹⁰



Figura. 2.25 Suspensiones para eje rígido

Fuente: (Wikipedia, 2012)

b. Suspensiones independientes.

Eje independiente para cada una de las ruedas. Los golpes, trepidaciones y desniveles del camino, que afectan a una rueda NO afectan a la otra del mismo eje.

b.1 Suspensión con ballesta y brazo articulado.

Este tipo de montaje (como muestra la figura 2.26) está constituido por una ballesta colocada longitudinalmente, haciendo la función de muelle, un amortiguador y una barra estabilizadora, sujetos al chasis a través de unos candados.

¹⁰ LÓPEZ Mayo Alberto.: “DISEÑO DE UNA SUSPENSIÓN SEMIACTIVA MEDIANTE QFT” Ingeniería de Control Robusto, Master IMAC, 2004



Figura. 2.26 Suspensión con ballesta y brazo articulado.

Fuente: (Hisinsa, 2001)

b.2 Suspensión por trapecio articulado.

Este sistema (como muestra la figura 2.27) está constituido por dos trapecios o brazos oscilantes unidos al travesaño o puente de suspensión, sobre la que se apoya la carrocería. En los vértices de estos trapecios se unen la mangueta a través de dos rótulas. Entre el trapecio inferior y el travesaño o carrocería, se coloca el resorte helicoidal en unos huecos que llevan para el asiento del muelle y se amarra el amortiguador que va instalado por el interior del mismo. Al trapecio inferior y al travesaño se fija la barra estabilizadora con interposición de tacos de goma.

La disposición de todo el conjunto, condiciona el comportamiento de las ruedas cuando el vehículo pasa sobre las irregularidades del terreno que, a su vez, afectan a la dirección, estabilidad y desgaste de los neumáticos.

Si los trapecios son de igual longitud ocurre que, al subir y bajar en los baches, las ruedas se mantienen en la verticalidad y en las curvas se inclinan hacia fuera, acompañando a la carrocería y disminuyendo su superficie de contacto. En los diseños modernos los brazos no son paralelos ni de igual longitud, ya que el superior es más corto, con lo que la rueda, al tomar los baches, se inclina ligeramente hacia adentro. Esto mejora su comportamiento en las curvas, ya que al inclinarse hacia

fuera por efecto del peso, contrarresta este ángulo manteniéndolo perpendicular al suelo y evitando así el desgaste irregular de los neumáticos.

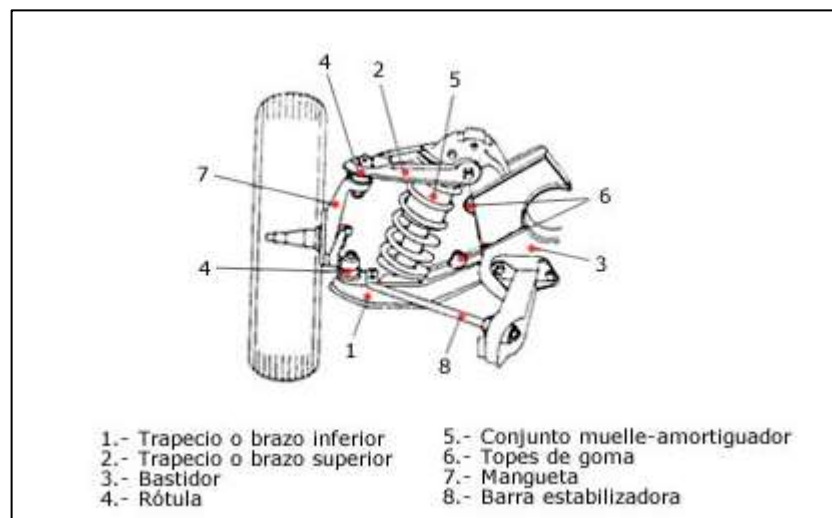


Figura. 2.27 Suspensión por trapecio articulado.

Fuente: (Gstatic, 2009)

b.3 Sistema de suspensión de semiejes oscilantes.

En los vehículos de propulsión con o sin motor trasero que efectúan la transmisión por medio de semiejes oscilantes, si éstos van protegidos por un tubo que pivota sobre la carcasa del diferencial, la suspensión se realiza apoyando sobre estos tubos los muelles o ballestas y la unión del amortiguador. Se acoplan también tirantes de empuje de forma análoga que para los puentes rígidos. Como en estos casos el grupo motopropulsor o grupo cónico va amarrado a la carrocería, no hay desplazamiento lateral y no necesitan, por tanto, la barra transversal para mantener el puente en equilibrio.

Otros sistemas empleados para semiejes desnudos son los brazos arrastrados y brazo semiarrastrado, en los que cada rueda trasera se apoya en unos brazos articulados unidos al bastidor y sobre los que se apoyan los muelles y amortiguadores.

En el sistema de brazo arrastrado, éstos van montados sobre pivotes que forman ángulos rectos con el eje longitudinal del vehículo, haciendo la unión del bastidor a las ruedas. Este sistema mantiene las ruedas firmemente en posición, al tiempo que les permite un movimiento oscilante de subida y bajada.

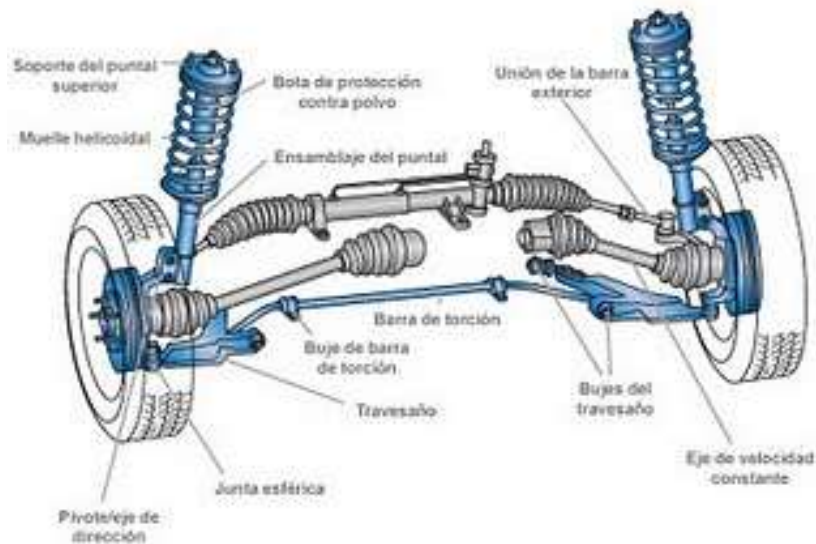


Figura. 2.28 Sistema de suspensión de semiejes oscilantes.

Fuente: (Gstatic, 2009)

b.4 Suspensión tipo Mc Pherson.

Este tipo de suspensión adoptado en la mayoría de los automóviles modernos, se adopta en algunos coches ingleses y se le denomina con el nombre de Mc Pherson, en lugar de brazo oscilante llevan un brazo único, tirante de arrastramiento y soporte telescópico en cada rueda delantera acoplado a la parte superior de la mangueta.

En el interior de este tubo se acopla el amortiguador y el muelle se asienta sobre dos cazoletas, una solidaria al tubo y la otra apoyada en la carrocería. Se trata de una unión elástica.

Este sistema se caracteriza por resultar mecánicamente muy sencillo y, al ser ligeras sus partes móviles, contribuye a que las ruedas superen las irregularidades del terreno sin mucha variación en el ángulo que forman con el mismo.

Con este montaje es imprescindible que la carrocería sea más resistente en los puntos donde se fijan los soportes telescópicos, con objeto de absorber los esfuerzos transmitidos por la suspensión.

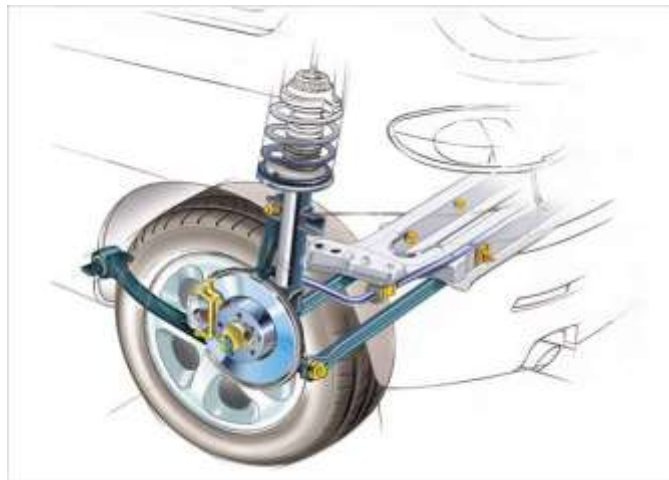


Figura. 2.29 Suspensión tipo Mc Pherson.

Fuente: (Autocosmos, 2010)

b.5 Suspensión con barras de torsión.

En este sistema, se sustituyen los muelles helicoidales por barras de torsión independientes para cada rueda. Se compone de un brazo oscilante fijado al tubo, que se articula y une al chasis por medio de los soportes. En el interior del tubo, se aloja la barra de torsión, unida al propio tubo por un extremo, y por el otro se fija al soporte por medio de uniones estriadas. Este soporte, a su vez, está anclado al chasis.

En otros casos, las barras de torsión de ambos lados quedan en prolongación una de otra, emplazadas en el interior del eje trasero, formado por los tubos, que se incrusta uno en el otro, apoyándose en los cojinetes de fricción. Cada uno de los

brazos de suspensión, que se articulan en los soportes por medio de casquillos elásticos. Estos soportes, a su vez, están fijados al chasis y a ellos se estrían las barras de torsión por su extremo exterior, mientras por el interior se estrían a sus respectivos tubos.



Figura. 2.30 Suspensión con barras de torsión.

Fuente: (<http://www.km77.com>, 2004)

b.6 Suspensión Pushrod y Pullrod:

Ambas suspensiones son muy similares: la rueda se conecta al conjunto muelle amortiguador (y demás componentes de la suspensión como la barra estabilizadora) mediante un único brazo; pero mientras en un caso el brazo está sometido a esfuerzos de tracción (pull: tirar, como un tirante, FIGURA.2.31), en el otro caso está sometido a esfuerzos de compresión (push: empujar, Figura.2.32). En las siguientes imágenes se puede apreciar las notables similitudes y diferencias.¹¹

¹¹ Barry, F. (2006). Steering System and Suspension Design for a Formula SAE-A Racer. Queensland: University of Southern Queensland, Faculty of Engineering & Surveying.

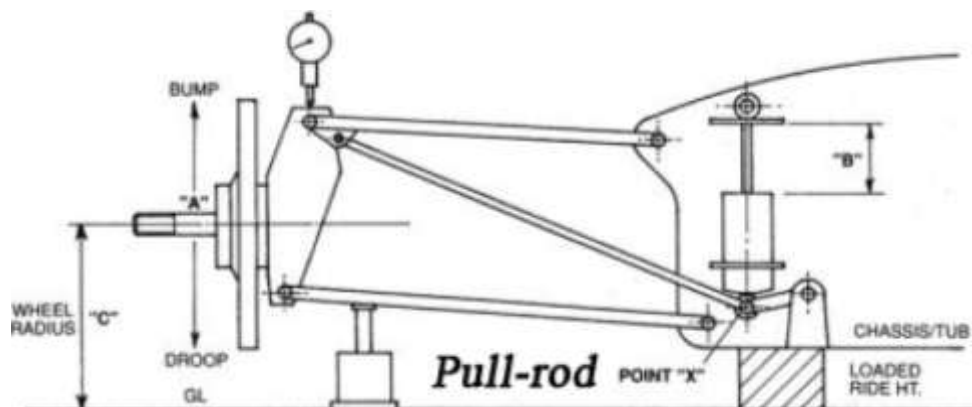


Figura. 2.31 Suspensión tipo Pull-rod.

Fuente: (formulaf1, 2010)

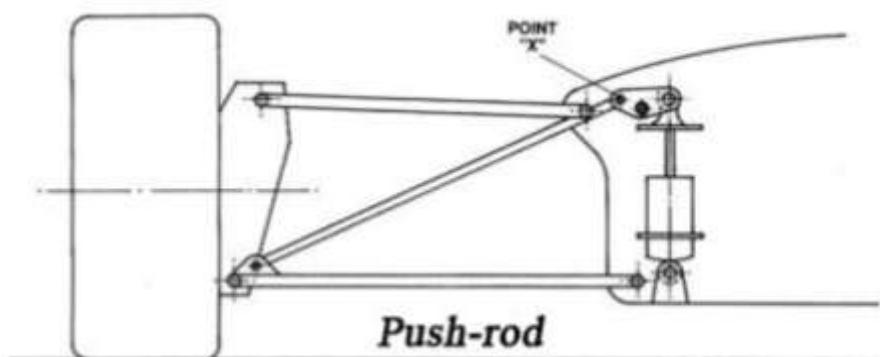


Figura. 2.32 Suspensión tipo Push-rod

Fuente: (formulaf1, 2010)

c. Sistemas de suspensión conjugados.

Estos sistemas consisten en intercomunicar la suspensión delantera con la trasera de cada lado del vehículo, con lo que se consigue una gran reducción en el cabeceo del coche (balanceo anteroposterior) manteniendo el vehículo nivelado en cualquier posición de las ruedas, lo que se traduce en una mayor comodidad para el conductor y ocupantes del mismo.

Entre los sistemas más destacados hoy día en el mercado se pueden citar los siguientes:

- Sistema Hydrolastic.
- Sistema de unión mecánica por muelles.

c.1 Sistema Hydrolastic.

Este sistema de funcionamiento hidráulico, empleado principalmente por la casa Austin Morris, consiste en disponer para cada rueda una unidad de suspensión independiente que desempeña las funciones de muelle y amortiguador. Esta unidad es fijada al bastidor y va unida a los elementos de suspensión (brazos) de cada rueda. Una tubería une las unidades, delantera y trasera de cada lado del vehículo, con el fin de que el fluido (generalmente aceite) que llena las cámaras pase de una unidad a la otra.

La cámara que media entre el muelle de goma y el diafragma está dividida por una campana metálica que lleva una válvula bidireccional de goma.

Los elementos de suspensión se apoyan unidos a los brazos de la rueda por medio de rótulas flotantes que absorben las variaciones de altura a que está sometida la suspensión.

El sistema se deteriora por pérdida de líquido en las conducciones, el brazo de suspensión con su empujador quedaría apoyado sobre la masa de goma del elemento elástico pero sin amortiguador. En estas condiciones, el vehículo podría circular por un terreno llano con toda seguridad hasta ser reparada la avería.

c.2 Suspensión Hidroneumática

Esta suspensión combina un sistema mixto de elementos hidráulicos y neumáticos que garantiza una suspensión suave y elástica, facilitando además, la nivelación de la carrocería de forma automática. Esta suspensión proporciona la confortable sensación de "flotar", una gran estabilidad, que hace que apenas se noten las desigualdades del terreno y también un notable agarre de las ruedas al mismo.

Este tipo de suspensión tiene como principio la utilización de unas esferas que

tienen en su interior un gas (nitrógeno) que es compresible y que se encuentran situadas en cada una de las ruedas. La función que realiza el gas es la del resorte y este es comprimido por la acción de un líquido LHM (líquido hidráulico mineral) que recorre un circuito hidráulico que comunica cada una de las cuatro ruedas.



Figura. 2.33 Suspensión Hidroneumática

Fuente: (<https://encrypted-tbn3.gstatic.com>, 2009)

c.3 Suspensión neumática.

Este tipo de suspensión se está utilizando desde hace pocos años sobre todo en vehículos de alta gama. La suspensión neumática basa su funcionamiento en las propiedades que ofrece el aire sometido a presión. En esta suspensión, se sustituye el resorte mecánico (muelle, ballesta o barra de torsión) por un fuelle o cojín de aire que varía su rigidez.

La suspensión neumática permite:

- Adaptar la carrocería a distintas alturas en función de las necesidades de marcha.
- Adaptar la suspensión y la amortiguación a la situación de la calzada y a la forma de conducir.

- Se caracteriza por su elevada flexibilidad, notable capacidad de amortiguación de las vibraciones y por la autorregulación del sistema que permite mantener constante la distancia entre el chasis y la superficie de carretera independientemente de la carga presente en el vehículo. La suspensión neumática es un sistema complejo y de costo elevado, ya que integra numerosos componentes y necesita de una instalación de aire comprimido para su funcionamiento. Esta suspensión es muy utilizada en vehículos industriales (autobuses, camiones, etc.). Automóviles que utilizan esta suspensión tenemos: Audi A8, Mercedes de la Clase E, S, R, etc. y algunos todo terreno como el VW Tuareg, el Range Rover y el Audi Q7 entre otros.

La suspensión neumática se puede aplicar tanto en el eje trasero o integral a las cuatro ruedas. Con esta suspensión se puede variar la altura de la carrocería manual o automáticamente en función de la velocidad, de las características de la calzada y el estilo de conducción. Se conecta o desconecta la suspensión en las patas telescópicas con un volumen de aire adicional.

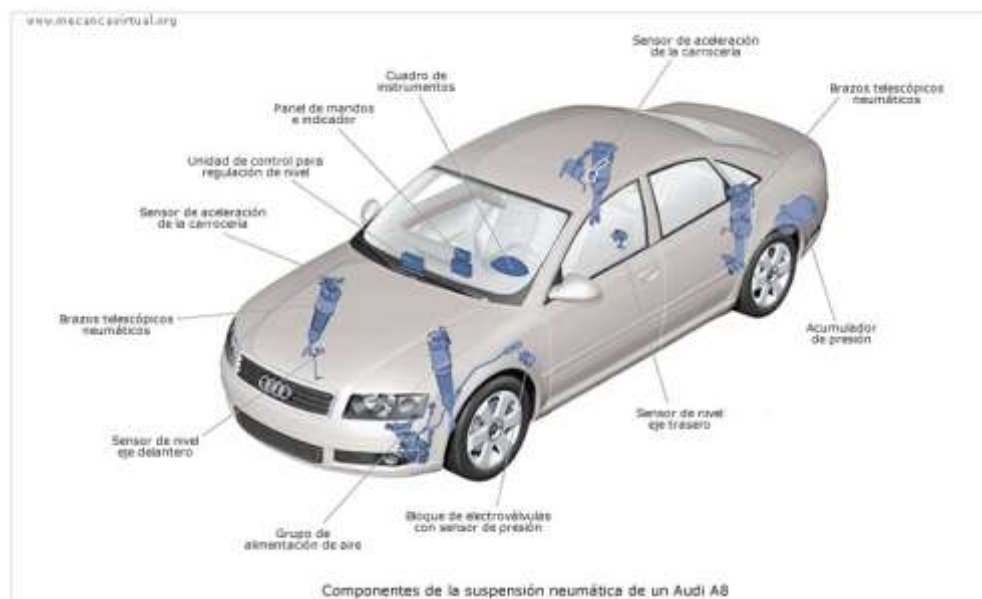


Figura. 2.34 Suspensión neumática.

Fuente: (encrypted, 2010)

2.6 Sistema de plegado.

Como plan para el sistema plegado se tiene tres opciones:

- Sistema hidráulico.
- Sistema moto-propulsor.
- Sistema eléctrico

Estos son las opciones más potenciales a ser usadas.

Para el primer caso (sistema hidráulico), los elementos son fáciles conseguir en nuestro medio pero, son costosos, disminuye espacio y acumula más peso, los elementos deben ser lo más liviano posible.

En la opción 2 el sistema moto-propulsor, esta constituidos de elementos que son parte de algunos de los sistemas que forman el vehículo eléctrico; por este motivo esta es la tentativa más potencial a realizar para lograr el objetivo del plegado de auto.

La opción del sistema eléctrico, consta de un actuador eléctrico el mismo que es el encargado de arrastrar la llanta posterior cuando el vehículo se encuentre detenido.

2.6.1 Misión del plegado en el vehículo eléctrico biplaza

La misión de este sistema es que el vehículo se contraiga reduciendo el tamaño del auto, de esta manera reducir el aparcamiento, para así optimizar el lugar de parqueo.

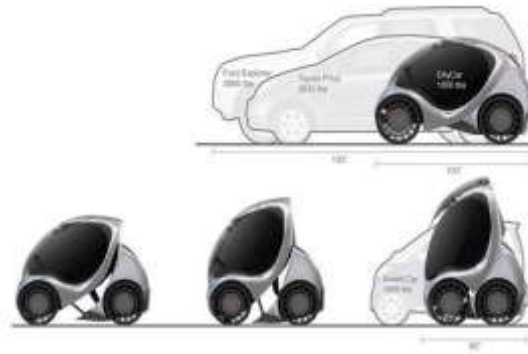


Figura. 2.35 Plegado en el vehículo eléctrico biplaza

Fuente: (4.bp.blogspot, 2012)

2.6.2 Estudio de los órganos constructivos.

Se detallará los elementos constructivos de las dos opciones planteadas anteriormente.

a. Órganos constructivos del Sistema Hidráulico.

a.1 Bomba hidráulica:

Dispositivo que transforma la energía mecánica en hidráulica, es decir, realizan un trabajo para mantener un líquido en movimiento. Consiguiendo así aumentar la presión o energía cinética del fluido.

El impulsor crea una corriente de succión a la entrada, introduciendo el fluido en su interior y lo empuja hacia el circuito hidráulico.



Figura. 2.36 Bomba Hidráulica

Fuente: (deimagenesyfotos, 2012)

a.2 Actuador hidráulico

Los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren demasiado equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico.¹²



Figura. 2.37 Actuador hidráulico

Fuente: (Catalogo “DIPRAX SL. Equipos hidráulicos estándar”, 2012)

¹²Headquarters, “Hydraulics, Field manual FM 5-499”, Department of the Army Washington, 1997.

a.3 Depósito de fluido hidráulico

La principal función del **depósito o tanque hidráulico** es almacenar aceite, aunque no es la única. El tanque también debe eliminar el calor y separar el aire del aceite. Los tanques deben tener resistencia y capacidad adecuadas, y no deben dejar entrar la suciedad externa. Los dos tipos principales de tanques hidráulicos son: tanque presurizado y tanque no presurizado. La figura muestra los componentes del depósito hidráulico.¹³



Figura. 2.38 Depósito de fluido hidráulico

Fuente: (nauticexpo, 2009)

¹³ Mataix, Claudio. “Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas”, 2ª. Edición. México , 1982.

a.4 Válvulas direccionales.

La válvula direccional de corredera se utiliza para conmutar la dirección del flujo en un actuador.



Figura. 2.39 Válvula direccional

Fuente: (hawe.cohimar, 2013)

a.5 Filtro.

Un **filtro hidráulico** es el componente principal del sistema de filtración de una máquina hidráulica, de lubricación o de engrase. Estos sistemas se emplean para el control de la contaminación por partículas sólidas de origen externo y las generadas internamente por procesos de desgaste o de erosión de las superficies de la maquinaria, permitiendo preservar la vida útil tanto de los componentes del equipo como del fluido hidráulico.¹⁴



Figura. 2.40 filtro hidráulico

Fuente: (directindustry, 2009)

¹⁴ Headquarters, "Hydraulics, Field manual FM 5-499", Department of the Army Washington, 1997.

b. Órganos constructivos del sistema moto-propulsor (mecánico)

Esta opción tiene como objetivo usar el propio sistema de propulsión del vehículo para realizar el plegado.

b.1. Motor eléctrico.- Este tiene como fin dar el torque y potencia para plegar al vehículo.



Figura. 2.41 Motor eléctrico

Fuente: (directindustry, 2013)

b.2. Cadena de propulsión

Esta forma parte de este sistema ya que esta será la que transmita el movimiento al neumático y lo haga mover de tal manera que el vehículo se pliegue como es la idea conceptual.



Figura. 2.42 Cadena de propulsión

Fuente: (1.bp.blogspot, 2002)

b.3. Baterías

Son elementos que proporcionan la energía al motor para así convertirla en energía mecánica para poder mover al vehículo y por ende ayudar para que este se pliegue.

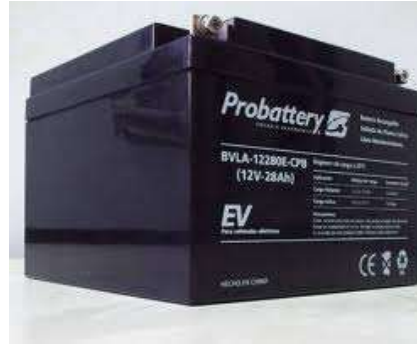


Figura. 2.43 Batería ciclo profundo

Fuente: (encryptedtbn0.gstatic, 2012)

c. Órganos constructivos del sistema eléctrico.

En esta tentativa se quiere implementar un actuador eléctrico el cual tendrá la función de plegarlo de manera tal que no sea necesaria ningún otro elemento a acepción del uso de corriente de las baterías.

c.1. Actuador eléctrico.

Los actuadores son los dispositivos encargados de efectuar acciones físicas ordenadas por algún sistema de control. Esta acción física puede ser un movimiento lineal o un movimiento circular según sea el caso. Se le da el nombre de actuadores eléctricos cuando se usa la energía eléctrica para que se ejecuten sus movimientos.¹⁵

¹⁵ Aguirre Suárez, Jazmín. “Actuadores Eléctricos”. Puerto Vallarta, Jalisco 28 de 09 del 2008. Instituto Tecnológico Superior De Puerto Vallarta

c.1.1 Forma de trabajo

El proceso bajo control, la acción que se tiene que llevar a cabo y la velocidad con que ésta deba realizarse, son factores que influyen en la clase de actuador que se ha de utilizar.

Los sistemas de acondicionamiento eléctrico han llegado a ser los que más predominan en los ambientes robóticos industriales. Aunque no proporcionan la velocidad o la potencia de los sistemas hidráulicos, los dispositivos eléctricos ofrecen una mayor exactitud y repetitividad, necesitan de un menor espacio de piso y, como consecuencia, son muy adecuados para el trabajo preciso, como el ensamblaje.

Por lo general, los robots se pueden accionar con un acondicionamiento eléctrico, por medio de los motores paso a paso o de los servomotores.

Una salida de un motor paso a paso consiste en incrementos de movimiento angular discreto iniciado por una serie de pulsos eléctricos discretos. Los robots dirigidos por un motor paso a paso se utilizan para aplicaciones de trabajo ligero, debido a que una carga pesada puede ocasionar una pérdida de pasos y la subsecuente inexactitud.



Figura. 2.44 Actuador eléctrico

Fuente: (olx, 2014)

CAPÍTULO III:

3. Diseño de los componentes de los sistemas.

Para determinar la mejor opción de diseño se utilizará, un mapa morfológico en el cual se encuentra varias alternativas , una tabla de ponderación la misma que contiene las valoraciones de los requerimientos técnicos del vehículo y la casa de la calidad el cual es un diagrama, que se asemeja a una casa, utilizado para definir la relación entre los deseos de los clientes y las capacidades de las empresa, de esta manera creando una integración entre el marketing, la ingeniería y la fabricación, conjuntamente con estas tres herramientas permiten realizar la selección adecuada del diseño. Se ha considerado la selección de varias opciones que constituyen el mapa morfológico detallado a continuación, para determinar una configuración inicial para el diseño.

Tabla 3.1 Mapa Morfológico

MAPA MORFOLÓGICO			
Característica	Vehículo a combustión	Vehículo híbrido	Vehículo eléctrico
Alimentación	Aire-Combustible	Aire-Combustible / Electricidad	Electricidad
Fuente motriz	Motor de Combustión Interna	Motor de Combustión Interna /Motor Eléctrico	Motor eléctrico
Potencia	Alta	Media	Baja
Peso	Considerable	Elevado	Bajo
Emisiones	Altas	Moderadas	Nulas
Contaminantes			
Costos de Mantenimiento	Medio	Alto	Bajo

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

Una vez realizado el mapa morfológico se cree conveniente una tabla de ponderación, para ayudar a la selección de la mejor opción.

Tabla 3.2 Tabla de Ponderación

TABLA DE PONDERACIÓN					
Sistema	Vehículo de Combustión			Vehículo Eléctrico	
	Ponderación	Valoración	Calificación	Valoración	Calificación
Alimentación	0,25	3	0,9	9	2,7
Fuente motriz	0,15	4	0,6	8	1,2
Potencia	0,10	9	0,9	6	0,6
Peso	0,20	7	0,35	7	0,35
Emisiones Contaminantes	0,20	2	0,6	9	2,7
Costos de Mantenimiento	0,10	4	0,4	6	0,6
TOTAL			3,75		8,15

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

Se ha determinado que la mejor opción, es la de la construcción de un vehículo eléctrico, el cual reduce la emisión de gases contaminantes, el ruido con un costo de mantenimiento bajo.

Existen varias alternativas para el diseño de un vehículo, para lo cual se debe establecer varios parámetros técnicos del vehículo que cumplan los requerimientos de los usuarios con la ayuda de la ingeniería.

Los requerimientos que solicitan los usuarios son: estética, confort, seguridad, accesible a la economía del país, durabilidad, bajo costo de mantenimiento de los diferentes sistemas existentes en el vehículo, para lo cual la ingeniería debe realizar un trabajo minucioso que permitan que sus elementos y sistemas cumplan los anteriores requerimientos. Ver anexo 1 (Casa de la calidad).

3.1 Análisis funcional del vehículo eléctrico.

Se ha enfocado en los sistemas mecánicos del vehículo eléctrico, que su función principal es transportar personas de un lugar a otro, estos sistemas brindarán confort y seguridad, los mismos que permitirán identificar las diversas alternativas de diseño para cada uno de los sistemas correspondientes.

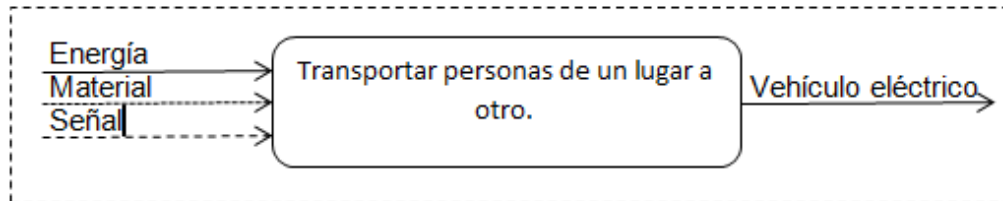


Figura. 3.1 Función principal del vehículo eléctrico.

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

Módulo 1. Sistema estructural.

Al observar la función principal del vehículo eléctrico, se tiene que el primer conjunto o primer sistema tiene como objetivo soportar las cargas y sujetar los diferentes elementos de los subsistemas del vehículo.

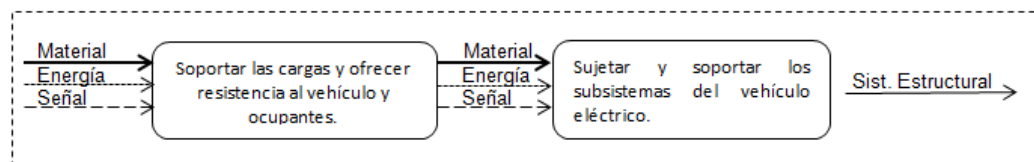


Figura. 3.2 Función 1. Sistema estructural.

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

Módulo 2. Sistema de suspensión.

El confort y la seguridad son dos parámetros importantes en un vehículo, por lo tanto para brindar estos requerimientos se tiene el sistema de suspensión el cual es el encargado de absorber y suspender los movimientos bruscos provocados por la carrocería.

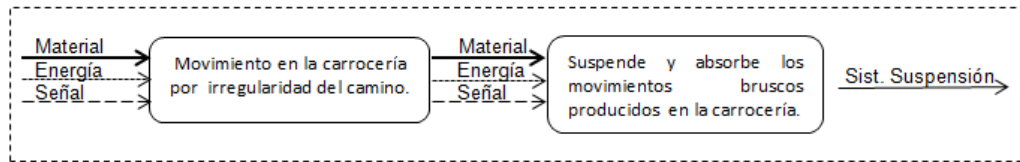


Figura. 3.3 Función 2. Sistema de suspensión

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

Módulo 3. Sistema de dirección.

Para que el vehículo eléctrico sea seguro y confortable, se debe disponer de un sistema de dirección, el mismo que tiene como objetivo orientar las ruedas del vehículo eléctrico y de esta manera el ocupante puede llegar al destino deseado.

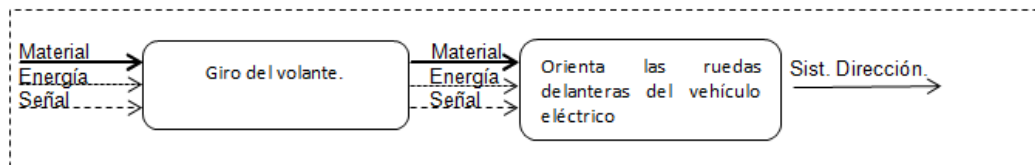


Figura. 3.4 Función 3. Sistema de dirección.

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

Módulo 4. Sistema de frenos.

Otra función que debe cumplir el vehículo eléctrico es la de reducir la velocidad y detener el vehículo mediante un sistema de frenos de esta manera brindando seguridad a sus ocupantes.

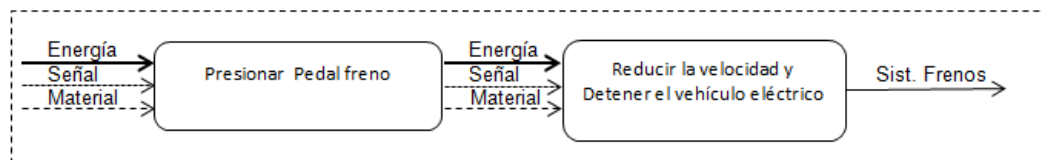


Figura. 3.5 Función 4. Sistema de frenos.

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

Módulo 5. Sistema de plegado.

Después que el vehículo ha realizado algún recorrido y utilizado los sistemas mencionados anteriormente, tiene como última función reducir el tamaño de estacionamiento mediante el sistema de plegado de esta manera cumpliendo con todos los sistemas requeridos.

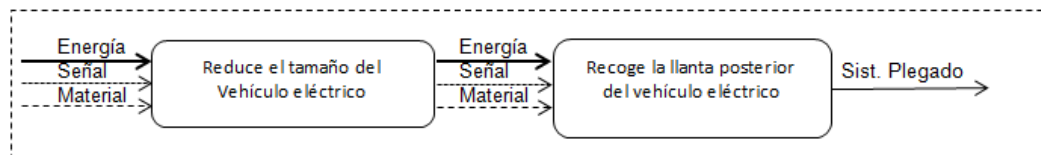


Figura. 3.6 Función 5. Sistema de plegado.

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

3.2 Determinación del diagrama de sub - ensamblajes y componentes

El diagrama de sub – ensamblajes se constituye en 6 bloques que abarcan:

- Sistema Estructural.
- Tren motriz.
- Sistema de suspensión.
- Sistema de dirección.
- Sistema frenos y
- Sistema de plegado, como se muestra en la figura 3.7

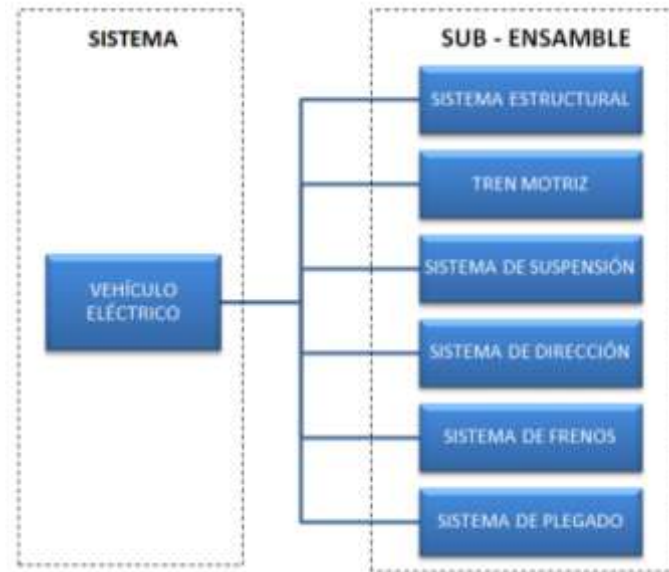


Figura. 3.7 Diagrama de Sub - Ensamblajes de un vehículo eléctrico.

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

El primer sistema se refiere al estructural, en la siguiente figura 3.8 se puede apreciar los elementos que conforman este sistema.

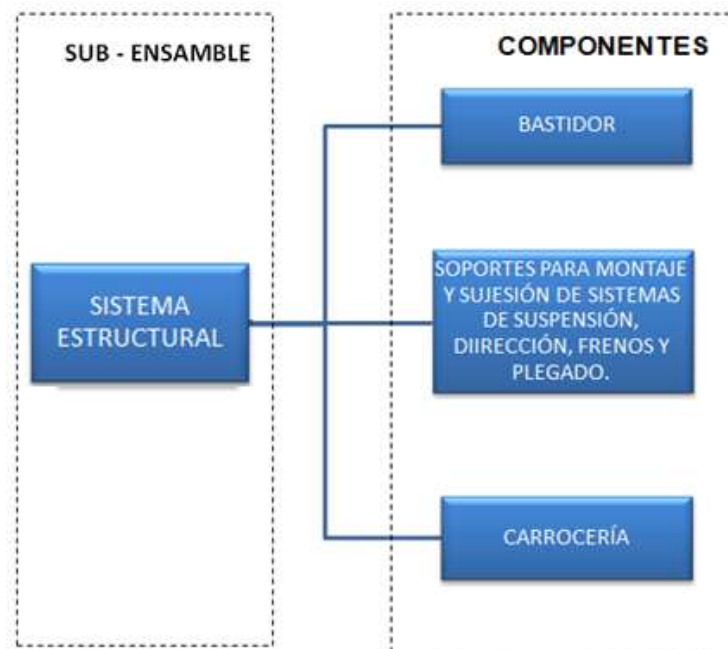


Figura. 3.8 Componentes del sistema estructural.

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

En la siguiente figura 3.9 se indican los componentes que comprenden el sistema de frenos.

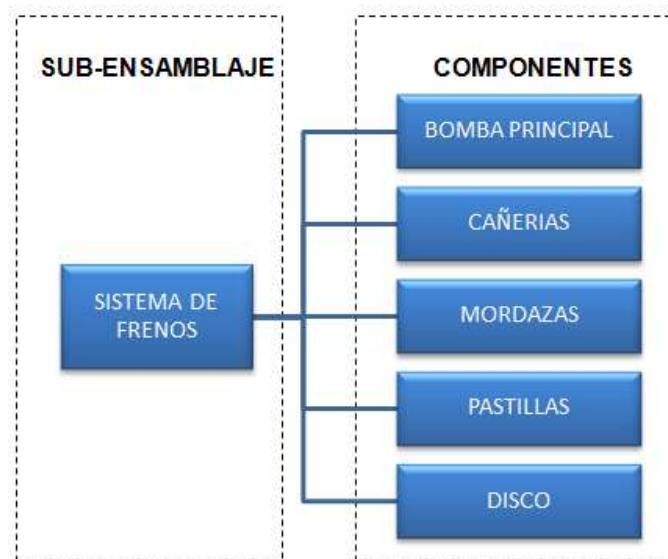


Figura. 3.9 Componentes del Sistema de frenos.

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

El sistema de suspensión está conformado por: amortiguadores, resortes, mesas, bujes, rotulas los como se puede apreciar en la figura 3.10

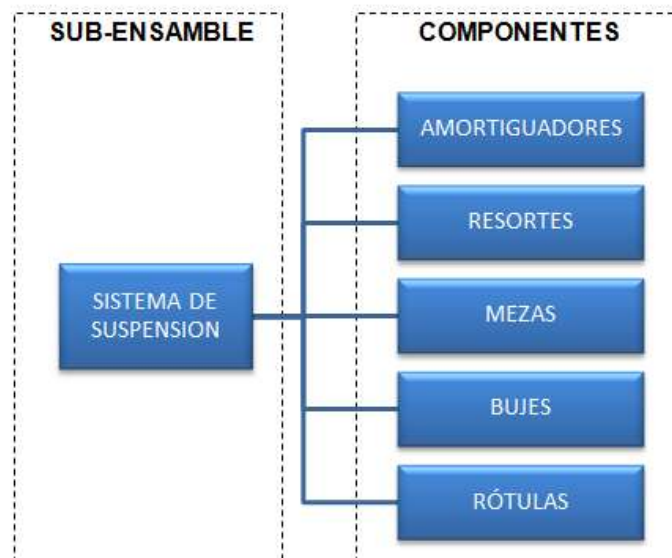


Figura. 3.10 Componentes del Sistema de Suspensión.

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

En la figura 3.11 se indican los componentes que conforman el sistema de dirección.

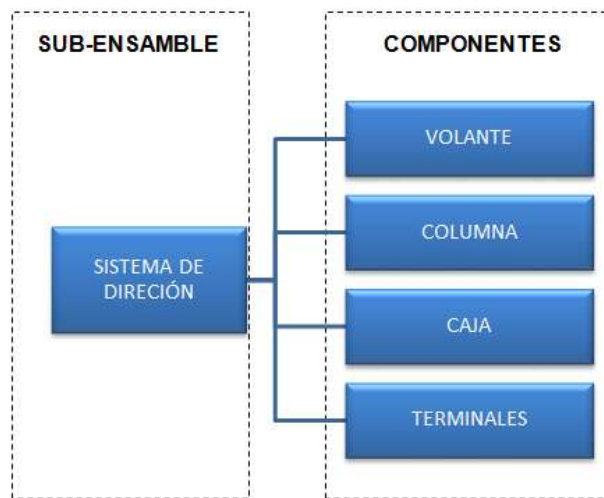


Figura. 3.11 Componentes del Sistema de Dirección.

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

Finalmente en la figura 3.12 se indican los componentes correspondientes al sistema de plegado.



Figura. 3.12 Componentes del Sistema de Plegado

Fuente: (De la Cruz A.- Inga R.)

3.3 Requerimientos técnicos de carrocería, chasis, motor, batería, tren motriz.

Tabla 3.3 Datos Técnicos Del Vehículo Eléctrico

Potencia máxima	7.5 Kwatts/3000 r.p.m
Tracción	Trasera
Neumáticos	130/90 – 1667H TLM/C
Largo	2700mm
Ancho	1800 mm
Alto	1220 mm
Distancia entre ejes	2400 mm
Masa Vehículo	410 kg
Velocidad máxima	60 km/h
Aceleración 0-60 Km/h	12 seg manual controlador

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

3.4 Diseño del sistema de dirección

Función: Orientar a las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor.

Objetivo: Minimizar peso y consumo de energía.

3.4.1 Requerimientos para el diseño.

RESTRICCIONES.

- Masa (4-6 kg)
- Durabilidad de los elementos.
- Desplazamiento de la cremallera
- Espacio optimizado para los componentes de la dirección.
- Acceso rápido a componentes.
- Fácil mantenimiento.
- Bajo Costo (200 USD)




LIMITACIONES.

- Distancia de los ejes delanteros (1,50-2m)

3.4.2 Diseño conceptual

Se tomará varias opciones como tentativa, que mediante un análisis conceptual se elegirá cual de la gran variedad de tipos direcciones es la más conveniente para implementarla en el vehículo eléctrico.

Tabla 3.4 Mapa Morfológico del Sistema de Dirección.

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Tipo de dirección	MECÁNICA	HIDRAÚLICA	ELÉCTRICA
Característica			
Tipo alimentación	Ninguna	Giro motor	Electricidad
Consumo de energía	No	Si	Si
Peso de los componentes.	Moderado	Moderado	Liviano
Tamaño de los componentes	Normal	Normal	Normal
Costo de los elementos	Bajo	Considerable	Elevado
Componente Adicional	Ninguno	Bomba, Fluido	Batería
Disminuye potencia motor eléctrico	No	Si	Si

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Tabla 3.5 Ponderación del Sistema de Dirección

CARACTERÍSTICAS	PESO			
		MECÁNICA	HIDRAÚLICA	ELÉCTRICA
Tipo alimentación	0.1	10	7	8
Consumo de energía	0.2	10	2	6
Peso de los componentes.	0.2	8	4	7
Tamaño de los componentes	0.2	9	7	8
Costo de los elementos	0.1	9	8	6
Componente Adicional	0.1	9	5	6
Disminuye potencia motor eléctrico	0.1	9	5	7
TOTAL	1	9,14	5,28	6,85

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

a. Alternativa de diseño ideal

De acuerdo al análisis de la Tabla 3.4, **la dirección mecánica** es la opción adecuada para el vehículo eléctrico biplaza, la cual no genera consumo de energía ni pérdida de potencia del motor y es económico, para lo cual se presenta una tabla de ponderación la cual ratifica la opción escogida anteriormente mediante un promedio de las diferentes características, la misma que indica que con un promedio de 9,14 es la opción adecuada para el diseño del sistema de dirección.



Figura. 3.13 Dirección mecánica

Fuente: (aulatecnologia, 2010)

3.4.3 Parámetros de diseño

Los parámetros para el desarrollo del diseño de la dirección, las mismas que se deben tomar en cuenta son: R: Radio de giro, L: distancia entre ejes y B el ancho de la vía, las mismas que permiten el análisis de la geometría de la dirección, ecuación de giro de la dirección, los cuales a continuación se desarrollan.

a. Geometría de la dirección

R = 9 m radio de giro [m].

L=2,4 m distancia entre ejes [m].

B=1.43 m ancho de vía delantero [m].

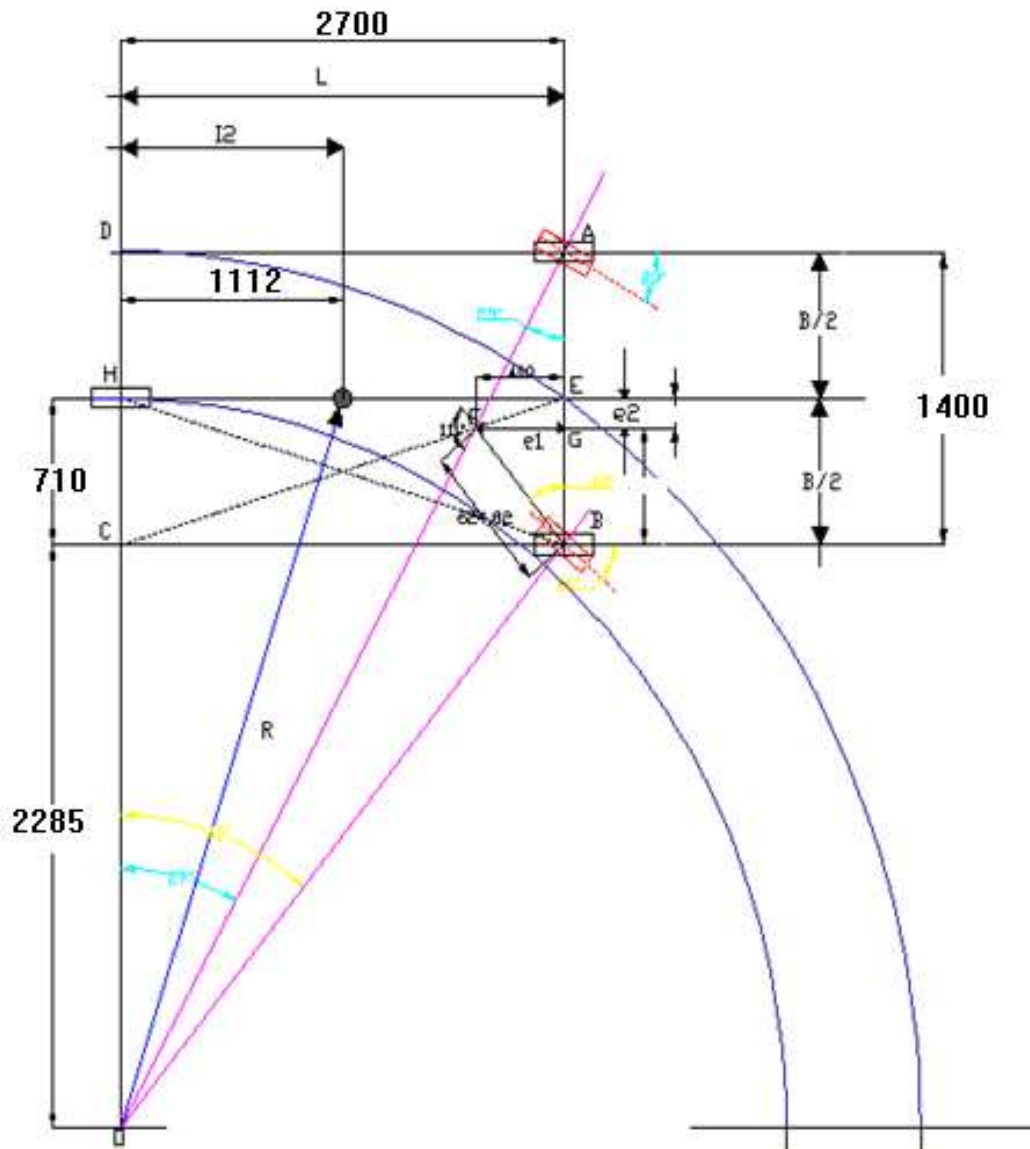


Figura. 3.14 Geometría de la dirección aplicando el método de ACKERMAN

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

$$\text{Cot } \delta_i = \frac{OC}{L}$$

Ec. 3. 1

$$\text{Cot } \delta_i = \frac{2,285 \text{ m}}{2,4 \text{ m}}$$

$$\frac{1}{\text{Tan } \delta_i} = 0,95$$

$$\delta i = 46,40^\circ$$

$$\mathbf{Cot \delta e = \frac{OC + B}{L}}$$

$$Cotde = \frac{2,285 + 1,43}{2,4}$$

$$\frac{1}{\mathbf{Tan \delta e}} = 1,55$$

$$\delta e = 32,86^\circ$$

b. Comprobación:

$$\mathbf{Cot \delta e - Cot \delta i = \frac{B}{L}} \quad \mathbf{Ec. 3. 2}$$

$$\frac{1}{\mathbf{Tan \delta e}} - \frac{1}{\mathbf{Tan \delta i}} = \frac{B}{L}$$

$$\frac{1}{\mathbf{Tan 32,86^\circ}} - \frac{1}{\mathbf{Tan 46,40^\circ}} = \frac{1,43 \text{ m}}{2,4 \text{ m}}$$

$$1,54 - 0,95 = 0,59$$

$$\mathbf{FBE = \delta i} \quad \mathbf{Ec. 3. 3}$$

$$\mathbf{OC = OD - AB} \quad \mathbf{Ec. 3. 4}$$

$$OC = 3,715m - 1,43m$$

$$OC = 2,29m$$

$$AB = 1,43m$$

$$\mathbf{OA = \sqrt{OD^2 + L^2}} \quad \mathbf{Ec. 3. 5}$$

$$OA = \sqrt{3,715^2 + 2,4^2}$$

$$OA = \sqrt{19,56}$$

$$\mathbf{OB = \sqrt{OC^2 + L^2}} \quad \mathbf{Ec. 3. 6}$$

$$OB = \sqrt{2.285^2 + 2,4^2}$$

$$OB = \sqrt{10,98}$$

$$(180^\circ - 32,86^\circ - 46,40^\circ)$$

$$FBA = 100,74^\circ$$

$$\delta e = 32,86^\circ$$

$$\delta i = 40,46^\circ$$

$$\frac{\text{Sen } \delta e}{a} = \frac{\text{Sen } FBA}{1.2}$$

Ec. 3. 7

$$a = \frac{\text{Sen } 32,86^\circ * 1.2}{\text{Sen } 100,74^\circ}$$

$$a = 0.66 \text{ m}$$

$$\text{Sen } \delta i = \frac{e1}{a}$$

Ec. 3. 8

$$e1 = a * \text{sen } \delta i$$

$$e1 = 0.6627 * \text{sen } 40,46^\circ$$

$$e1 = 0.43 \text{ m}$$

c. Ecuación de giro de la dirección.

La ecuación que rigen el comportamiento estacionario de un vehículo que gira en una curva se obtiene a partir de la Segunda Ley de Newton.

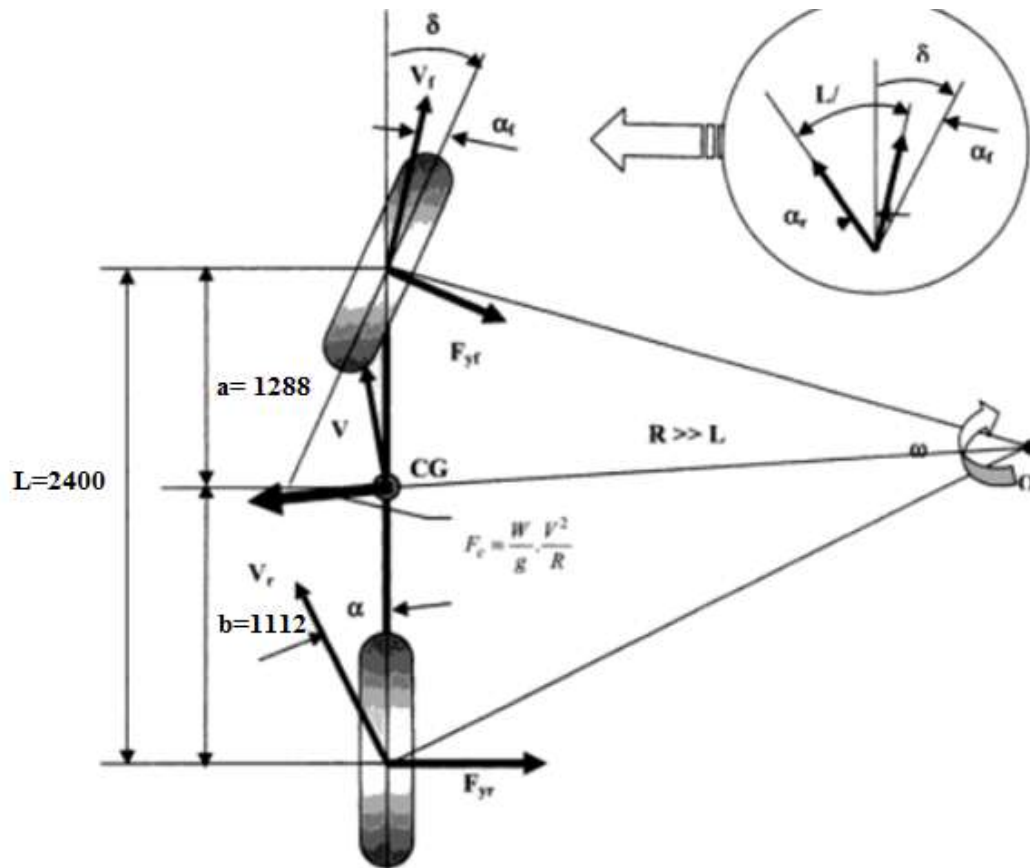


Figura. 3.15 Giro de la Dirección.

Fuente: (Mezquita, 1997)

$$\sum F_y = F_{yf} + F_{yr} = M \frac{V^2}{R} \quad \text{Ec. 3.9}$$

Donde:

F_{yf} : Fuerza lateral (en el giro) en el eje delantero [N].

F_{yr} : Fuerza lateral (en el giro) en el eje posterior [N].

M: Masa total del vehículo [kg].

R: Radio de la Curva [m]

V: velocidad del vehículo [m/s].

Del mismo modo y como el vehículo estará en equilibrio alrededor de su centro de gravedad; la suma de los momentos originados por las fuerzas laterales en los ejes delanteros y posteriores deben ser cero. Por lo tanto:

$$F_{yf} * a - F_{yr} * c = 0 \quad \text{Ec. 3. 10}$$

$$F_{yf} = F_{yr} \frac{c}{a} \quad \text{Ec. 3. 11}$$

Sustituyendo la expresión anterior en la ecuación de equilibrio de fuerzas se tendrá:

$$M \frac{V^2}{R} = F_{yr} \left(\frac{c}{a} + 1 \right) = F_{yr} \left(\frac{c + a}{a} \right) = F_{yr} \frac{L}{a}$$

$$F_{yr} = M * \frac{a}{L} \left(\frac{V^2}{R} \right) \quad \text{Ec. 3. 12}$$

A continuación se reemplaza los datos en la ecuación 3.12 cuando el vehículo realiza un giro en un radio de 9m y velocidad a la cual el vehículo puede realizar este giro.

$$V = 10 \text{ Km/h} = 2,77 \text{ m/s}$$

$$R = 9 \text{ m}$$

$$F_{yr} = 410 \text{ Kg} * \frac{1288 \text{ mm}}{2400 \text{ mm}} * \left(\frac{(2,77 \text{ m/s})^2}{9 \text{ m}} \right)$$

$$F_{yr} = 187,58N$$

$$F_{yf} = F_{yr} * \frac{c}{a}$$

$$F_{yf} = 187,58 N * \frac{1112 mm}{1288 mm}$$

$$F_{yf} = 161,95 N$$

Para el siguiente caso se remplaza los datos en la ecuación 3.12 cuando el vehículo realiza un giro en un radio de 30m y velocidad a la cual el vehículo puede realizar este giro.

$$V = 30 \text{ Km/h} = 8,33 \text{ m/s}$$

$$R = 30 \text{ m}$$

$$F_{yr} = 410 \text{ Kg} * \frac{1288 mm}{2400 mm} * \left(\frac{(8,33 \text{ m/s})^2}{30m} \right)$$

$$F_{yr} = 508,92N$$

$$F_{yf} = F_{yr} * \frac{c}{a}$$

$$F_{yf} = 508.92 N * \frac{1112 mm}{1288 mm}$$

$$F_{yf} = 439,38 N.$$

En la Tabla 3.6 y en la figura 3.16 se puede apreciar como las fuerzas producidas en el eje delantero F_{yr} y posterior F_{yf} se incrementan conforme el

radio de giro incrementa, es decir estas dos variables son directamente proporcionales.

Tabla 3.6 Fuerzas Laterales en el eje delantero y posterior.

RADIO GIRO (m)	Velocidad (m/s)	F _{yr} (N)	F _{yf} (N)
9	2,78	188,61	162,89
10,5	3,27	224,56	193,94
12	3,77	260,54	225,01
13,5	4,27	296,54	256,10
15	4,76	332,56	287,21
16,5	5,26	368,59	318,33
18	5,75	404,63	349,45
19,5	6,25	440,67	380,58
21	6,75	476,72	411,72
22,5	7,24	512,78	442,85
24	7,74	548,84	474,00
25,5	8,23	584,90	505,14
27	8,73	620,96	536,29
28,5	9,23	657,03	567,43
30	9,72	693,10	598,58

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

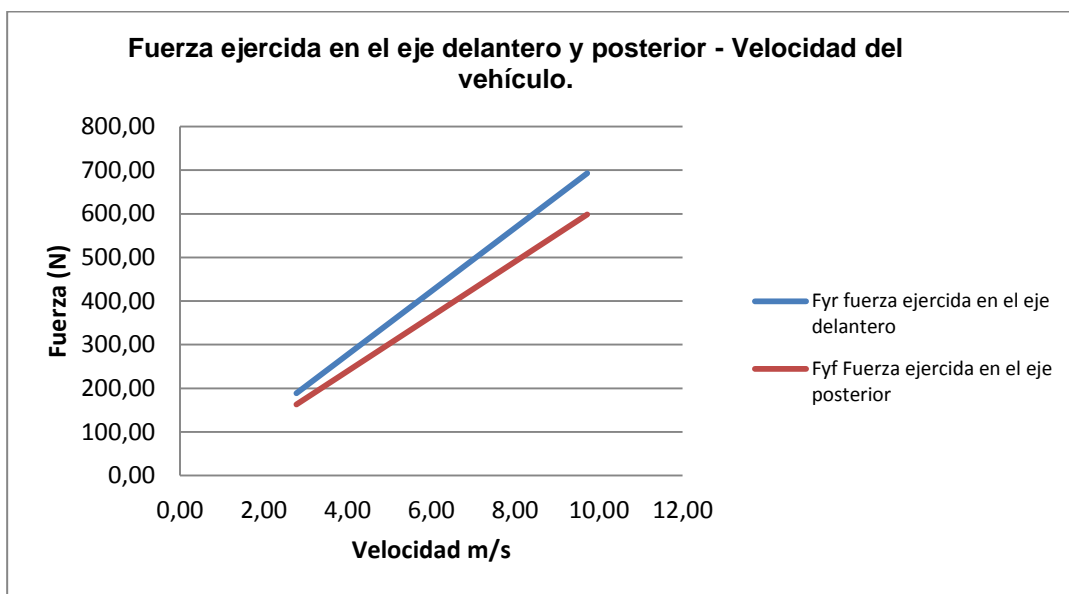


Figura. 3.16 Fuerzas Laterales en el eje delantero y posterior.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

3.4.4 Configuración geométrica del sistema de dirección

La configuración del sistema se realizó con asistencia del software CAE, a continuación se presenta cada uno de los elementos que constituyen el sistema de dirección.

a. Piños – Cremallera

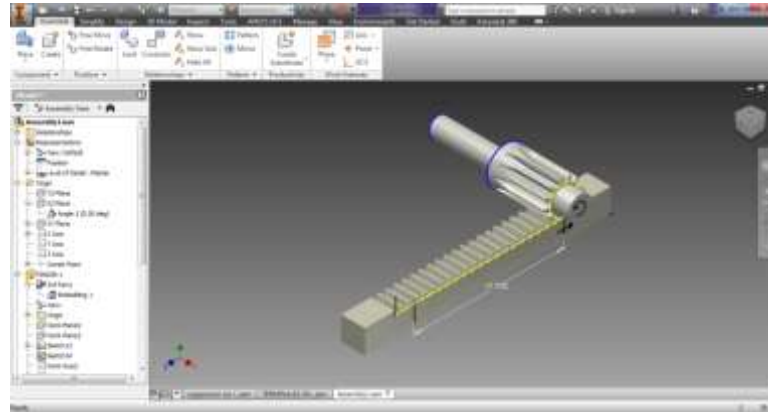


Figura. 3.17 Configuración del elemento Piñon-Cremallera

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

b. Carcasa del cajetín

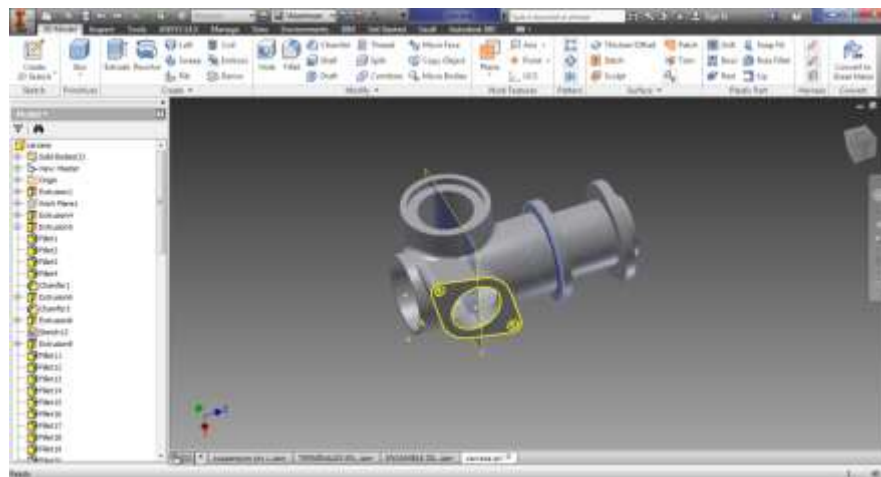


Figura. 3.18 Configuración del cajetín de dirección

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

c. **Carcasa de la cremallera**

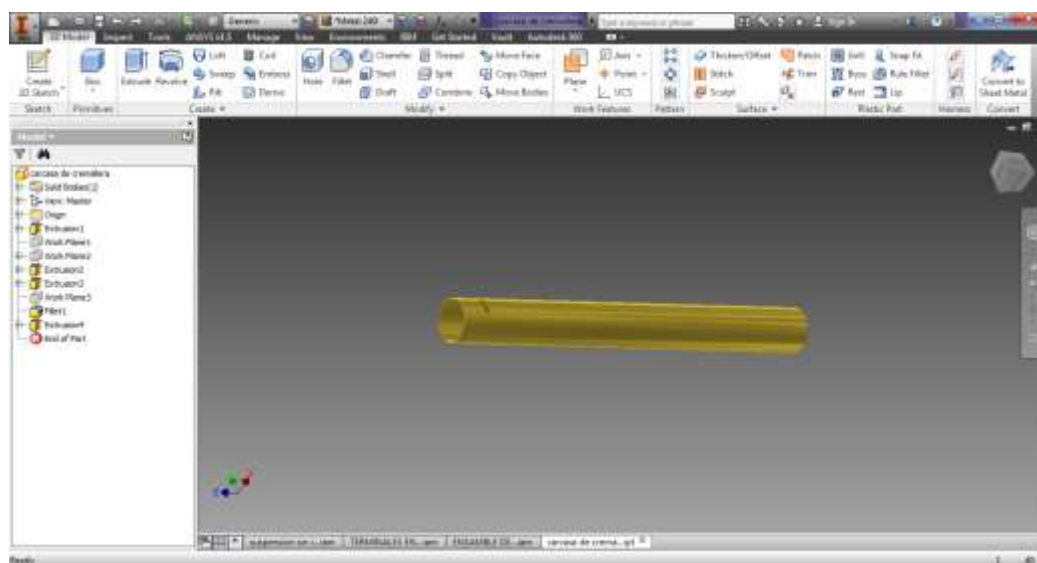


Figura. 3.19 Configuración de la carcasa de la cremallera

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

d. **Brazo Axial**

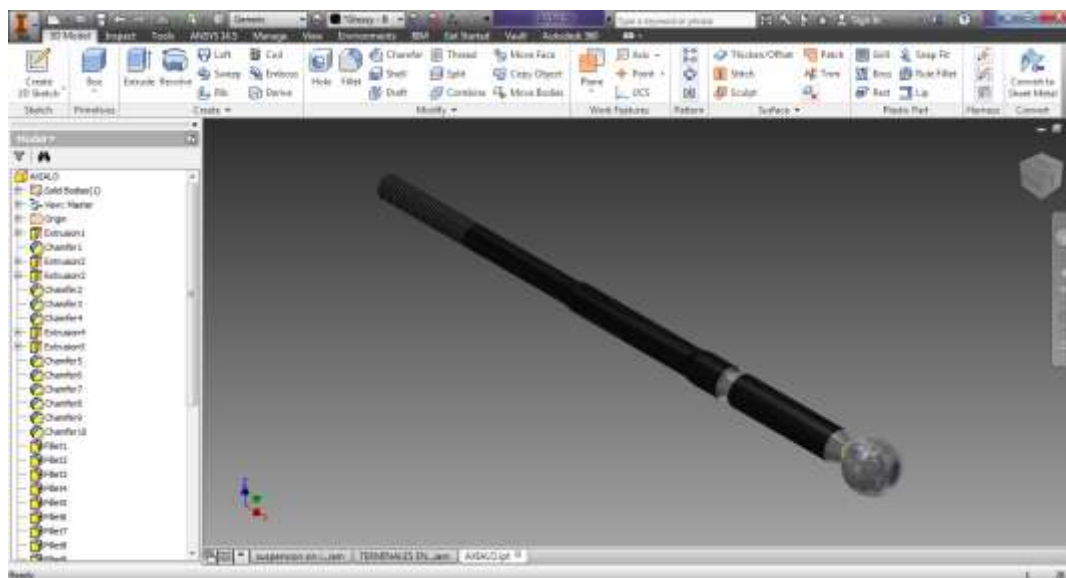


Figura. 3.20 Configuración del brazo axial de la dirección

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

e. Terminal

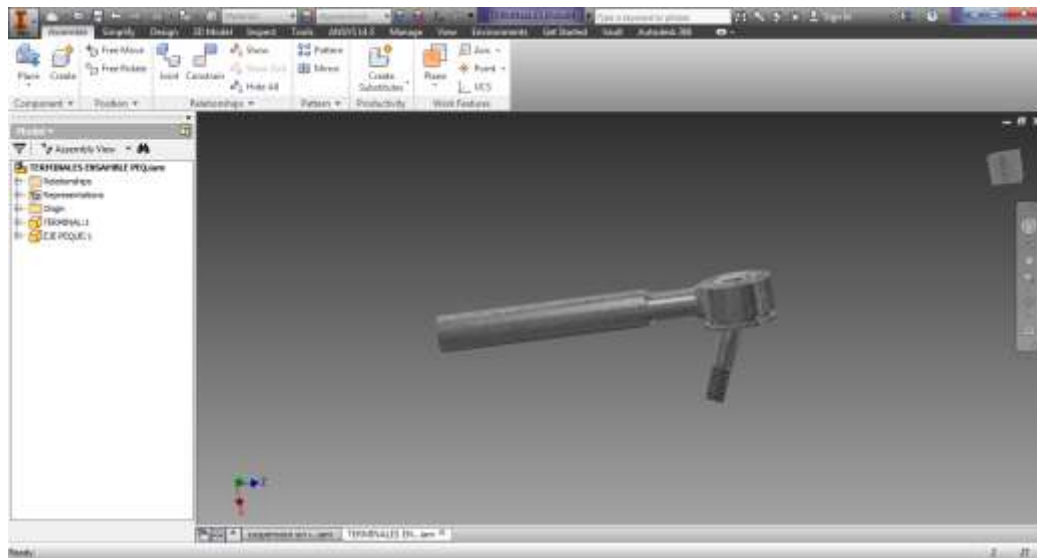


Figura. 3.21 Configuración del terminal de la dirección

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

f. Cauchos

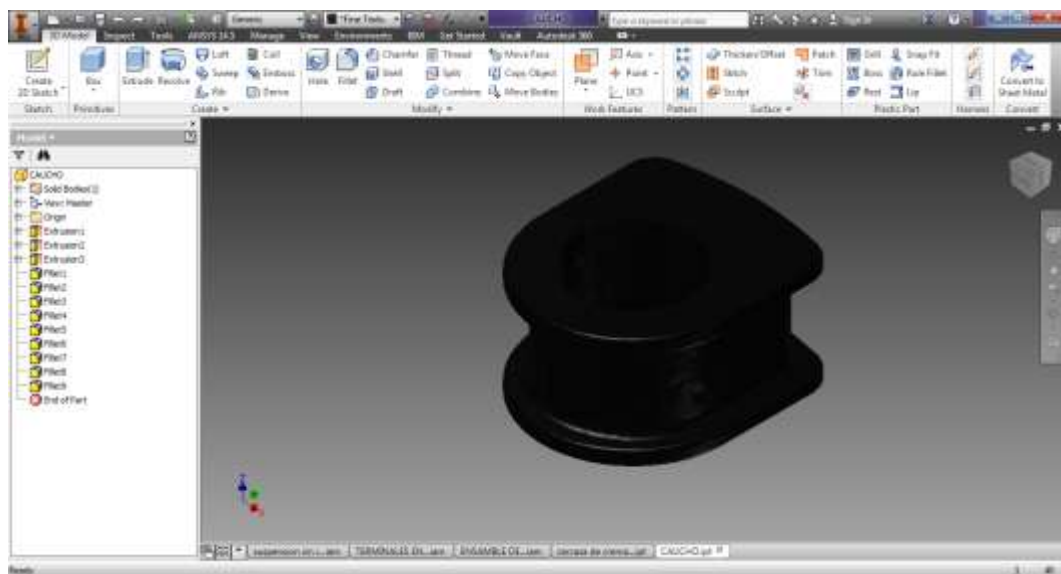


Figura. 3.22 Configuración del caucho protector y reductor de vibraciones

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

g. Bocines de la Dirección

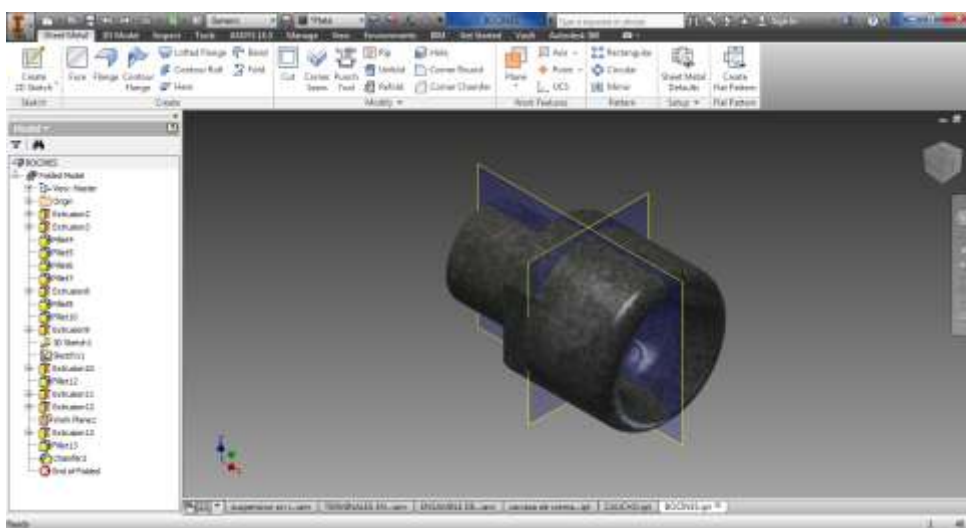


Figura. 3.23 Configuración de la dirección

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

h. Porta manguetas

Este elemento sirve para los sistemas de dirección y suspensión, donde van alojados las rótulas tanto de la suspensión y dirección.

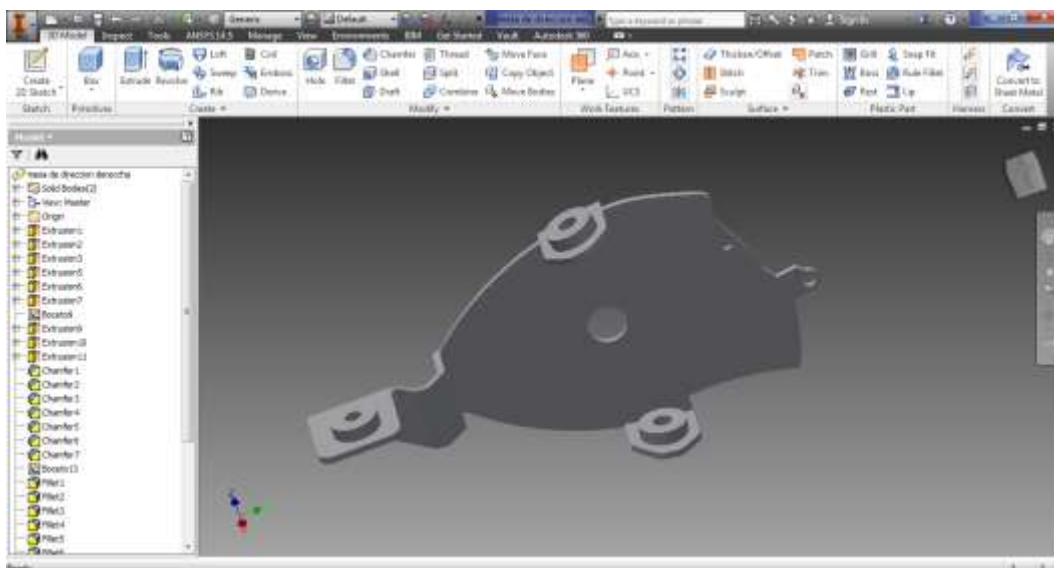


Figura. 3.24 Configuración de la Porta manguetas

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

i. **Ensamble de la Dirección**

En la figura 3.25 se muestra el ensamble completo de la dirección que se va a usar en el vehículo eléctrico biplaza plegable.

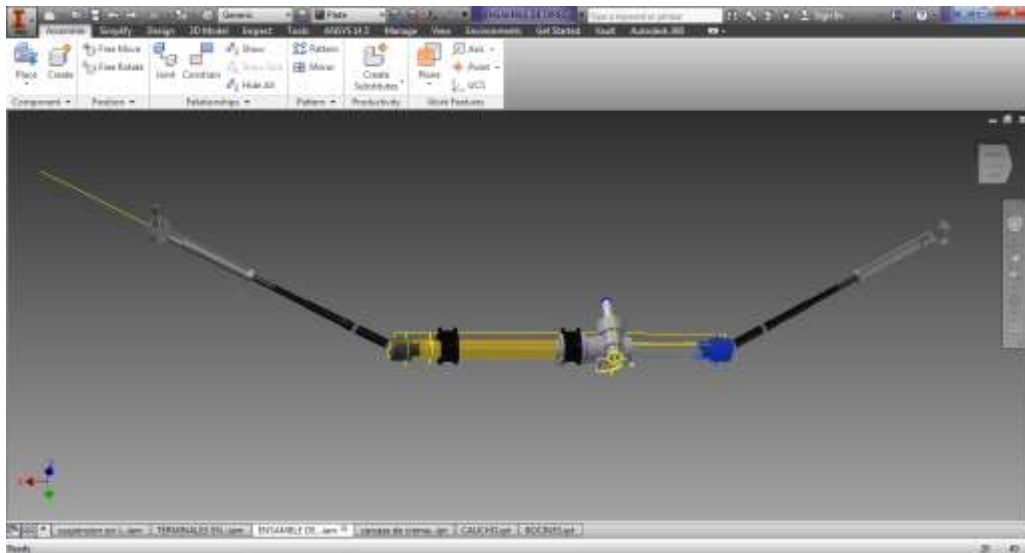


Figura. 3.25 Configuración de la dirección completa

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

3.4.5 Simulación CAD-CAE del sistema de sistema de dirección.

Con ayuda del software CAE y con las respectivas configuraciones iniciales del problema, se determinará las deformaciones y el factor de seguridad. Para este análisis solo se utilizará la porta manguetas, debido a que este elemento va a ser diseñado y manufacturado, los demás componente como caja de dirección, rotulas, brazos de dirección; se suprimen porque son elementos normados, estandarizados y comprobados por los fabricantes antes de salir al mercado.

a. Análisis.

En la siguiente imagen se puede apreciar el esquema del proyecto a ser analizado en el software CAE.

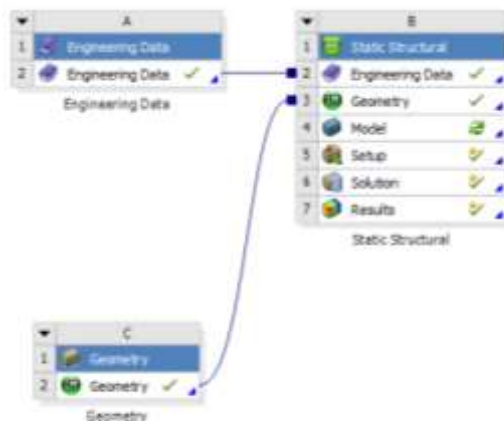


Figura. 3.26 Esquema del proyecto

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Como se aprecia en la Figura. 3.26 los tres módulos del proyecto se encuentran enlazados entre sí, los cuales comparten los datos de la geometría, materiales, modelo mallado.

En la Figura. 3.27, se aprecia configuración geométrica de la porta manguetas, importado desde el software CAD hacia Workbench, lo cual permite realizar las diferentes configuraciones previo al análisis.

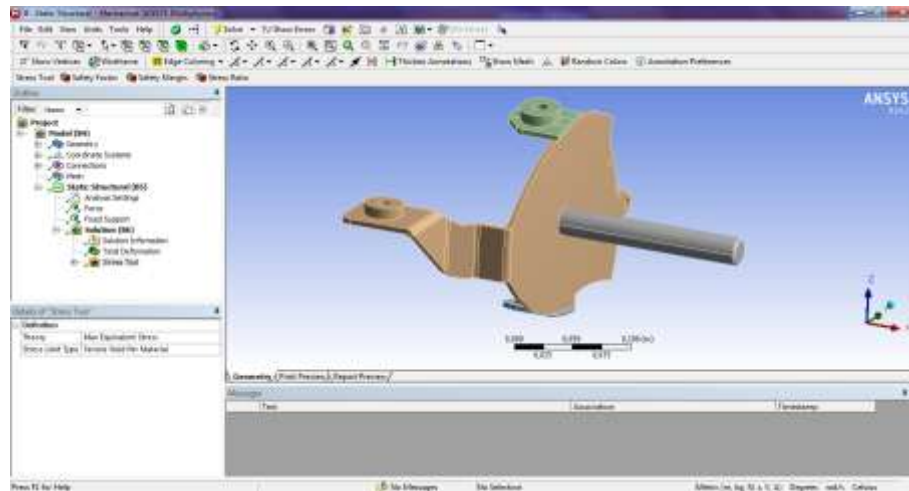


Figura. 3.27 Porta manguetas Importado a Workbench.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Una vez importado el modelado a Workbench se procederá a realizar el mallado del elemento. El mallado permite dividir los objetos modelados en pequeños elementos denominados “elementos finitos”, que permitirán obtener los resultados finales de todo el conjunto.

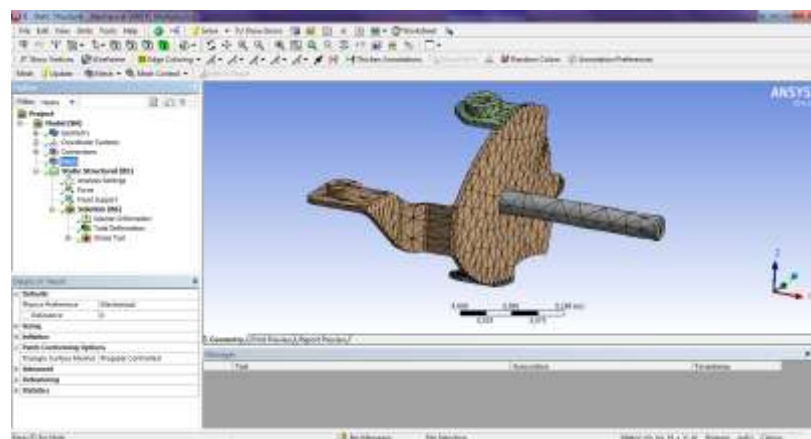


Figura. 3.28 Mallado de la Porta manguetas

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Una vez finalizado el mallado se coloca la fuerza lateral en el giro en el eje delantero (F_{yf}), la misma se calculó en el capítulo III su valor es de 439,38 N, siendo este valor el más crítico producido en la mangueta de la dirección.

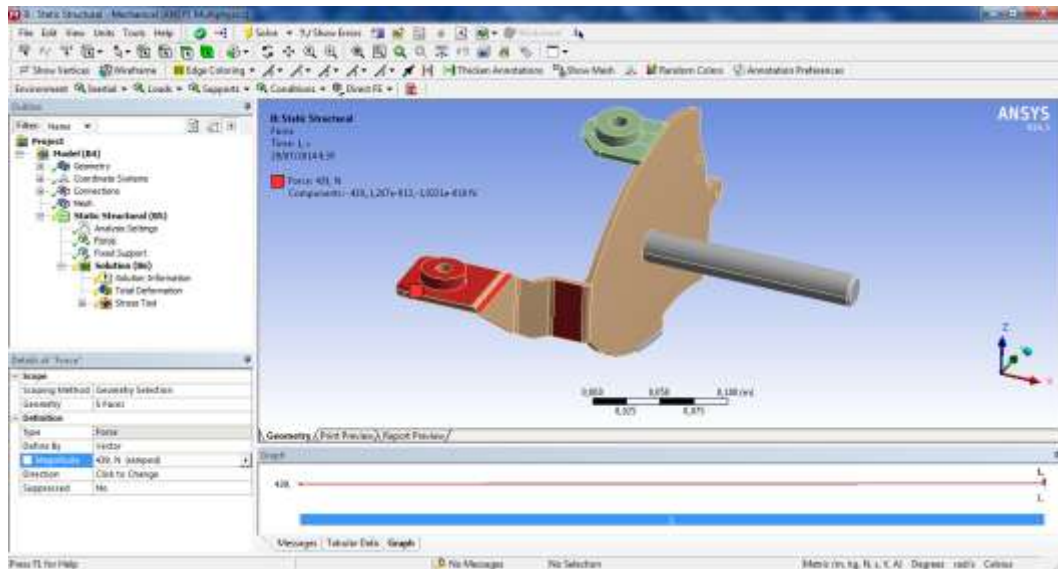


Figura. 3.29 Fuerza en la Mangueta de la dirección.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

En la figura 3.30 se aprecia el resultado del factor de seguridad, el cual tiene un valor de 3, lo cual indica que este elemento si soporta las cargas que son generadas por el sistema de dirección y a las que se encuentra sometida la mangueta de la dirección.

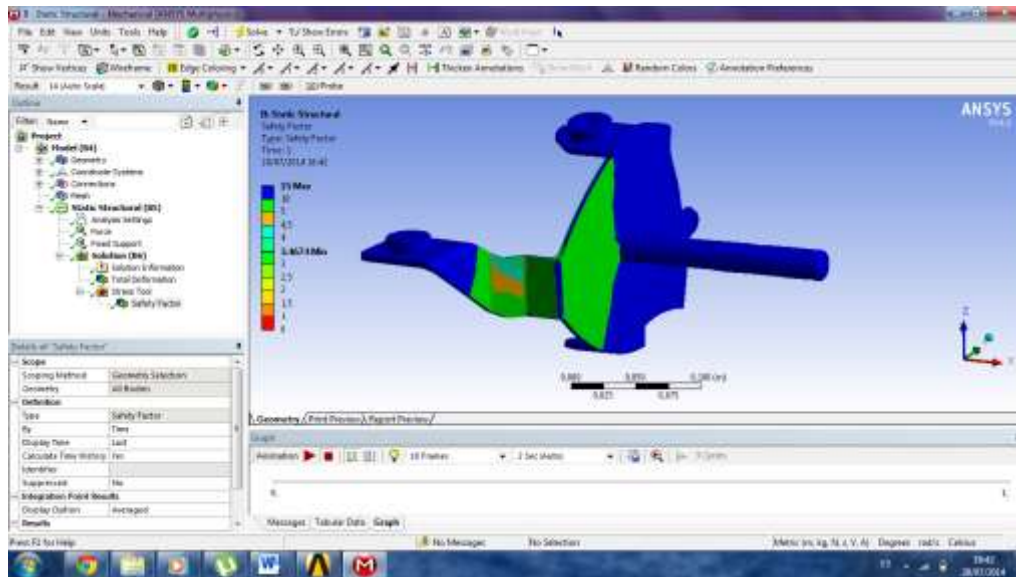


Figura. 3.30 Factor de seguridad de la porta manguetas sometido la fuerza de la dirección.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Las deformaciones generadas por la fuerza lateral en el giro en el eje delantero (F_{yf}), son mínimas con un valor de 0.0022 m, como se puede apreciar en la Figura. 3.31, demostrando este valor, que el elemento sometido al análisis es favorable en el diseño del sistema de dirección y soportará la carga más crítica generada en este sistema.

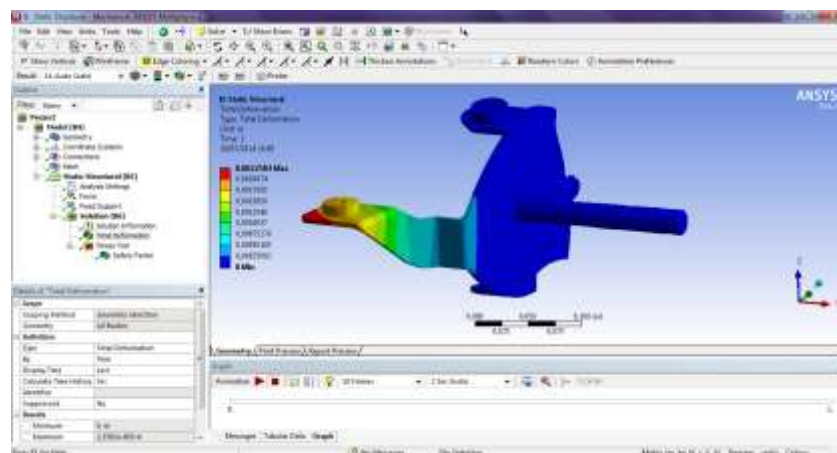


Figura. 3.31 Deformación generada en la mangueta de dirección.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

3.5 Diseño del sistema de suspensión.

Función: Suspender y absorber los movimientos bruscos de la carrocería generado por las irregularidades del camino.

Objetivo: Minimizar peso

Para la selección de materiales y componentes del sistema de suspensión se debe considerar las características físicas, durabilidad, condiciones de funcionamiento y costos.

Gran parte de los componentes del sistema de suspensión lo podemos conseguir fabricados en el mercado, para adquirir los mismos analizaremos algunas opciones la cual están citadas en la Tabla 3.7.

3.5.1 Requerimientos para el diseño.

RESTRICCIONES.

- Masa (4-7 kg)
- Vibraciones (0-25 Hz)
- Ruido (25-25000 Hz)
- Elongación del resorte.
- Elongación del amortiguador.
- Resistencia estructural.
- Resistente a la corrosión.
- Espacio optimizado para los componentes de la suspensión.
- Acceso rápido a componentes.
- Fácil mantenimiento.
- Bajo Costo (250 USD)

LIMITACIONES.




- Longitud del Amortiguador.(35 mm)
- Longitud del resorte. (30 mm)

3.5.2 Diseño conceptual

Se va a elegir entre varias opciones, el cual será ideal para el diseño, tomando en cuenta parámetros como el peso del auto, precio de los componentes, sobre todo que sean seguros y confortables para el ocupante.

Como se detalla en la tabla 3.7, las múltiples opciones:

Tabla 3.7 Mapa Morfológico del Sistema de Suspensión

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Tipo de suspensión	Ballestas	McPherson	Pushrod
Característica			
Aplicación	Camioneta	Automóvil	Buggies
Espacio Ocupacional	Alto	Considerable	Bajo
Peso de los componentes.	Elevado	Medio	Bajo
Tamaño de los componentes	Grande	Pequeño	Pequeño
Costo de los elementos	Elevado	Considerable	Considerable
Transmite energía como fuerza y desplazamiento	Lento	Moderado	Rápido
Disipa energía almacenada.	Lento	Rápido	Rápido
Tiempo de restauración	Lento	Moderado	Rápido

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Tabla 3.8 Ponderación del Sistema de Suspensión.

CARACTERÍSTICA	PESO	BALLESTAS	MCPHERSON	PUSHROD
Aplicación	0.05	5	8	8
Espacio Ocupacional	0.05	4	5	9
Peso de los componentes.	0.5	2	6	9
Tamaño de los componentes	0.1	3	8	9
Costo de los elementos	0.05	2	3	8
Transmite energía como fuerza y desplazamiento	0.1	9	9	9
Disipa energía almacenada.	0.05	10	8	10
Tiempo de restauración	0.1	10	10	10
TOTAL	1	5,625	7,125	9,00

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

a. Alternativa de diseño ideal

Una vez realizado el mapa morfológico se cree conveniente escoger el tipo de **suspensión Push rod** como la mejor opción, debido a que este sistema tiene elementos pequeños y livianos, es de muy alta seguridad, esta se emplea en vehículos de competición como los de la Formula 1.

Se presenta una tabla de ponderación en la cual se observa los promedios de cada una de las alternativas, siendo el sistema pushrod la mejor opción con un promedio de 9.



Figura. 3.32 Suspensión Push rod

Fuente: (1.bp.blogspot, 2002)

3.5.3 Parámetros de diseño.

a. Dinámica del sistema de suspensión.

Los vehículos livianos vienen equipados con suspensiones independientes en el eje delantero, y un sistema de eje rígido en el eje trasero. Esto como introducción de un vehículo convencional, para el análisis de la suspensión que se tiene pensado implementar en el prototipo una suspensión independiente tanto en el eje delantero como posterior.

Para esto se necesita ciertos parámetros del prototipo a construirse

Tabla 3.9 Especificaciones Técnicas

Suspensión delantera	Pushrod
Suspensión trasera	Independiente
Amortiguadores	Gas
Neumáticos	130/90 – 1667H TLM/C
Largo	2700mm
Ancho	1800 mm
Alto	1220 mm
Distancia entre ejes	2400 mm
Masa	410 kg
Velocidad máxima	50 km/h
Aceleración 0-60 Km/h	12 seg manual controlador

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

b. Determinación del centro de gravedad.

Este es uno de los entes importantes que es necesario para determinar las fuerzas que actúan sobre el sistema de suspensión, especialmente al momento de frenar o acelerar, por lo en estos casos existe transferencias de pesos.

La distribución de la masa será 55% en el eje posterior y 45% en el eje delantero, esto por consecuencia que el vehículo es de 3 neumáticos.

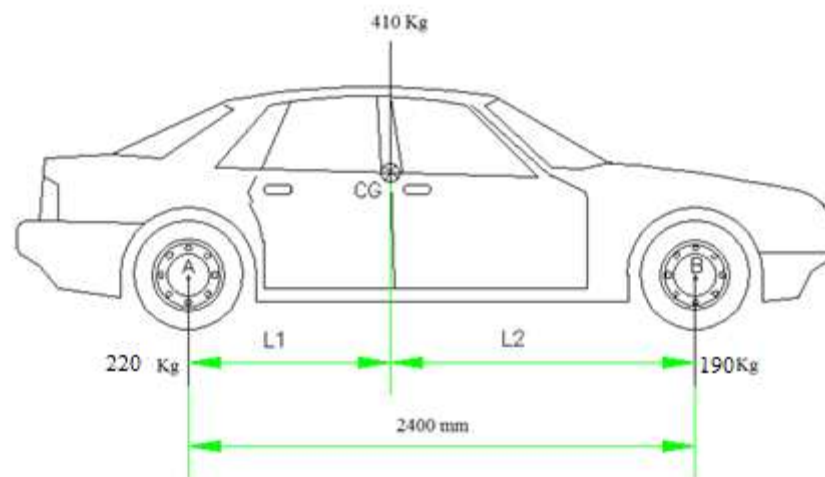


Figura. 3.33 Diagrama de cuerpo libre del vehículo

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Para hallar las longitudes desde el centro de gravedad hasta los ejes se realiza una sumatoria de momentos en el punto A.

$$\sum M_A = 0 \quad \text{Ec. 3. 13}$$

$$P * L1 = P1 * LT$$

$$L1 = \frac{220 \text{ Kg} * 2400}{410 \text{ Kg}} = 1287,8049 \text{ mm}$$

$$L2 = 2400 - 1288 = 1112 \text{ mm}$$

Para establecer la altura del centro de gravedad se coloca al vehículo en una pendiente. Por lo que existe transferencia de masa al eje trasero y es necesario utilizar balanzas en las 3 ruedas para determinar la masa que ejerce sobre cada eje.

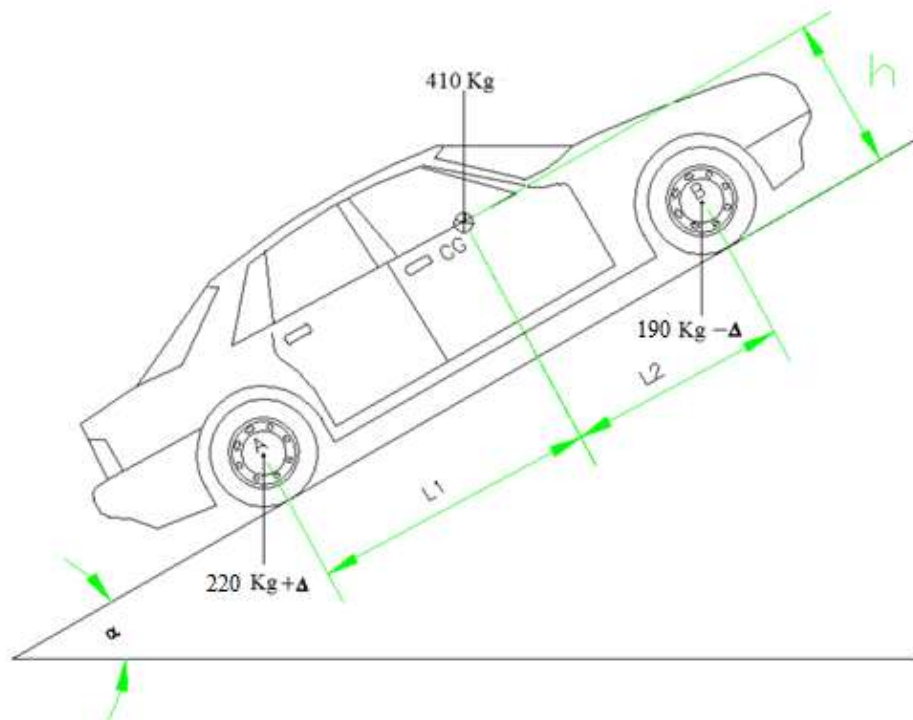


Figura. 3.34 Diagrama de cuerpo libre en una pendiente.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Se puede asumir que el centro de gravedad se encuentra a una altura desde el piso de entre el 40% y el 50% de alto del vehículo, que corresponde a la altura de los asientos¹⁶. Para el cálculo se asume que se ubica a 40% de la altura del vehículo.

Altura del vehículo=1200 mm, 440 altura de los asientos.

$$1200 \quad 100\%$$

$$440 \quad x$$

$$x = \frac{440 * 100 \%}{1200} = 36,5\% \approx 40\% \text{ de la altura del vehículo}$$

$$h = 1200 * 0,4$$

$$h = 482 \text{ mm}$$

¹⁶ <http://mx.answers.yahoo.com/question/index?qid=2010830220308AA22RSt>

c. Determinación de las fuerzas que actúan sobre el sistema de suspensión.

Para el análisis de las fuerzas que actúan en el sistema de suspensión se tomará tres tipos de cargas en las cuales actúan este sistema.

- Atravesar un obstáculo.
- Tomar una curva.
- Frenar o acelerar.

c.1. Obstáculo en el camino.

Para este análisis se considera que el vehículo se encuentra transitando a una velocidad de $V = 25 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$, cuando se enfrenta a un obstáculo en la vía, el cual se asume que tiene una forma triangular de “altura 20 cm y un ángulo de 30° ”¹⁷.

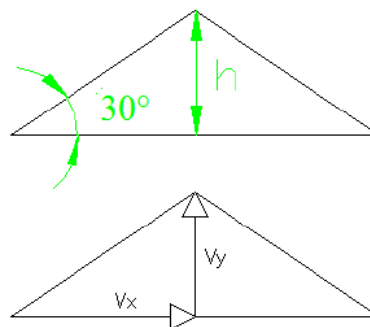


Figura. 3.35 Cambio de velocidad al cruzar un obstáculo

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

El momento en que el vehículo entra en contacto con el obstáculo se produce un cambio en la velocidad en sentido vertical, es decir, se origina una aceleración en sentido vertical que a su vez genera una fuerza que deberá ser absorbida por el sistema de suspensión.

¹⁷ Estos datos fueron obtenidos por mediciones de rompe velocidades de la ciudad, a la cual va dirigida este vehículo.

$$V_x = 25 \frac{\text{Km}}{\text{h}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} * \frac{1000\text{m}}{1\text{Km}} = 6,95 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_y = V_x * \tan(30^\circ) = 4 \quad \text{Ec. 3. 14}$$

La aceleración generada en sentido vertical se puede calcular con la siguiente ecuación.

$$V_{y2}^2 = V_{y1}^2 + 2ah \quad \text{Ec. 3. 15}$$

Remplazando en la ecuación 3.15, la velocidad inicial en sentido vertical es cero, por lo tanto la aceleración tiene un valor de:

$$a = \frac{V_{y2}^2}{2h} = \frac{4,0094^2}{2 * 0.20} = 40,19 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

La distribución de masas del vehículo es 55% en el eje delantero, la fuerza que soporta cada neumático delantero será de 27.5% de la masa del vehículo, es decir 110 kg debido a la distribución del peso hacia los dos neumáticos, por lo tanto la aceleración producida por el rompe velocidades es de:

$$F = m * a \quad \text{Ec. 3. 16}$$

$$F = 110\text{Kg} * 40,1877 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4420,65 \text{ N}$$

c.2. Vehículo en curva.

Cuando el vehículo toma la curva se produce una transferencia de peso hacia los neumáticos que se encuentran en el lado exterior de la curva. Esta transferencia de masa es producida como consecuencia de la fuerza centrífuga que actúa sobre el

vehiculó cuando este entra en una curva. Este movimiento se conoce como bamboleo.

Para determinar la magnitud de la fuerza lateral, se hará dos análisis con un radio de curvatura de una autopista, y el otro con un radio de curvatura de un parqueadero, a determinadas velocidades para ambos casos.

Esto es para analizar el efecto que tiene la fuerza centrípeta sobre el sistema de suspensión, ya que esta fuerza es la que evita que pierda la trayectoria de la curva.

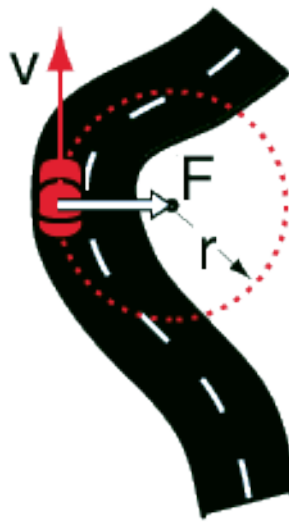


Figura. 3.36 Fuerza centrípeta en la curva

Fuente: (blogspot, 2010)

Caso 1:

El caso 1, se refiere a las condiciones cuando el vehículo va a tomar una curva en la autopista bajo ciertos parámetros ya determinados por normas.

$$V = 35 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 9,72 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$R = 30\text{m}$$

$$F_c = m \frac{v^2}{r} \quad \text{Ec. 3. 17}$$

Donde:

F_c : Fuerza centrípeta [N]

V : Velocidad Tangencial [m/s]

r : Radio [m]

m : Masa del Vehículo [Kg].

$$F_c = \frac{410 \text{ kg} * (9,722 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{30\text{m}}$$

$$F_c = 1291,79 \text{ N}$$

Asumiendo que los 3 neumáticos soportan la misma carga se obtiene el siguiente resultado:

$$F = \frac{F_c}{3}$$

$$F = \frac{1291,79}{3} = 430,60 \text{ N}$$

Caso 2:

En este caso se refiere cuando el vehículo entra en un parqueadero, esto es a velocidad mínima.

$$V = 10 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 2,778 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$R = 9 \text{ m}^{18}$$

$$F_c = \frac{410 \text{ kg} * (2,778 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{9\text{m}}$$

$$F_c = 351,51 \text{ N}$$

¹⁸ Norma para parqueaderos. “Ordenanza Municipal 033”. Quito, 2009.

Asumiendo que los 3 neumáticos soportan la misma carga se obtiene el siguiente resultado:

$$F = \frac{F_c}{3}$$

$$F = \frac{351,5089}{3} = 117,17 \text{ N}$$

c.3. Aceleración o frenada del vehículo.

El vehículo en su trayectoria experimenta aceleraciones extremas, en cualquier dirección, lo cual genera una transferencia de peso hacia el eje que se ubica en sentido contrario. Es decir, cuando el vehículo es acelerado, el peso se transfiere al eje posterior y si es frenado la transferencia del peso es hacia el eje delantero.

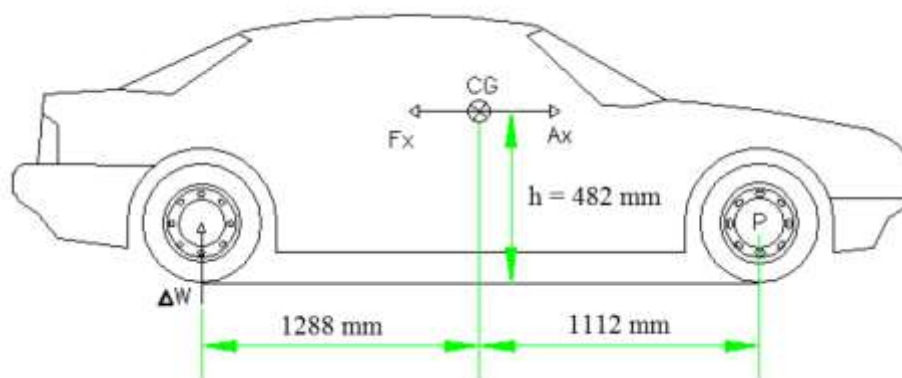


Figura. 3.37 Transferencia de masa debido a la aceleración.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

La transferencia de masa se puede calcular realizando una sumatoria de momentos en el punto P.

$$\sum M_P = 0 \quad \text{Ec. 3. 18}$$

$$\Delta w * 2400 = F_x * h$$

$$F_x = m * A_x$$

c.3.1. Vehículo en aceleración

El vehículo, según las especificaciones del controlador electrónico a usarse es de 0 a 50 Km/h en 12 segundos, en este caso la aceleración es lineal A_x es:

$$A_x = \frac{V_f - V_o}{t} \quad \text{Ec. 3. 19}$$

$$A_x = \frac{(13,889 - 0) \frac{m}{s}}{12 \text{ s}} = 1,14 \frac{m}{s}$$

El incremento de carga en las ruedas traseras, o disminución en las delanteras, debido a la acción de la aceleración es entonces:

$$\Delta w = \frac{m * A_x * h}{2400} \quad \text{Ec. 3. 20}$$

$$\Delta w = 95,30 \text{ N}$$

c.3.2. Vehículo en frenado.

El análisis es similar al anterior, lo que varía en este caso es la aceleración de frenado, Según las especificaciones de construcción de vehículos livianos tienen una desaceleración de 8 a 9 m/s².

$$\Delta w = \frac{m * A_x * h}{2400}$$

$$\Delta w = \frac{410 \text{ kg} * 9 \frac{m}{s^2} * 0,482 \text{ m}}{2400 \text{ m}}$$

$$\Delta w = 741,68 \text{ N}$$

Se puede apreciar que el efecto de frenado es más crítico que al acelerarlo.

d. Análisis de vibraciones.

El sistema de suspensión de un vehículo es de una naturaleza vibratoria por lo que presenta movimientos oscilatorios durante su funcionamiento. Sus elementos elásticos permiten disipar la energía por las irregularidades del camino en forma de calor.

El amortiguamiento se encuentra presente en los sistemas mecánicos reales, aunque en algunos casos puede ser despreciable por su pequeñez. El sistema mecánico de la figura se encuentra conformado por una masa, un resorte y un amortiguador. Al jalar la masa hacia abajo y soltarla, el sistema vibrará libremente. La amplitud resultante del movimiento disminuirá en cada ciclo a una razón que depende del amortiguamiento viscoso.

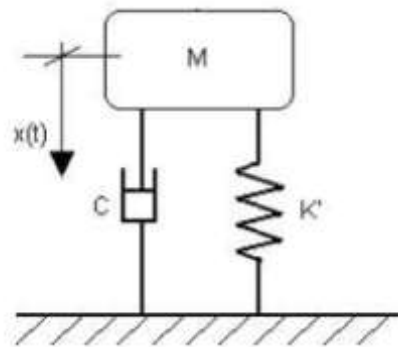


Figura. 3.38 Sistema masa, resorte, amortiguador.

Fuente: (scielo, 2001)

d.1 Determinación de las constantes.

El valor de la constante elástica del resorte se puede determinar en base a la geometría del muelle y al material del que está hecho según la siguiente ecuación:

$$K = \frac{d^4 \cdot G}{8D^3 \cdot N_a} \quad \text{Ec. 3. 21}$$

Donde:

K: Constante del resorte [N/m]

d: Diámetro del alambre [m]

G: Módulo de elasticidad cortante [GPa]

D: Diámetro de la espira [m]

Na: Número de espira.

El número de espiras activas del sistema de suspensión del vehículo en estudio es de 9.

Medidas del resorte:

- Diámetro del alambre: $d = 12\text{mm}$
- Diámetro de la espira: $D = 68\text{ mm}$

El material que están hechos los resorte es un acero aleado que brinda una mayor elasticidad, generalmente esta propiedad se logra utilizando materiales como cromo, el manganeso o el vanadio. El material más utilizado en la fabricación de muelles de suspensión y hojas de ballestas es el acero AISI/SAE 5160, cuyo módulo de elasticidad cortante es de 80 GPa. La constante elástica del resorte es entonces:

$$K = \frac{(12 * 10^{-3})^4 * (80 * 10^9)}{8(68 * 10^{-3})^3 * 9}$$

$$K = 73274,9847 \frac{N}{m} \approx 73000 \frac{N}{m}$$

Utilizando esos valores de las constantes, los parámetros de la ecuación del sistema son:

- Frecuencia Natural:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M}} \quad \text{Ec. 3. 22}$$

Donde:

k= constante del resorte [N/m]

M= masa no suspendida [Kg].

Masa total= 410 Kg.

La masa no suspendida corresponde al 10% de la masa total.

$$Wn = \sqrt{\frac{73000 \frac{N}{m}}{41 \text{ Kg}}}$$

$$Wn = 42,195 \frac{rad}{s} = 6,71Hz$$

3.5.4 Configuración geométrica del sistema de suspensión

La configuración geométrica del sistema se realizará en el software de diseño mecánico CAD, en este programa se parametrizará todos los elementos que comprende el sistema de suspensión los cuales se aprecian en las siguientes figuras:

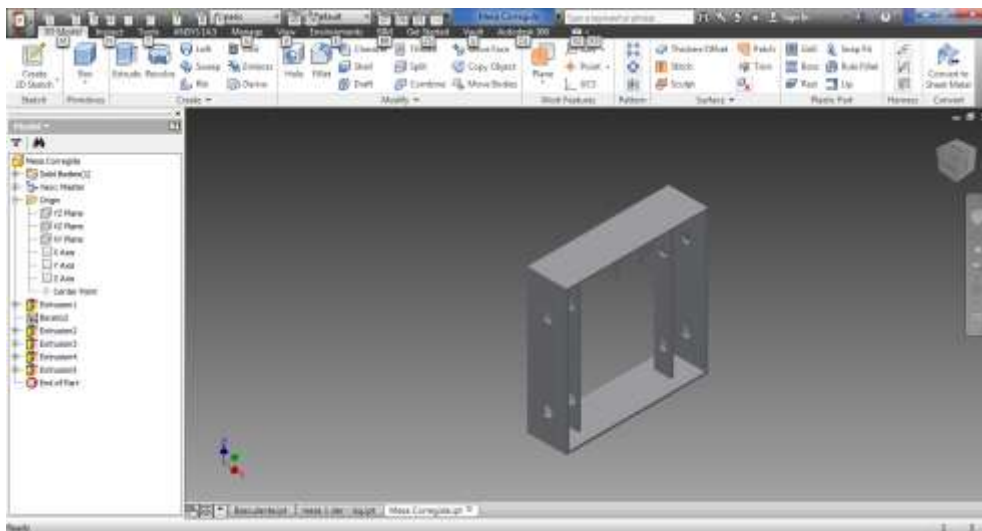


Figura. 3.39 Cápsula de las mesas.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

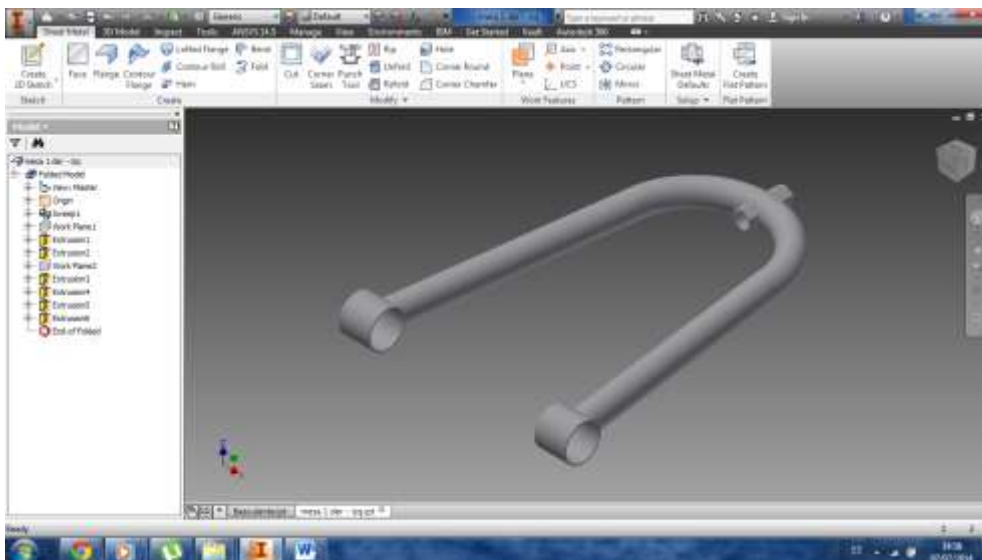


Figura. 3.40 Mesa Superior

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

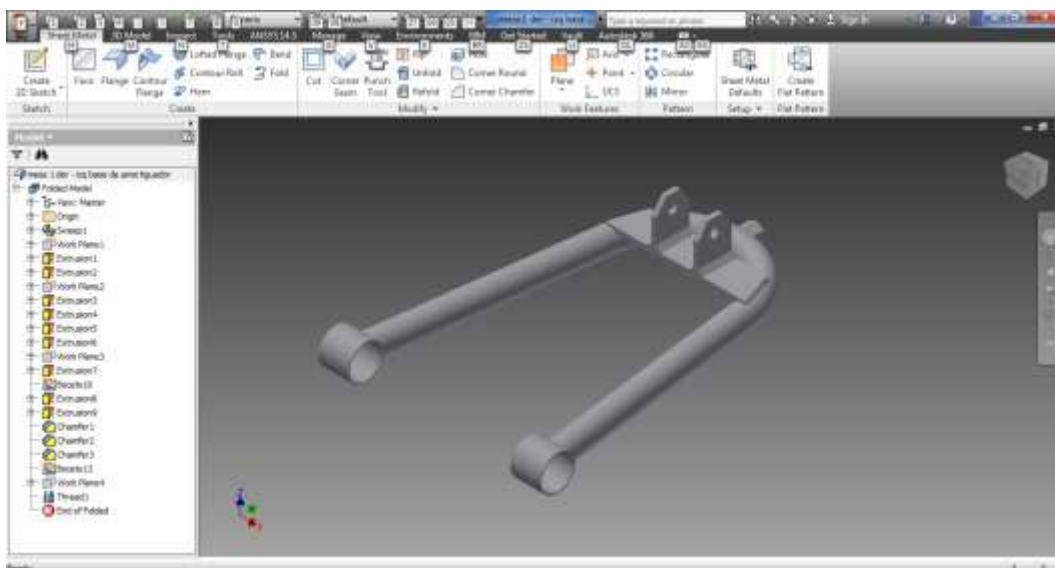


Figura. 3.41 Mesa Inferior.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

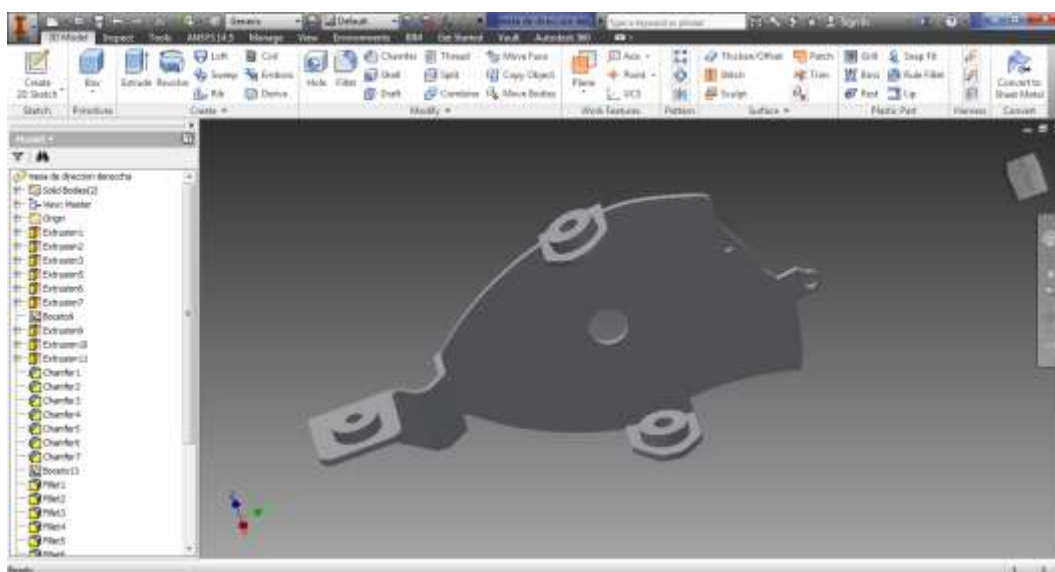


Figura. 3.42 Porta manguetas.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

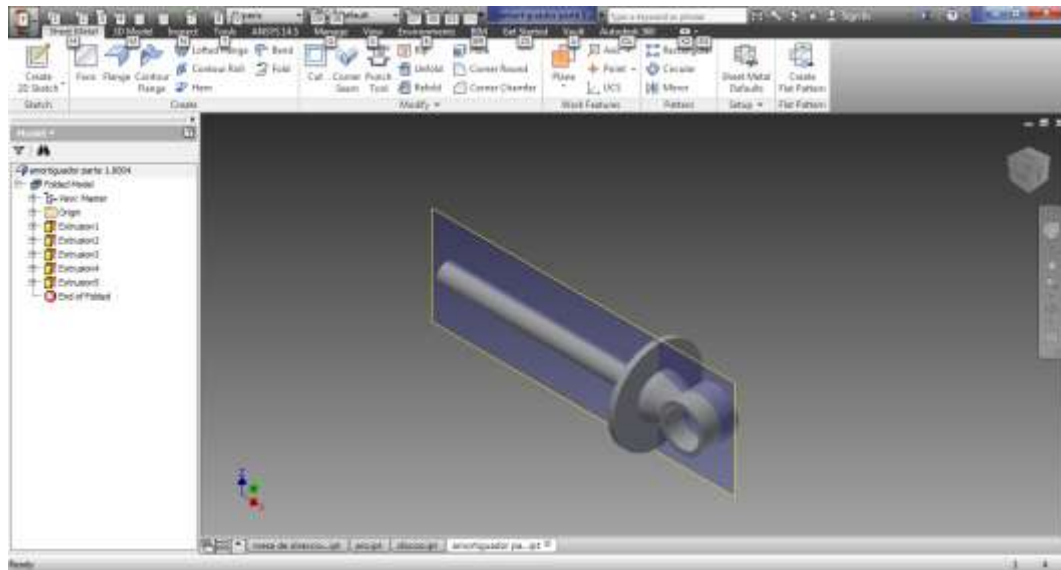


Figura. 3.43 Pistón del Amortiguador.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

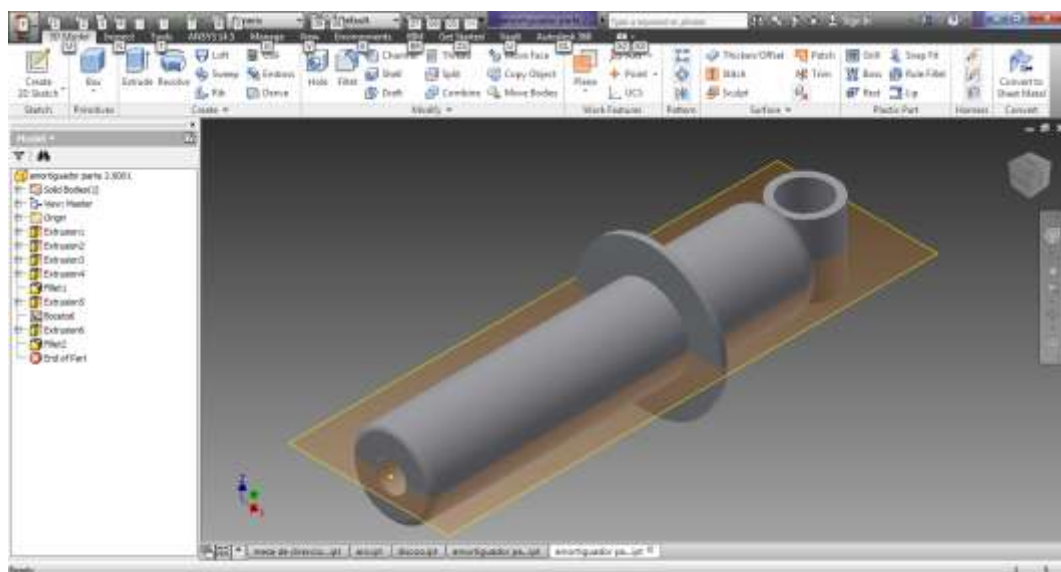


Figura. 3.44 Amortiguador Ensamblado.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).



Figura. 3.45 Espiral del Amortiguador.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

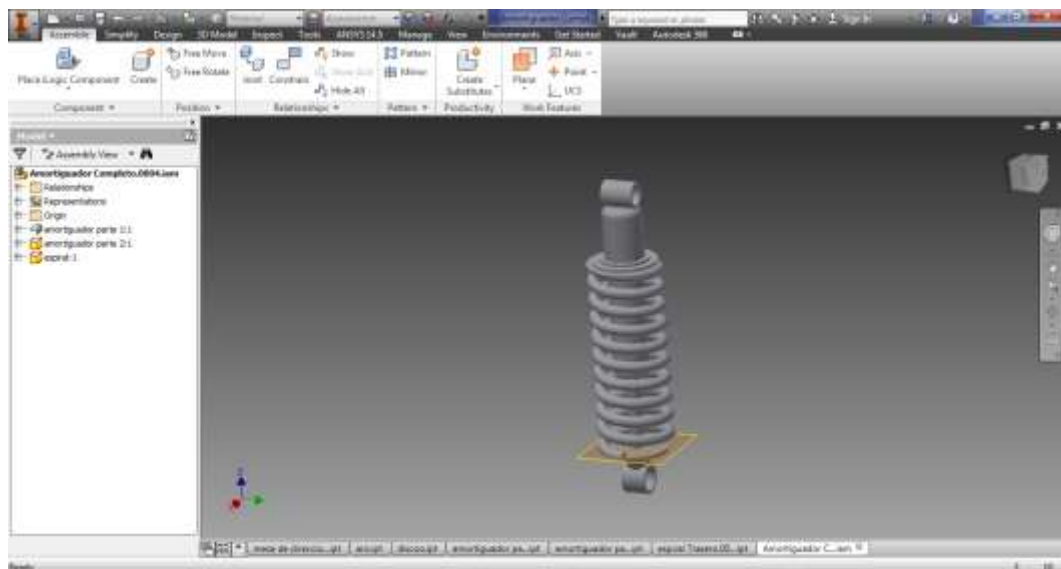


Figura. 3.46 Ensamble del amortiguador con el espiral.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

En la siguiente imagen se puede apreciar todo el ensamble del sistema de suspensión se construirá posteriormente.

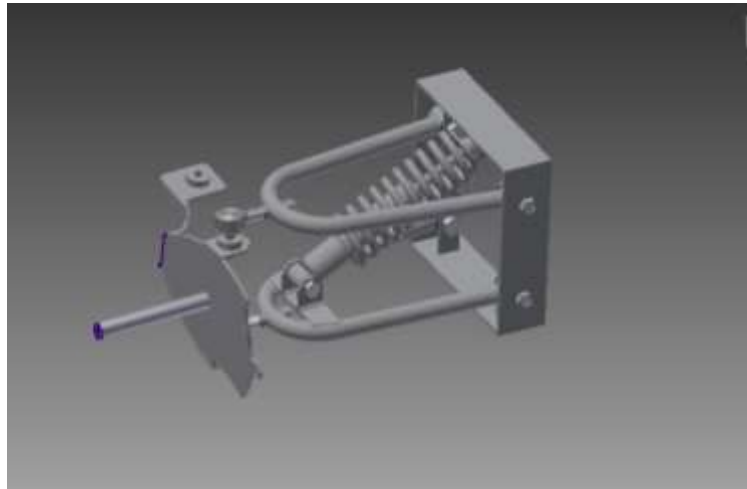


Figura. 3.47 Ensamble del sistema de suspensión

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

3.5.5 Simulación CAD-CAE del sistema de suspensión.

Los software CAE (Computer Aided Engineering) permite realizar análisis minuciosos mediante elementos finitos, en el cual se utilizará las siguientes opciones tales como: Analysis Structural es aquel que permite determinar la resistencia del material de forma estática, Modal esta opción permite definir las frecuencias de los diferentes elementos a analizar y Transient Structural es la opción encargada de generar la distribución de cargas en los elementos de los diferentes sistemas de suspensión mencionados anteriormente.

En la siguiente imagen se puede apreciar el esquema del proyecto a realizarse.

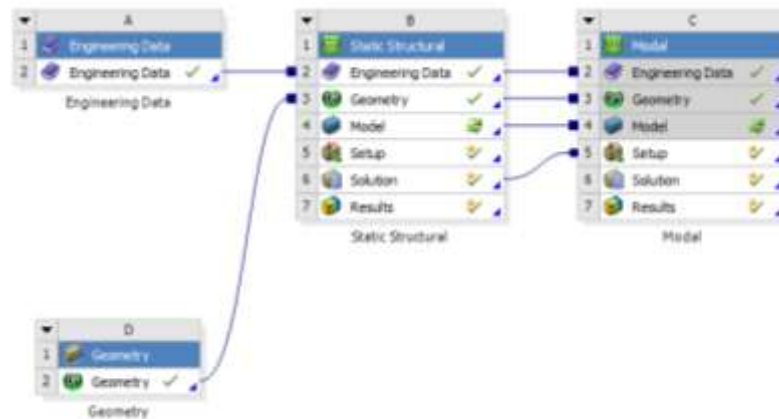


Figura. 3.48 Esquema del proyecto

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Como se puede apreciar en la Figura. 3.48 los tres módulos están enlazados entre sí, los cuales comparten los datos de la geometría, materiales, modelo mallado, después de realizar estos pre procesos se procederá a realizar las diferentes configuraciones en la pantalla de Workbench.

En la Figura. 3.49, se puede apreciar el sistema de suspensión importado desde el software CAD hacia Workbench, lo cual servirá para las diferentes configuraciones en distintos análisis .

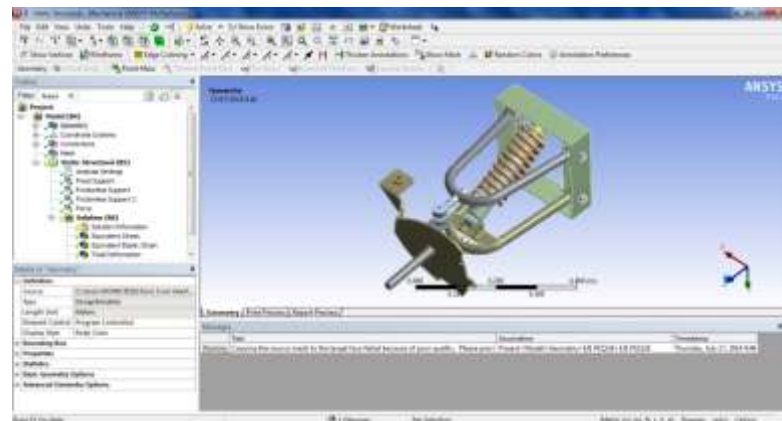


Figura. 3.49 Sistema de Suspensión Importado a Workbench.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

Cuando el modelado este importado a Workbench se procederá a realizar las diferentes conexiones existentes en el sistema de suspensión, estas conexiones simulan los movimientos que pueden generar el sistema, los mismos que se aprecian en la Tabla 3.10 y en las siguientes imágenes.

Tabla 3.10 Uniones utilizadas en el Sistema de Suspensión.

Unión	Elementos
Revolute	Tapa del resorte – Resorte
Revolute	Resorte- Soporte del resorte
Traslational	Amortiguador parte 1 – Amortiguador parte 2
Spherical	Acople Rótula – Rótula
General (Rotación en Z)	Cápsula de Mesa – Mesa
Spring (Amortiguador)	Pistón – Base del cilindro Amortiguador.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

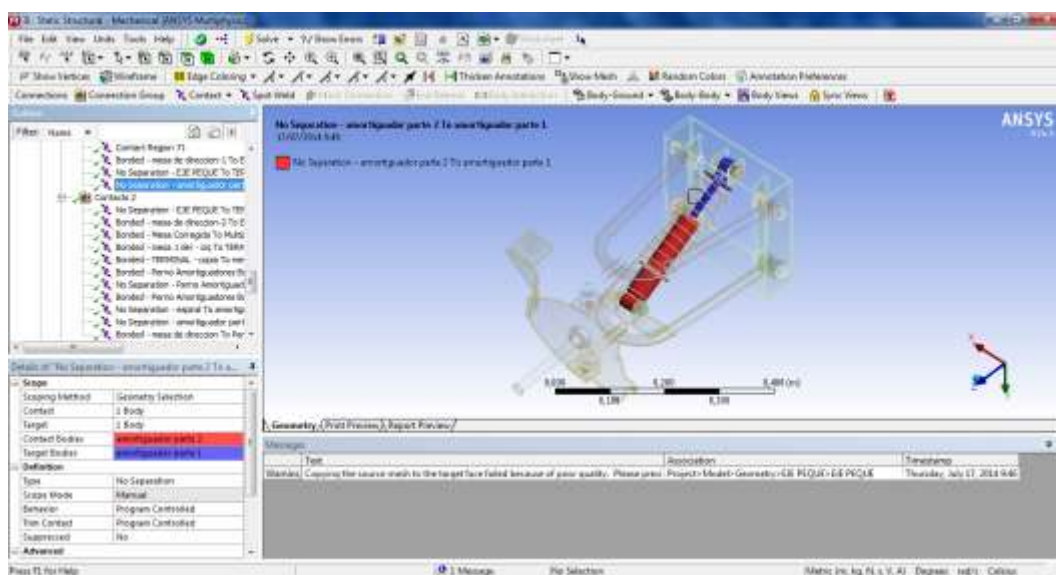


Figura. 3.50 Conexión No Separation Amortiguador parte 2 - Amortiguador parte 1

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

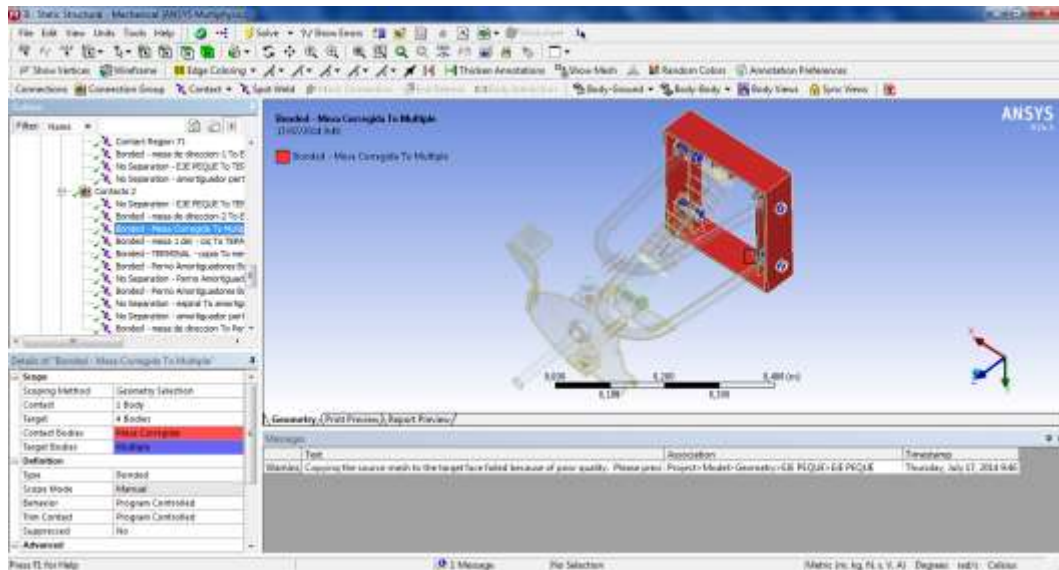


Figura. 3.51 Conexión Bonded Mesa Corregida – Múltiple

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

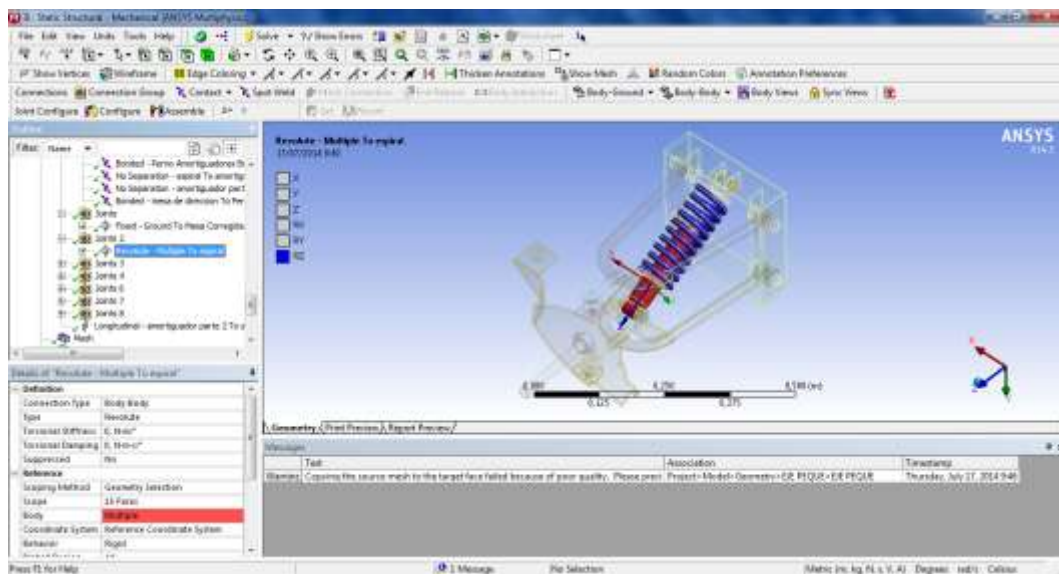


Figura. 3.52 Conexión Revolute Múltiple – Espiral

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

a. Mallado:

El mallado permite dividir los objetos modelados en pequeños elementos denominados “elementos finitos”, que permitirán obtener los resultados finales de todo el conjunto.

El mallado de la configuración es un paso muy importante debido a que este es primordial para la obtención de resultados aproximados a la realidad.

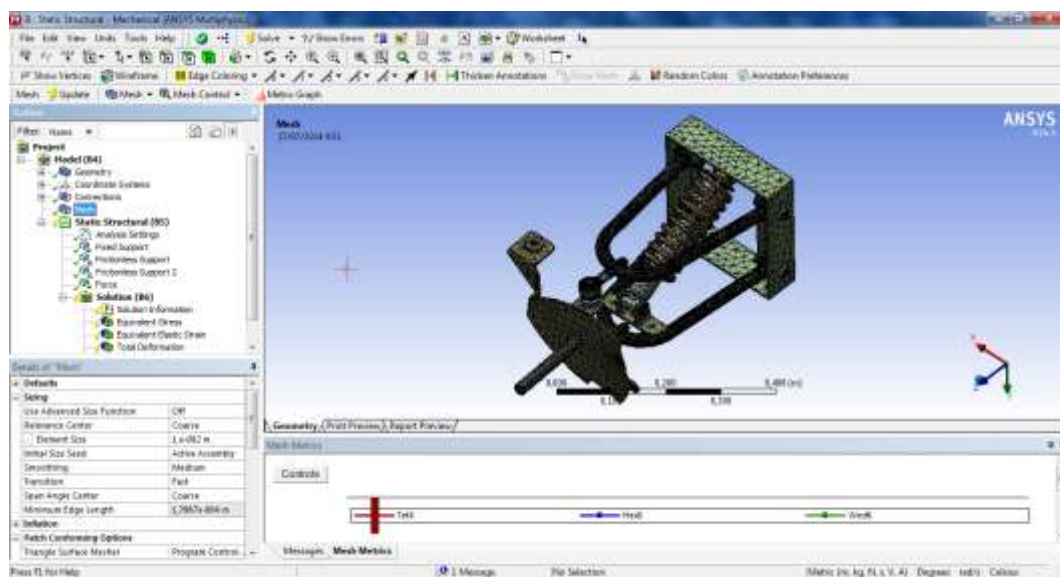


Figura. 3.53 Mallado del sistema de suspensión

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

b. Análisis estático estructural

Este análisis consiste en verificar si los materiales a utilizar son resistentes para el trabajo al que van a estar sometidos. El objetivo de este análisis es para determinar la deformación total y cuál es su factor de seguridad.

Se va a utilizar la el peso del vehículo para este análisis que es de 4018 N, esto dividido entre los tres neumáticos es 1400 N este dato fue calculado en el capítulo III.

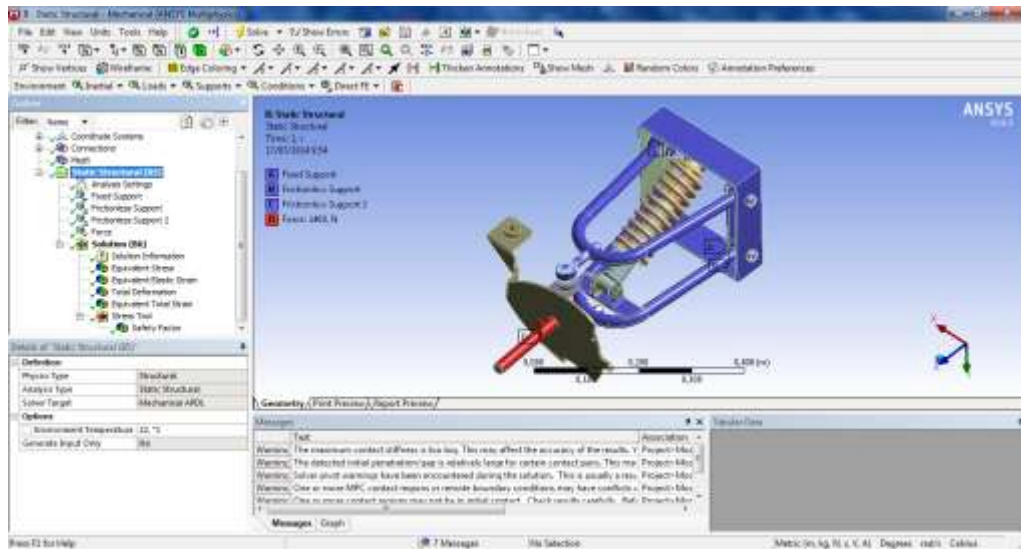


Figura. 3.54 Análisis estructural de la suspensión

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

A continuación en la figura 3.55 se muestra la posible deformación total en el eje y del sistema de suspensión es de 0.00015 m y el factor de seguridad figura 3.56 cuyo valor es de 5 llegando a la conclusión que el diseño del sistema de suspensión es adecuado para el proyecto a realizarse.

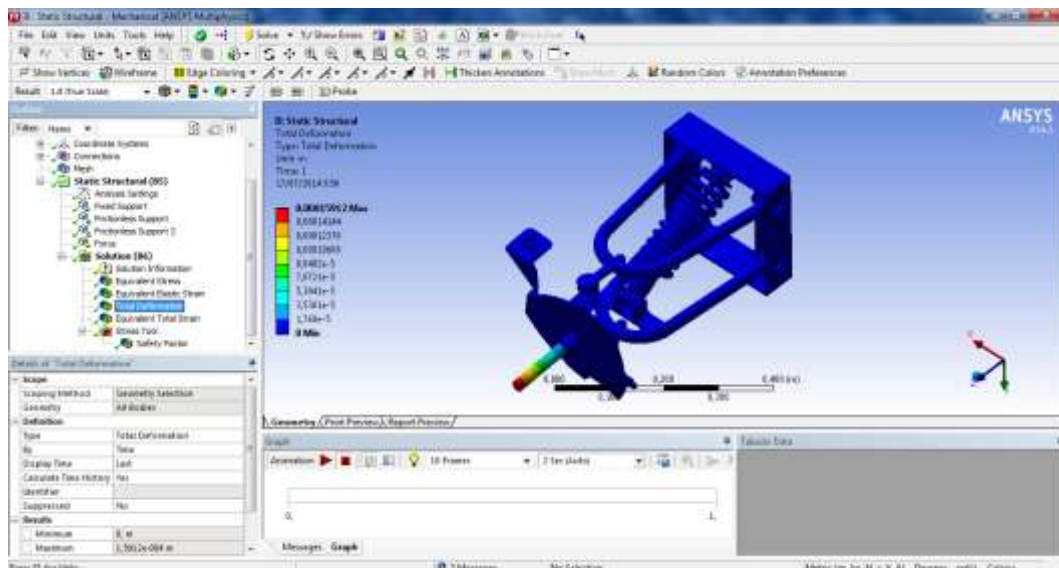


Figura. 3.55 Resultado de la deformación total en el sistema de suspensión

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

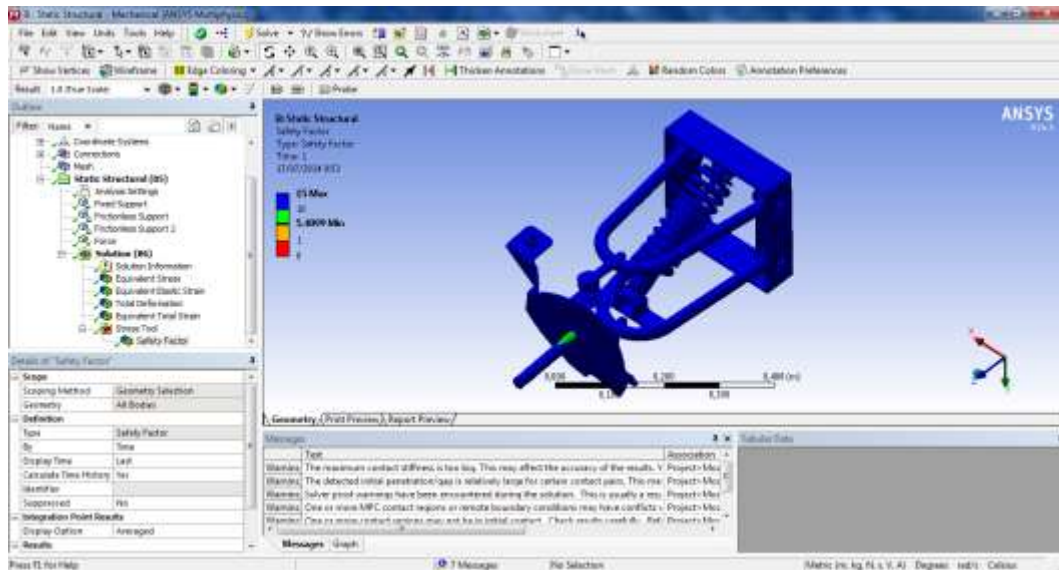


Figura. 3.56 Factor de seguridad

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

c. Análisis Transiente.

Este análisis permite determinar la respuesta dinámica del sistema de suspensión bajo cualquier tipo de carga variante en el tiempo, también evaluar las respuestas de los cuerpos deformables cuando los efectos de inercia no son despreciables.

En este análisis se utiliza la fuerza producida por el sistema de suspensión cuando este cae en un bache siendo esta fuerza la más crítica en el sistema de suspensión el valor de esta fuerza es de 4420 N.

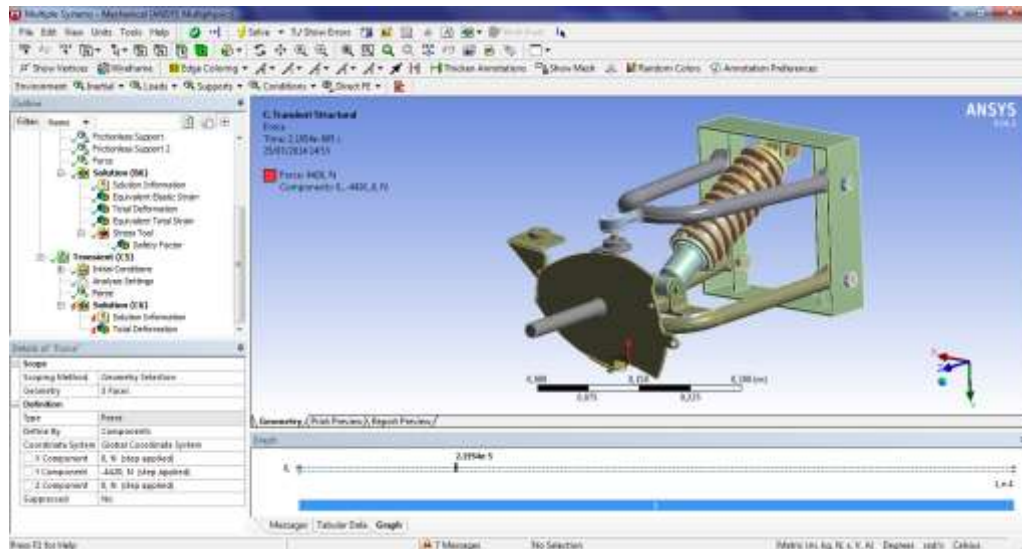


Figura. 3.57 Fuerza en el análisis transiente.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

En la figura 3.58 se determina el valor de deformación del sistema de suspensión cuando este se encuentra en movimiento dando como resultado una deformación máxima de 0,0037 m, determinando que el diseño presente de la suspensión es el adecuado para el vehículo eléctrico biplaza plegable.

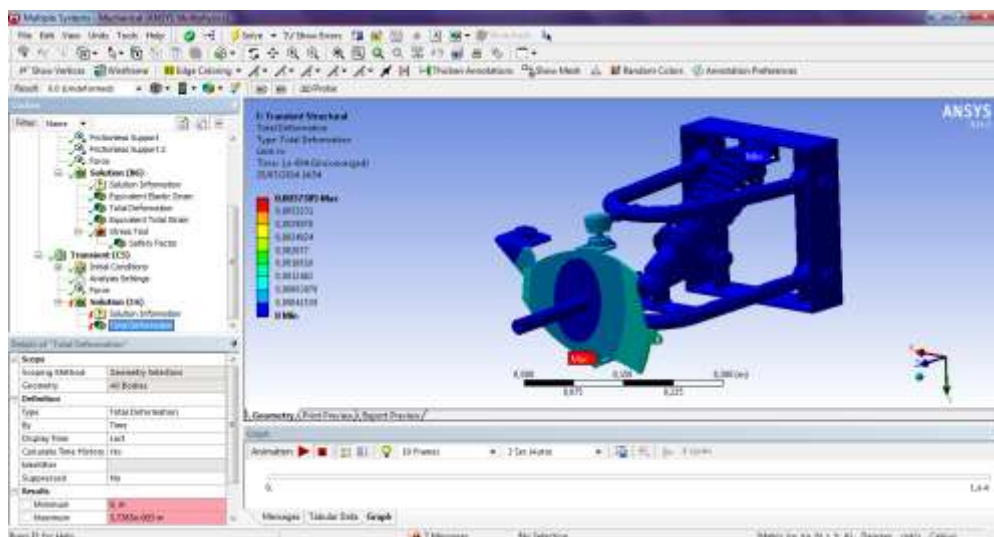


Figura. 3.58 Deformación del sistema de suspensión en análisis transiente.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

En este análisis se determina también el factor de seguridad cuando el sistema se encuentra en movimiento, como se puede apreciar en la figura 3.59, el análisis en el software CAE da como resultado el factor de seguridad de 5, siendo este factor de diseño adecuado para el sistema de suspensión.

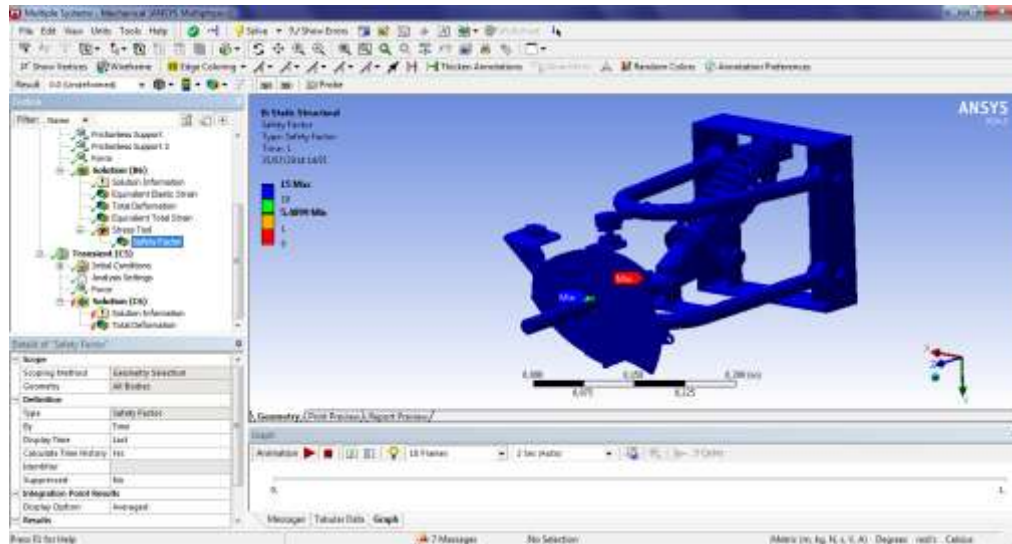


Figura. 3.59 Factor de diseño del sistema de suspensión en transiente.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

3.6 Diseño del Sistema de Frenos.

Función: Disminuir la velocidad y detener el vehículo eléctrico.

Objetivo: Minimizar peso y consumo de energía.

Los elementos del sistema de frenos no es necesario la selección y análisis del material de sus componentes, debido a la gran variedad de stock existente en el mercado automotriz.

3.6.1 Requerimientos para el diseño.

RESTRICCIONES.

- Masa (1-4 kg)
- Durabilidad de los elementos.
- Presión de la bomba principal.
- Espacio optimizado para los componentes del freno.
- Acceso rápido a componentes.
- Fácil mantenimiento.
- Costo (250 USD)

LIMITACIONES.

- Distancia de frenado.
- Tiempo de frenado.
- Característica de la bomba
- Característica de las mordazas.

3.6.2 Diseño conceptual

En este sistema se tiene tres alternativas a elegir, en este parámetro se debe tener muy en cuenta que estos sean seguros.

Tabla 3.11 Mapa Morfológico del Sistema de Frenos

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Tipo de Frenos	DISCO	TAMBOR	AIRE
Característica			
Transmisión de calor	Buena	Mala	Regular
Área de contacto pastillas o zapatas.	Menor	Mayor	Mayor
Peso de los componentes.	Liviano	Pesado	Pesado
Tamaño de los componentes	Pequeños.	Medianos	Grandes
Costo de los elementos	Alto	Considerable	Alto
Regulación	Automática	Manual	Manual
Reacción al Frenar	Rápida	Normal	Rápida
Desgaste de elementos	Rápido	Lento	Rápido

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Tabla 3.12 Ponderación Sistema de Frenos.

CARACTERÍSTICAS	PESO	DISCO	TAMBOR	AIRE
Transmisión de calor	0.2	10	8	7
Área de contacto pastillas o zapatas.	0.1	10	9	10
Peso de los componentes.	0.3	10	9	3
Tamaño de los componentes	0.1	9	8	3
Costo de los elementos	0.1	8	10	4
Regulación	0.05	7	6	5
Reacción al Frenar	0.1	9	8	9
Desgaste de elementos	0.05	9	8	6
TOTAL	1	9,00	8,25	5,87

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

a. Alternativa de diseño ideal

De acuerdo al análisis de la Tabla 3.11, los **frenos de disco** es la opción adecuada para el vehículo eléctrico biplaza, por su rápida reacción al frenado, mayor seguridad y menor peso de sus elementos, para corroborar la respuesta, se presenta una tabla de ponderación la cual determina que la mejor opción es los frenos de disco con un promedio de 9/10.



Figura. 3.60 Frenos de disco

Fuente: (dinaserver, 2013).

3.6.3 Parámetros de diseño

a. Ecuación fundamental del frenado.

Para el análisis del sistema de frenado se considerará que el movimiento se produce en recta y sin acciones laterales, despreciándose los efectos de la suspensión, por lo que el análisis de esfuerzos y movimientos se basará en la figura 3.62. Se trata de un modelo de vehículo plano donde cada rueda representa a su eje, es decir, en la rueda delantera de la figura actuarán la suma de las fuerzas que actúan sobre cada una de las ruedas del eje delantero y de la misma forma para el eje posterior.

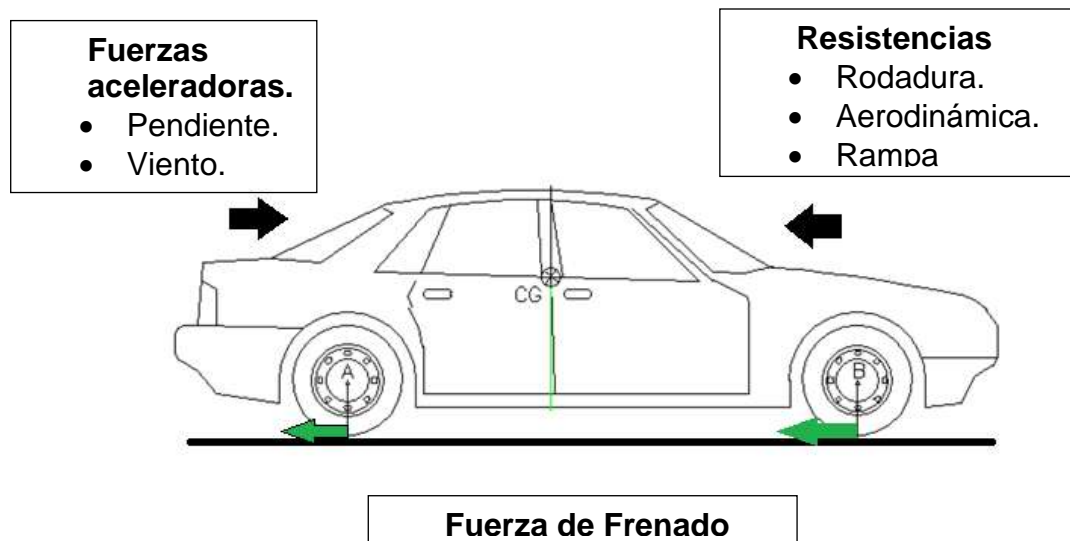


Figura. 3.61 Esfuerzos y Movimientos que intervienen en el frenado.

Fuente: (De la Cruz.A - Inga.R)

Si se considera las diversas sollicitaciones a las que está sometido un vehículo en el proceso de frenado, se tiene la siguiente ecuación dinámica.

$$\sum F_{resist} - \sum F_{acel} + F_f = m * a \quad \text{Ec. 3. 23}$$

Dónde:

m: Masa del vehículo. [Kg]

a : Aceleración longitudinal del vehículo. [m/s²]

$\sum F_{resist}$: Total de fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo. [N]

$\sum F_{resist}$: Total de fuerzas que favorecen al movimiento del vehículo. [N]

F_f : Fuerza de frenado que se genera en el contacto entre la rueda y el suelo. [N]

Se van a considerar las fuerzas que actúan en la dirección longitudinal del vehículo, admitiendo con signo positivo aquellas que contribuyan al frenado y como negativas las que lo dificulten.

A continuación se analizará las diferentes fuerzas que intervienen en el frenado.

b. Resistencia al avance por rodadura.

Se tendrá en cuenta las resistencias al avance debidas a las pérdidas por rodaduras del vehículo, como suma de las fuerzas que se generan en cada neumático a consecuencia de su rodadura y que se opone al avance del mismo, las cuales son producidas por diversos factores, tantos propios del neumático como propios de la superficie de contacto a diversas condiciones de operación. Por esta razón no es sencillo obtener una expresión matemática que cuantifique el valor de dicha resistencia, considerándose, para el análisis de la dinámica del frenado de los vehículos, la siguiente expresión:

$$F_r = f_r * F_z \quad \text{Ec. 3. 24}$$

Dónde:

f_r : Coeficiente de resistencia a la rodadura.

F_z : fuerza de reacción vertical del suelo en el neumático [N]

La resistencia al avance del vehículo completo será la suma de la resistencia debida a las tres ruedas, en este caso en que se utilizan modelos planos, la suma de la resistencia de ambos ejes, esto es:

$$F_r = F_{rd} * F_{rt} \quad \text{Ec. 3. 25}$$

$$F_r = f_r * P$$

$$F_r = f_r * m * g$$

$$f_r = 0,0085 + \frac{0,018}{P} + \frac{1,59 * 10^{-6}}{P} v^2 \quad (\text{Según Cooper}) \text{ Ec. 3. 26}$$

La presión de los neumáticos de los vehículos en su mayoría es de 30 lbs/in² equivalente a 2 bares¹⁹.

$$f_r = 0,0085 + \frac{0,018}{2bar} + \frac{1,59 * 10^{-6}}{2bar} \left(50 \frac{km}{h}\right)^2$$

$$f_r = 0,019$$

$$F_r = 0,019 * 410 Kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_r = 78,35 N$$

c. Resistencia aerodinámica

La resistencia al avance debida a la aerodinámica tiene un efecto importante sobre el frenado de los vehículos cuando se circula a velocidades elevadas, siendo prácticamente despreciable a velocidades bajas.

Esta fuerza de resistencia es función de diversos factores que se pueden englobar en:

- Forma y área frontal.

¹⁹ <http://autos.starmedia.com/seguridad-vial/cual-presion-correcta-neumaticos.html>

- Densidad del aire
- Velocidad de circulación

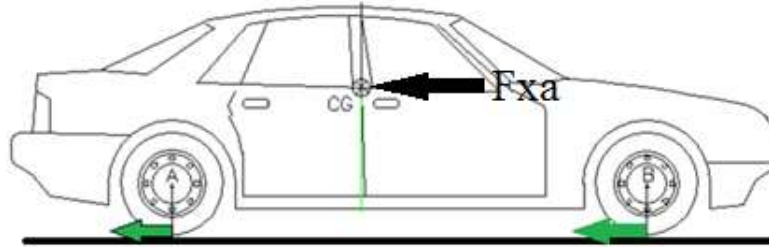


Figura. 3.62 Resistencia Aerodinámica

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

La expresión para el análisis de la fuerza de resistencia aerodinámica del vehículo es la siguiente:

$$F_{xa} = \frac{1}{2} \rho * C_x * A_f * V^2 \quad \text{Ec. 3. 27}$$

Dónde:

ρ : Densidad del aire [Kg/m^3]

C_x : Coeficiente aerodinámico del vehículo, depende de su geometría.

A_f : Área frontal del vehículo [m^2].

V : Velocidad de circulación [m/s].

El efecto aerodinámico es mayor en los vehículos industriales que en los de turismo, dado que se incrementa su área frontal como el coeficiente aerodinámico, otros efectos que pueden afectar son los asociados a la sustentación del vehículo o los de cabeceo, que modifican la carga dinámica de los ejes. Éstos, en vehículos convencionales, se pueden despreciar, por lo que no van a ser considerados en el análisis de la dinámica de frenado.

ρ : 2,25 Kg/m^3 .

$$C_x: 0,4^{20}$$

$$A_f: 1,7672 \text{ m}^2$$

$$V: 50 \text{ Km/h} = 13,8 \text{ m/seg.}$$

$$F_{xa} = \frac{1}{2} 2,25 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,4 * 1,7672 \text{ m}^2 * \left(13,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right)^2$$

$$F_{xa} = 151,68 \text{ N}$$

d. Efecto rampa pendiente.

Cuando el vehículo circula sobre una superficie con una pendiente o rampa determinada θ , la componente del peso en dirección longitudinal será una resistencia de avance (frenará) cuando el vehículo asciende sobre una rampa e intentará acelerar en los descensos.

En la ecuación de la dinámica longitudinal se considera siempre como una fuerza de resistencia, es decir, sumada a la de frenado y aplicada en el centro de gravedad del vehículo en dirección paralela al suelo según la expresión.

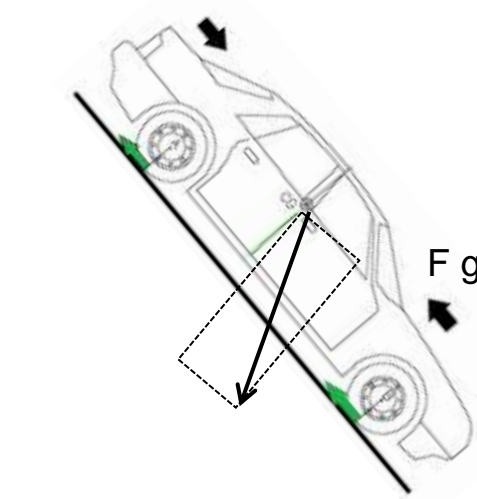


Figura. 3.63 Frenado en pendiente.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

²⁰ http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_aerodin%C3%A1mica

$$F_g = P * \text{sen}\theta$$

Ec. 3. 28

$$F_g = m * g * \text{sen}\theta$$

$\text{sen}\theta = 60^\circ$ Angulo máximo de una pendiente.

$$F_g = 410 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \text{sen}(60^\circ)$$

$$F_g = 3479,6 \text{ N}$$

e. Fuerza de frenado.

La fuerza de frenado es la que se desarrolla en el contacto con el neumático-calzada como reacción al par que se opone al movimiento de giro de dicho neumático, estando limitada principalmente por la adherencia. Si se supera el límite de adherencia del contacto rueda-calzada, se produce el bloqueo de la rueda.

Los pares de frenado en las ruedas que no tienen tracción son debidos a las fuerzas que genera el sistema de frenos, como consecuencia de la fricción de las pastillas contra el disco de frenos.

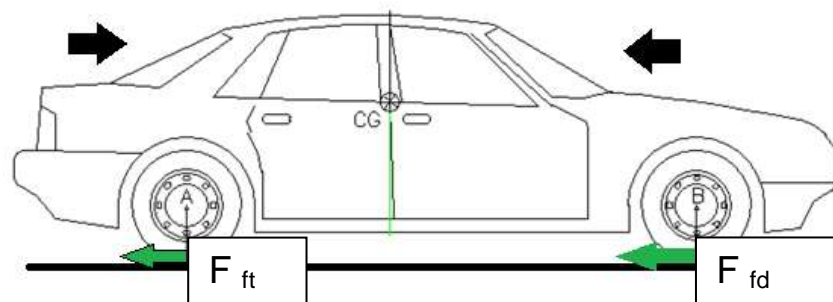


Figura. 3.64 Fuerza de frenado.

Fuente: (De la Cruz.A - Inga.R)

$$\mathbf{F_r + F_{xa} + F_g + F_f = m * a} \quad \text{Ec. 3. 29}$$

Despejando F_f de la ecuación anterior, se tiene

$$F_f = (m * a) - F_r - F_{xa} + F_g$$

$a = Ax = 1,137 \frac{m}{s^2}$ dato obtenido de los cálculos del sistema de suspensión.

$$F_f = \left(410 \text{ Kg} * 1,137 \frac{m}{s^2} \right) - 78,351 \text{ N} - 157,68 \text{ N} + 3479,6 \text{ N}$$

$$F_f = 3709,74 \text{ N}$$

En los frenos de disco, al incrementar la presión en el circuito de frenos se desplazan unas pastillas que, al rozar contra el disco, generan una fricción de valor $F_{f\text{-disco}}$ aplicada a una distancia del eje de la rueda. En este caso el par de frenado será:

$$\mathbf{M_f = F_{f\text{-disco}} * r_{disco}} \quad \text{Ec. 3. 30}$$

Donde:

$r_{disco} = 0,08 \text{ m}$ es el radio medio del disco.

$$M_f = 3709,74 \text{ N} * 0,08 \text{ m}$$

$$M_f = 296,78 \text{ Nm}$$

f. Tiempo de frenado

Si se conoce la deceleración, puede obtenerse un tiempo de parada a partir de la expresión:

$$t_{V1-V2} = \int_{V1}^{V2} \frac{dV}{a} = \int_{V1}^{V2} \frac{dV}{F_f + m * g * \text{sen}\theta + m * g * f_r + 0,5 * \rho * C_x * A_f * V^2} \quad \text{Ec. 3. 31}$$

Con lo que se obtiene el tiempo requerido para decelerar entre dos velocidades, que será:

$$t_{V1-V2} = \frac{m}{A} * (\text{tg}^{-1}BV_1 - \text{tg}^{-1}BV_2) \quad \text{Ec. 3. 32}$$

$$A = [0,5 * \rho * C_x * A_f * (F_f + m * g * \text{sen}\theta + m * g * f_r)]^{1/2} \quad \text{Ec. 3. 33}$$

$$B = \left(\frac{0,5 * \rho * C_x * A_f}{F_f + m * g * \text{sen}\theta + m * g * f_r} \right)^{1/2} \quad \text{Ec. 3. 34}$$

En el caso de despreciar los efectos aerodinámicos se simplifica la expresión y la integración del tiempo de deceleración queda:

$$t_{V1-V2} = m * \frac{1}{F_f + m * g * \text{sen}\theta + m * g * f_r} * (V1 - V2) \quad \text{Ec. 3. 35}$$

En el caso de estimar el tiempo hasta la detención total del vehículo ($V_2=0$) se tiene que el tiempo de parada, desde una velocidad V_1 , será:

$$t_{V1-0} = m * \frac{V_1}{F_f + m * g * \text{sen}\theta + m * g * f_r}$$

$$t_{V1-0} = m * \frac{V_1}{F_f + F_g + F_r} + t_{reacción}$$

$$t_{V1-0} = 410 \text{ Kg} * \frac{1,38 \frac{m}{s}}{(3709,74 + 3479,6 + 78,35) \frac{Kg \cdot m}{s^2}} + 3 \text{ s}$$

$$t_{V1-0} = 3,7 \text{ s} \approx 4 \text{ s} \text{ (Tiempo de frenado).}$$

$$d = \frac{m}{\rho * C_x * A_f} \ln \left(1 + \frac{0,5 * \rho * C_x * A_f}{F_f + m * g * \text{sen}\theta + m * g * f_r} \right) \quad \text{Ec. 3. 36}$$

$$d = \frac{410 \text{ Kg}}{2,25 \frac{kg}{m^3} * 0,4 * 1,7672 m^2} \ln \left(1 + \frac{151,68 \text{ N}}{7267,57 \text{ N} + 3479,67 \text{ N} + 78,36 \text{ N}} \right)$$

$$d = 2,1 \text{ m} \text{ (Distancia de frenado en 4 seg.)}$$

g. Fuerza ejercida sobre el cilindro maestro.

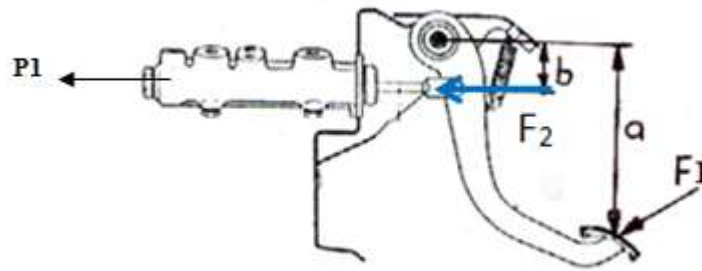


Figura. 3.65 Distribución de fuerzas, para accionar el cilindro maestro

Fuente: (dspace, 2011)

$$\sum Mo = 0 \quad \text{Ec. 3. 37}$$

$$F1 * a - F2 * b = 0$$

$$F2 = \frac{F1 * a}{b}$$

$$a=30\text{cm}$$

$$b=20\text{cm}$$

$$F1=294\text{N}^{21}$$

$$F2 = \frac{294\text{N} * 30\text{cm}}{20\text{cm}}$$

$$F2 = 441 \text{ N}$$

A continuación se calcula la fuerza F3 que se genera en los pistones de los cilindros de ruedas posteriores.

²¹ (NÚÑEZ VERA XAVIER ALEXANDER, 2013)

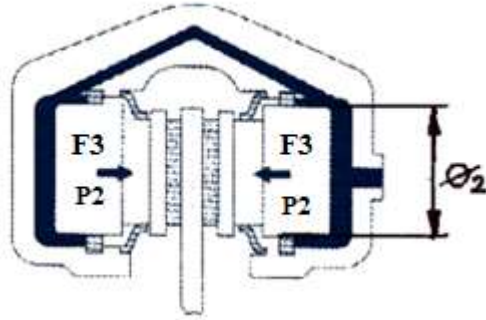


Figura. 3.66 Fuerzas que accionan la mordaza para frenar.

Fuente: (dspace, 2011)

$$P1=P2$$

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. 3. 38}$$

$$\frac{F2}{A2} = \frac{F3}{A3}$$

$$F3 = \frac{F2 * \phi_3^2}{\phi_2^2}$$

$$\phi_2=22 \text{ mm}$$

$$\phi_3=40 \text{ mm}$$

$$F3 = \frac{441 \text{ N} * 40^2}{22^2}$$

$$F3 = 1457,85 \text{ N}$$

Se multiplica por 3, debido a que el vehículo tiene tres ruedas.

$$F3 = 1457,85 \text{ N} * 3$$

$$F3 = 4373,55 \text{ N}$$

En conclusión el vehículo se detendrá, debido a que la fuerza ejercida en los pistones de los cilindros de las ruedas es mayor la fuerza de frenado.

$$F_3 > F_f$$

$$4373,55 \text{ N} > 3709,74 \text{ N}$$

3.6.4 Configuración geométrica del sistema de frenos.

A continuación se muestra la configuración geométrica del disco de frenos, el cual se parametrizará en un software CAD, para posteriormente analizar este elemento en un software CAE.

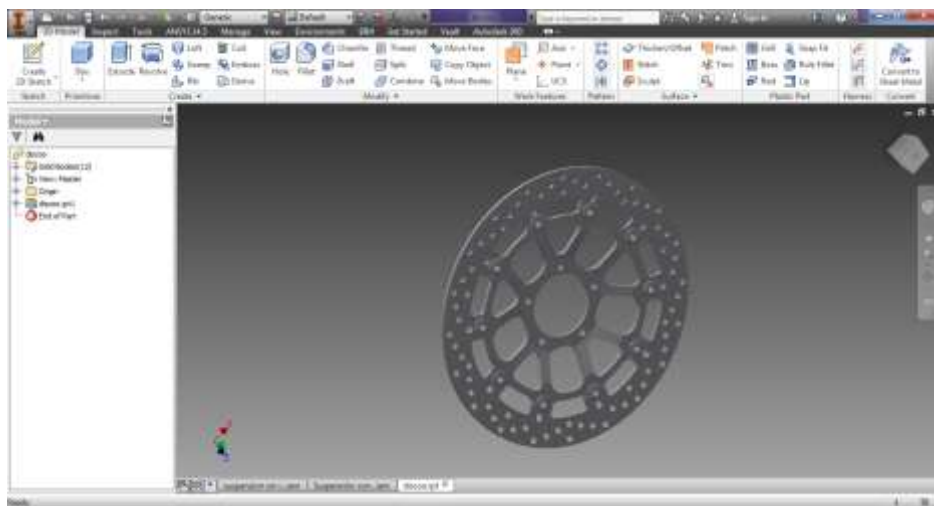


Figura. 3.67 Configuración disco de fresco

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Este elemento constituye un elemento primordial en este sistema ya que este sostiene a las mordazas, y también otras partes de los demás sistemas.

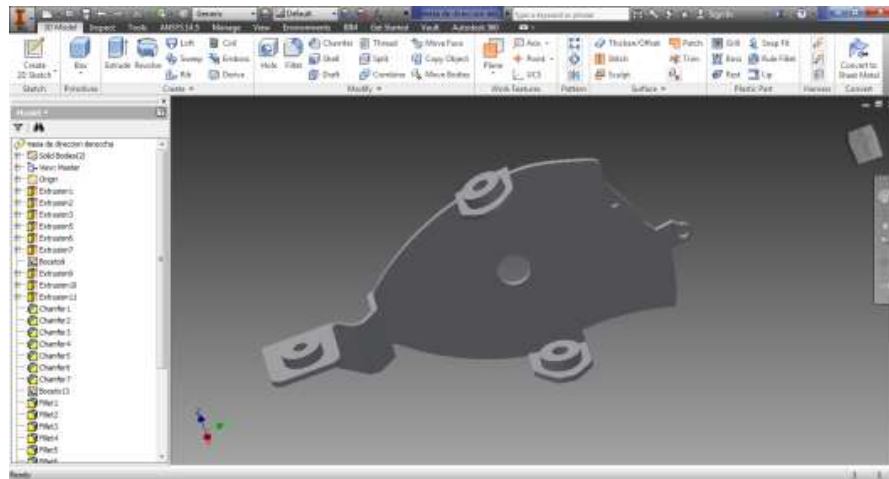


Figura. 3.68 Configuración de la porta manguetas

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)



Figura. 3.69 Ensamble del sistema en Inventor

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

3.6.5 Simulación CAD-CAE del sistema de frenos.

El software CAE, permite realizar el análisis y la simulación bajo condiciones aparentemente reales, con el fin de llegar a un producto optimizado, que permite verificar la factibilidad del mismo, obteniendo el análisis de esfuerzos mecánicos, térmicos, deformaciones, análisis de estrés, cinemática y dinámica.

Para este análisis se considerará el estudio del disco de frenos, el cual es fabricado de una aleación de aluminio, con el objetivo de verificar si el disco de frenos de una moto puede ser adaptado al vehículo eléctrico biplaza y trabaje a condiciones adecuadas, los demás componente del sistema de frenado como: la bomba de frenos, cañerías, acoples; no se consideran, porque son elementos normados, estandarizados y comprobados por los fabricantes antes de salir al mercado.

En la siguiente imagen se puede apreciar el esquema del proyecto a ser analizado en el software CAE

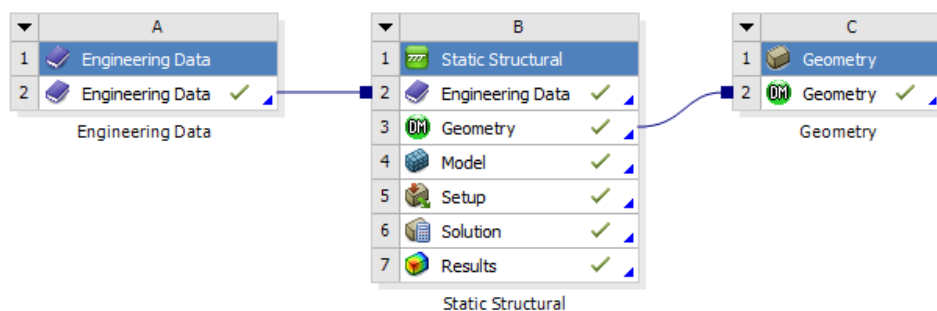


Figura. 3.70 Esquema del proyecto disco de frenos

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Como se aprecia en la Figura. 3.70 los tres módulos del proyecto se encuentran enlazados entre sí, los cuales comparten los datos de la geometría, materiales, modelo mallado.

En la Figura. 3.71, se aprecia configuración geométrica del disco de freno, importado al software CAE, lo cual permite seleccionar el material del disco previo al análisis, el material que se selecciona es aleación de aluminio

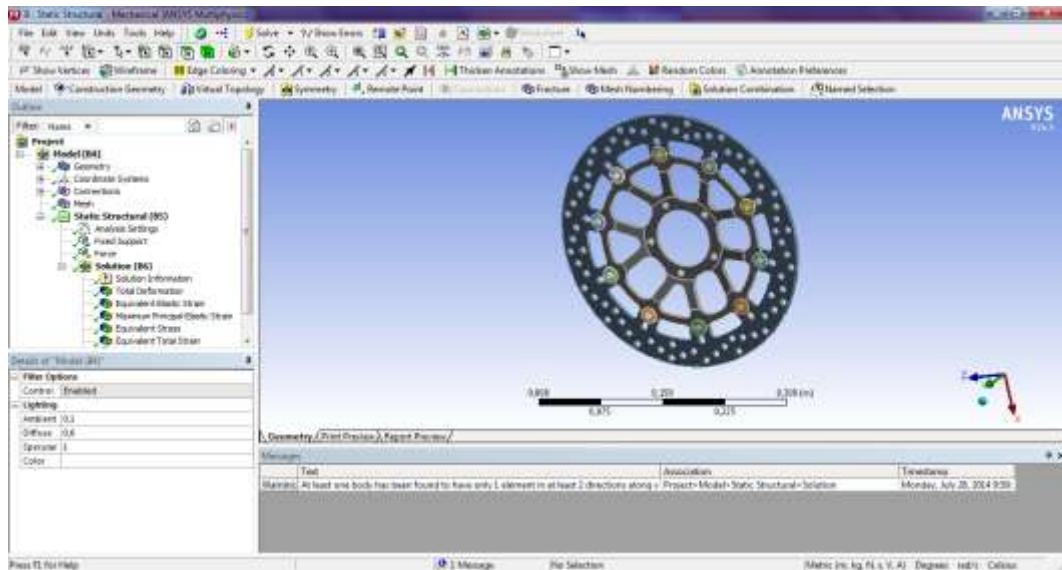


Figura. 3.71 Disco de freno Importado a Workbench.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

Una vez importado el modelado a Workbench se procederá a realizar el mallado del elemento. El mallado permite dividir los objetos modelados en pequeños elementos denominados “elementos finitos”, que permitirán obtener los resultados finales de todo el conjunto.

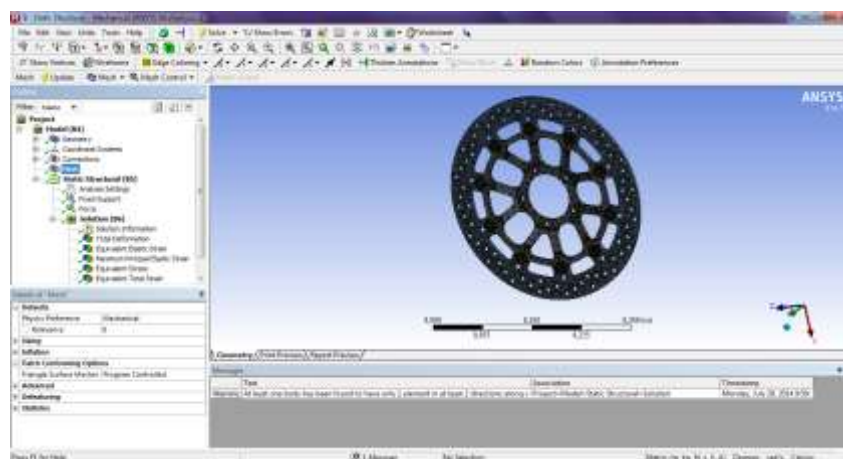


Figura. 3.72 Mallado del disco de freno.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

Una vez finalizado el mallado se coloca la fuerza de frenado (F_f), la misma se calculó con un valor de 1457,85 N, siendo este valor el más crítico producido en el disco de frenos.

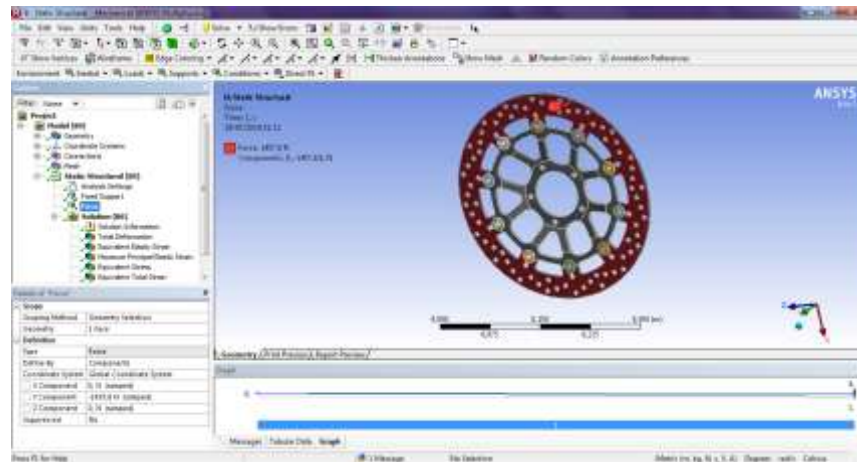


Figura. 3.73 Fuerza en la mordaza.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

En la figura 3.74 se aprecia el resultado del factor de seguridad del disco de freno, el cual tiene un valor de 1,5, lo cual indica que este elemento si soporta la fuerza generada por la bomba de frenos, este factor es confiable debido a que este elemento se encuentra sometido a cargas repetitivas.

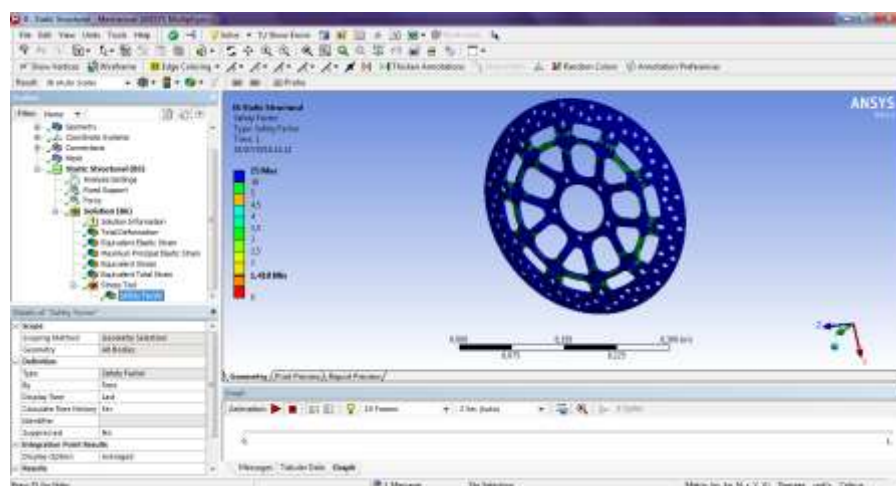


Figura. 3.74 Factor de seguridad.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Las deformaciones elásticas generadas por la fuerza de frenado (F_f), son mínimas con un valor máximo de deformación 0.00056 m, como se puede apreciar en la Figura.3.75, demostrando este valor, que el elemento sometido al análisis es favorable para la adaptación del disco de freno de moto para el vehículo eléctrico biplaza plegable de modo que este elemento soportará la carga más crítica generada en este sistema.

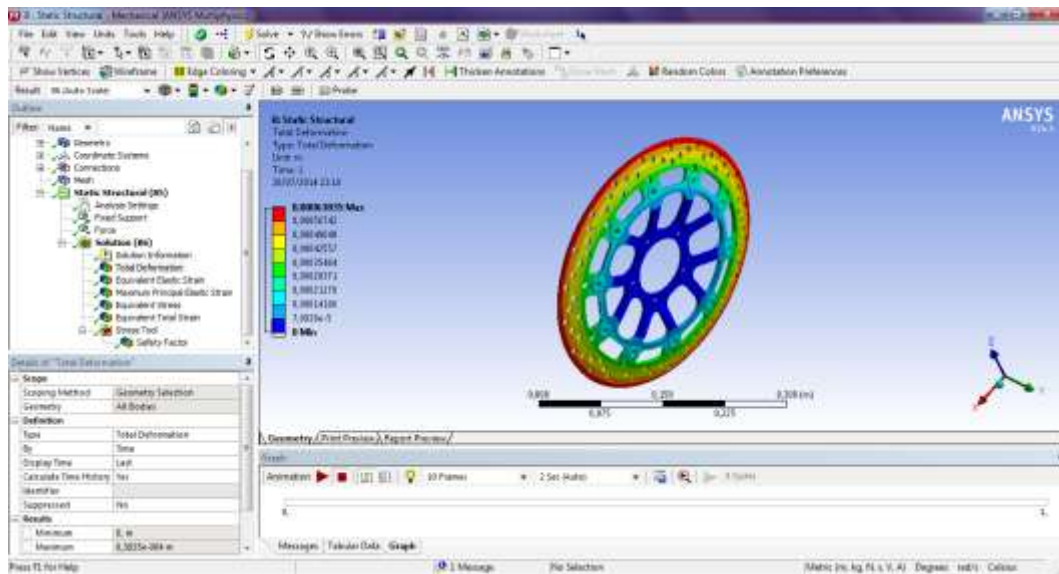


Figura. 3.75 Deformación generada en el disco de freno.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.).

3.7 Diseño del Sistema de Plegado.

Función: Reducir la distancia entre el eje delantero y posterior.

Objetivo: Minimizar peso y optimizar espacio.

3.7.1 Requerimientos para el diseño.

RESTRICCIONES.

- Masa (1-3 kg)
- Durabilidad de los elementos.
- Consumo de Energía
- Espacio optimizado para los componentes del sistema de plegado.
- Acceso rápido a componentes.
- Fácil mantenimiento.
- Costo (300 USD)




LIMITACIONES.

- Espacio Estructural.
- Consumo Energía.
- Dimensiones del basculante.
- Condición de frenos.
- Disposición del amortiguador.

3.7.2 Diseño conceptual

El sistema de plegado debe reducir, el tamaño del vehículo entre el eje delantero y posterior al momento de estacionarse, para así optimizar espacio de estacionamiento, los elementos que conforman este sistema deben ser: livianos, de fácil mantenimiento, bajo consumo de energía y económicos.

Tabla 3.13 . Mapa Morfológico del Sistema de Plegado

	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Tipo de Mecanismo	MECÁNICA	HIDRAÚLICA	ELÉCTRICO
Característica			
Consumo de energía (Batería)	Moderado	Alto	Bajo
Pérdida de Potencia.	Baja	Alta	Baja
Peso de los componentes.	Liviano	Pesado	Insignificante
Tamaño de los componentes	Pequeños.	Grandes	Pequeño
Costo de los elementos	Bajo	Elevado	Moderado
Mantenimiento	Fácil	Complicado	Complicado
Disposición de espacio	Reducido	Considerable	Normal

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Tabla 3.14 Ponderación del Sistema de Plegado.

Característica	PESO	MECÁNICA	HIDRAÚLICA	ELÉCTRICO
Consumo de energía (Batería)	0.25	6	5	8
Pérdida de Potencia.	0.2	4	5	10
Peso de los componentes.	0.2	8	6	9
Tamaño de los componentes	0.1	8	6	10
Costo de los elementos	0.05	9	5	9
Mantenimiento	0.05	9	7	10
Disposición de espacio	0.15	7	6	9
PROMEDIO	1	7,28	5,71	9,28

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

a. Alternativa de diseño ideal

Una vez realizado el mapa morfológico se cree conveniente escoger el plegado accionado por un mecanismo eléctrico como la mejor opción, el cual reduce pesos, tamaño de los componentes para la afirmación de esta respuesta tenemos una tabla de ponderación, la misma que ratifica que el sistema de plegado mediante un actuador eléctrico es la mejor opción, teniendo un promedio de 9,28 y es favorable para su diseño.

3.7.3 Parámetros de diseño

Los parámetros a considerarse en el diseño del sistema de plegado son: peso del eje posterior 2156 N, fuerza de rozamiento ejercida entre el neumático posterior y el piso, con este sistema se reducirá 20 cm la distancia entre ejes del vehículo eléctrico biplaza plegable.

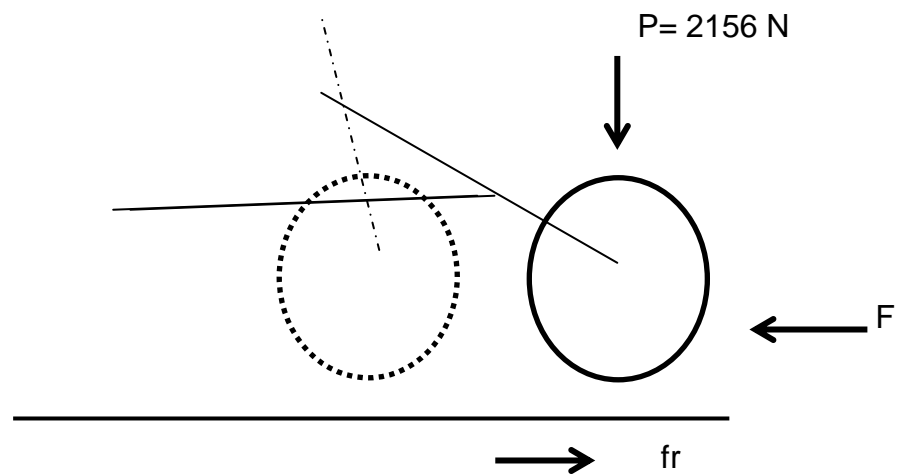


Figura. 3.76 Esquema Plegado

Fuente: (De la Cruz A – Inga R)

$$\sum F = 0 \quad \text{Ec. 3. 39}$$

$$F - fr = 0$$

Donde:

fr : fuerza de rozamiento [N]

$$fr = N * u \quad \text{Ec. 3. 40}$$

Donde:

N: Fuerza normal [N]

U: coeficiente de rozamiento

$$fr = m_{\text{eje posterior}} * g * u \quad \text{Ec. 3. 41}$$

$$u = 0,0085 + \frac{0,018}{P} + \frac{1,59 * 10^{-6}}{P} v^2 \quad \text{Ec. 3. 42}$$

La presión de los neumáticos de los vehículos en su mayoría es de 30 lbs/in² equivalente a 2 bares.²²

$$u = 0,0085 + \frac{0,018}{2bar} + \frac{1,59 * 10^{-6}}{2bar} \left(0 \frac{km}{h}\right)^2$$

$$u = 0,094$$

$$fr = P_{\text{eje posterior}} * u \quad \text{Ec. 3. 43}$$

$$fr = 2156 N * 0,094$$

$$fr = 202,67 N$$

$$F = fr = 202,67 N$$

Para mover el eje posterior del vehículo eléctrico biplaza plegable se requiere de una fuerza de 202,67 N.

²² <http://autos.starmedia.com/seguridad-vial/cual-presion-correcta-neumaticos.html>

3.7.4 Configuración geométrica del sistema de plegado.

Con ayuda del software CAD se procederá a dibujar los elementos que conforman el sistema de plegado.

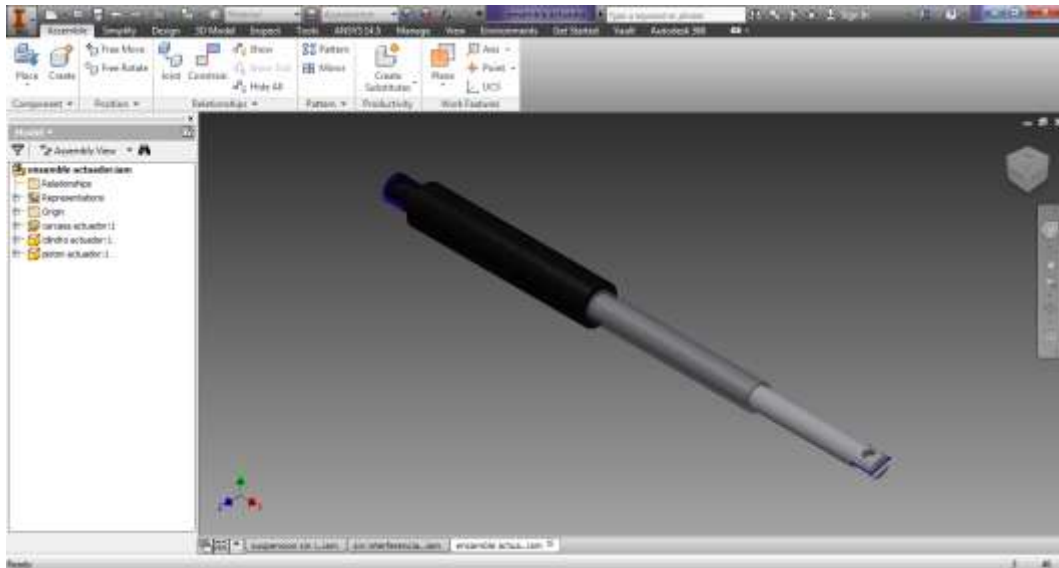


Figura. 3.77 Configuración del actuador eléctrico

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

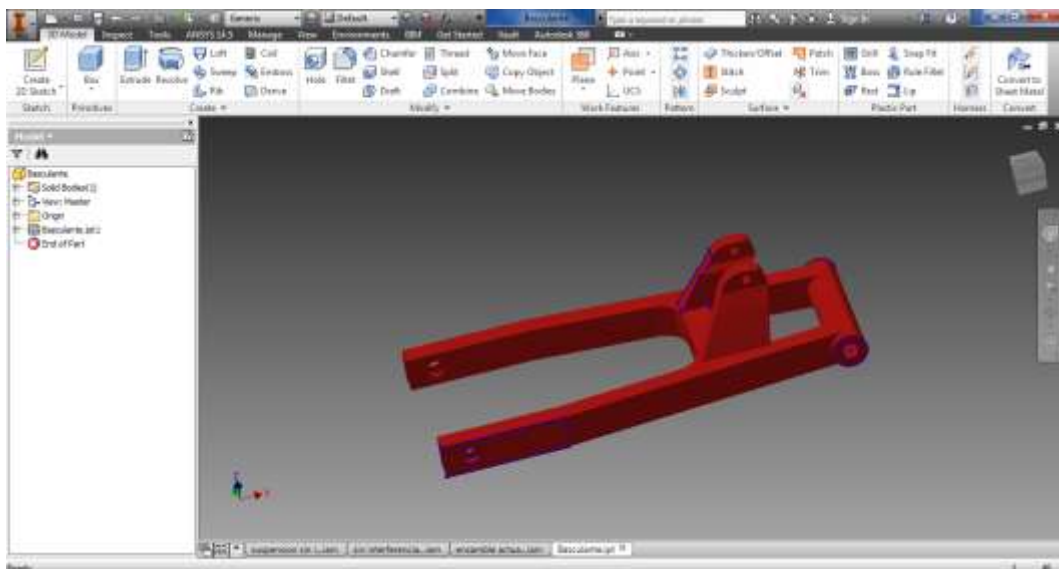


Figura. 3.78 Configuración del basculante

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Este elemento es importante en sistema, debido a que soporta el peso de algunos componentes de vehículo en la parte posterior.

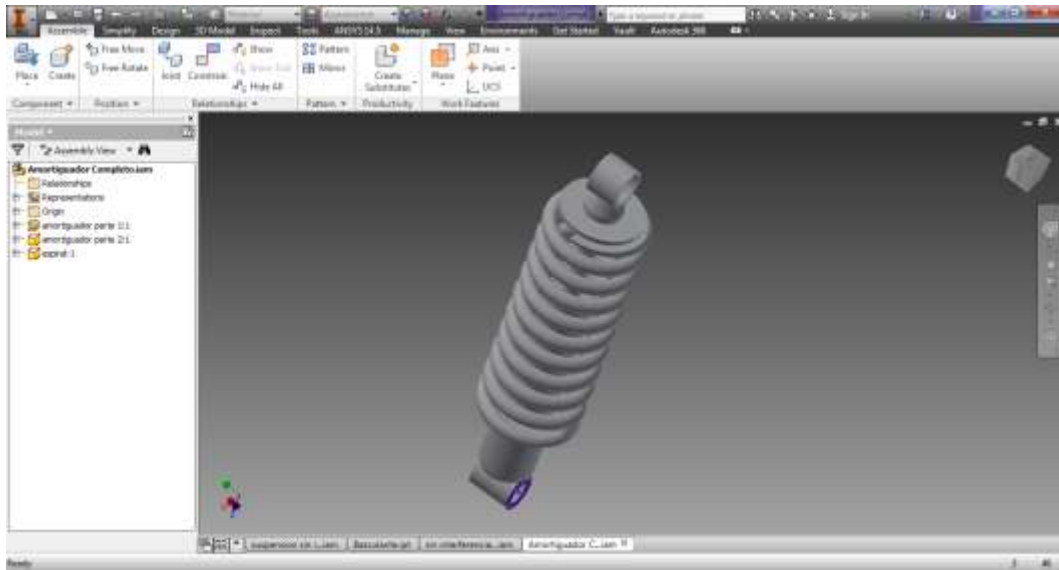


Figura. 3.79 Configuración del amortiguador

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)



Figura. 3.80 Configuración de la llanta

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

En la figura 3.81 se muestra el ensamble completo del sistema de plegado, el cual será analizado posteriormente.



Figura. 3.81 Ensamble del sistema de plegado

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

3.7.5 Simulación CAD-CAE del sistema

Por medio del software CAE, se va a realizar el respectivo estudio de los elementos que conforman el sistema de plegado.

Una vez en el software CAE, se procede a colocar los parámetros que se va analizar

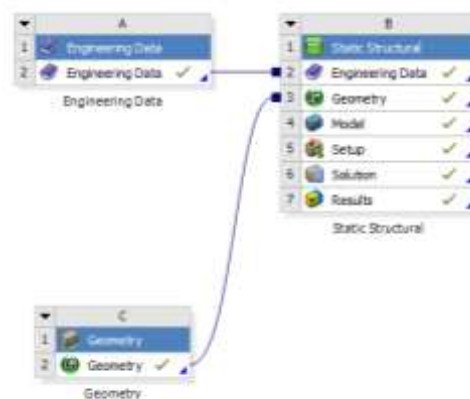


Figura. 3.82 Parámetros para analizar

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Luego se importa la configuración al Workbench, para configurar conexiones, mallado y fuerzas, a las cuales se encuentra sometido el sistema para realizar los respectivos análisis.

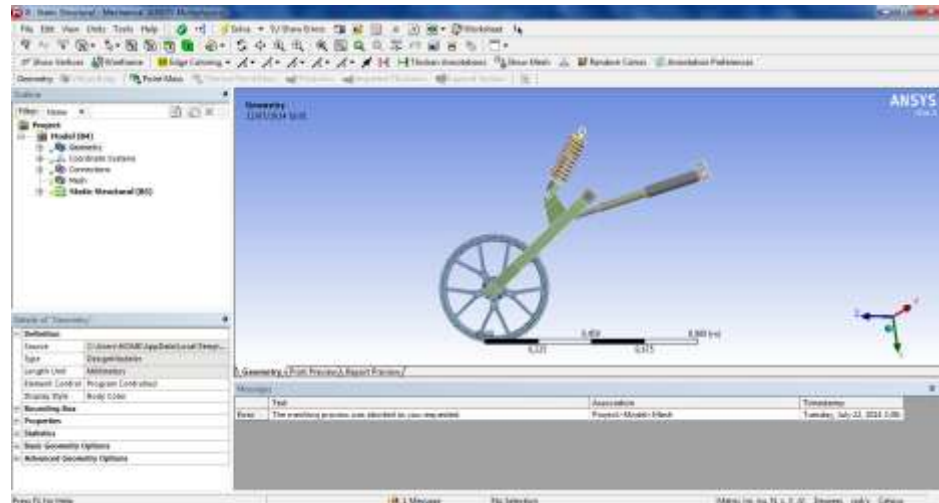


Figura. 3.83 Configuración del sistema en Workbench

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

a. Conexiones

En este paso se procede a colocar todas las conexiones posibles existentes en la realidad.

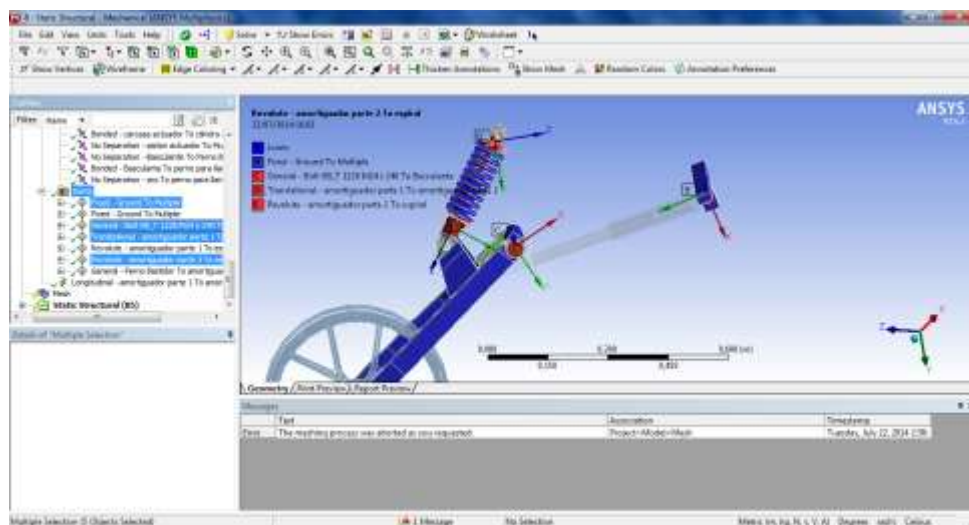


Figura. 3.84 Conexiones existentes en el sistema de plegado

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

b. Mallado

El mallado permite dividir los objetos modelados en pequeños elementos denominados “elementos finitos”, que permitirán obtener los resultados finales de todo el conjunto.

El mallado de la configuración es un paso muy importante debido a que este es primordial para la obtención de resultados aproximados a la realidad.

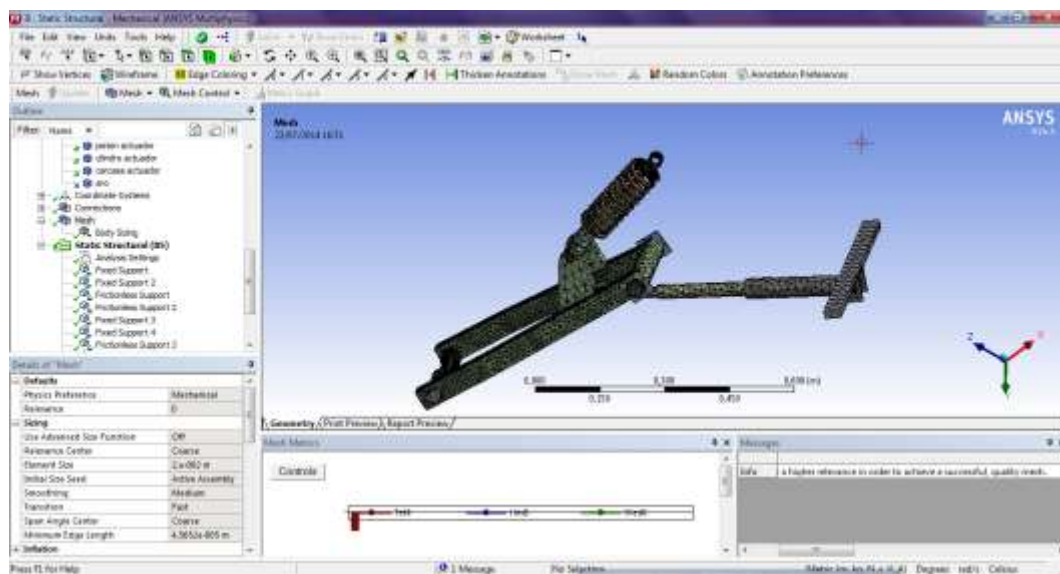


Figura. 3.85 Mallado del plegado

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

c. Análisis estático estructural

Este análisis consiste en verificar si los materiales a utilizar son resistentes para el trabajo al que van a estar sometidos. El objetivo de este análisis es para poder apreciar la fiabilidad del componente, sometido a diversas cargas, por medio de la deformación total y el factor de seguridad.

En la figura 3.87 se aprecia la deformación total del sistema de plegado, el cual es de $1,9044 \times 10^{-7}$ m, determinando que este sistema soportara las diversas condiciones de trabajo.

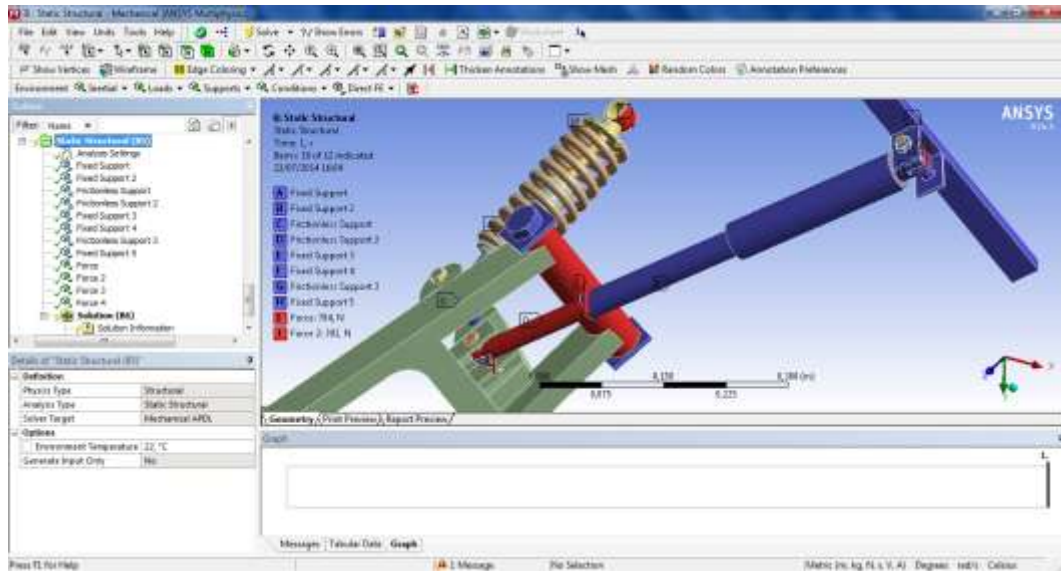


Figura. 3.86 Parámetros de carga para el sistema de plegado

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

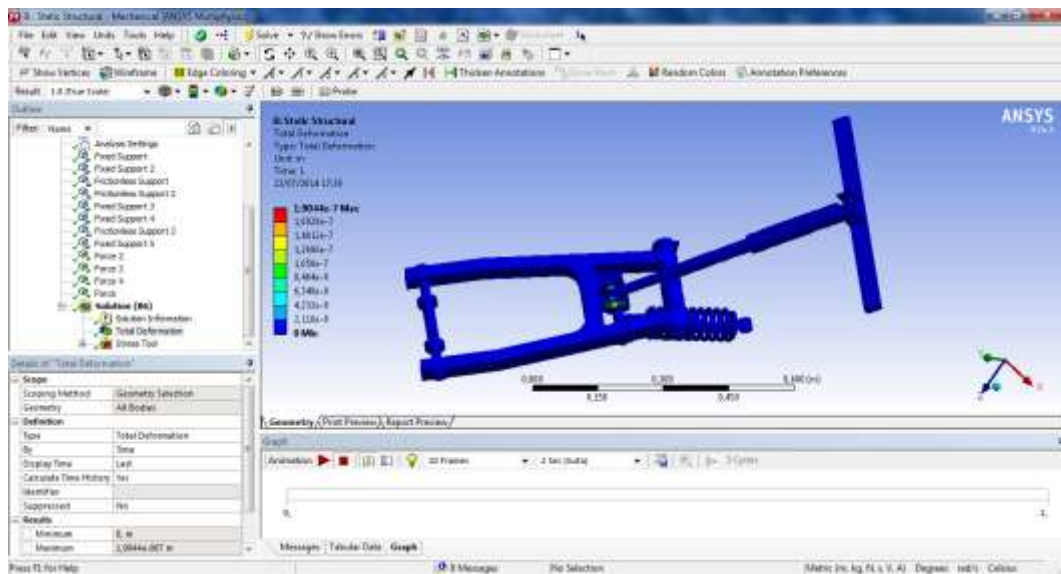


Figura. 3.87 Deformación Total

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

El factor de seguridad resultante del análisis del sistema del plegado es de 5, lo cual indica que la opción de diseño es aceptable.

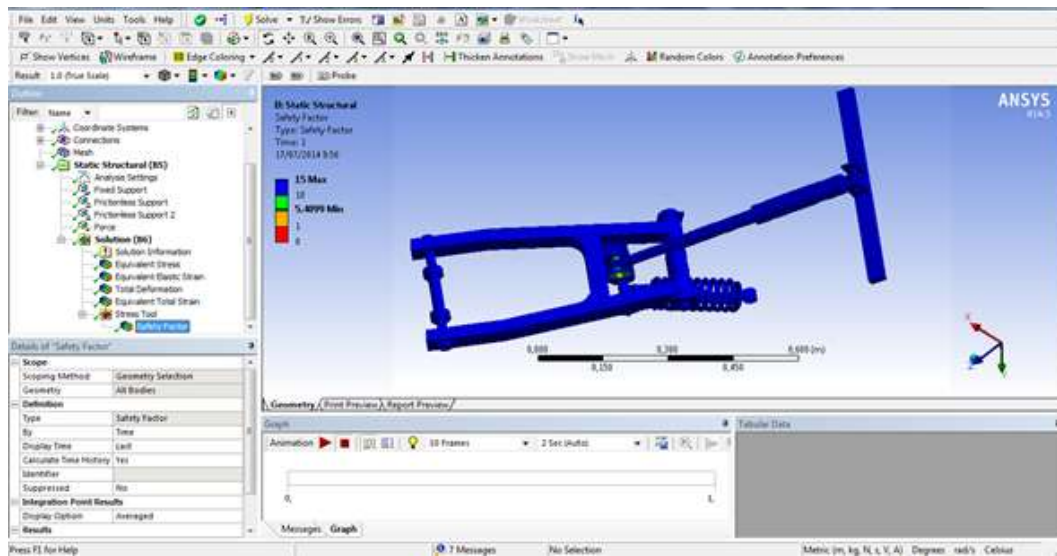


Figura. 3.88 Factor de seguridad

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

CAPÍTULO IV:

4. Construcción y Ensamblaje de los Sistemas.

4.1 Diagrama de Procesos de Manufactura.

La construcción e implementación de los sistemas de suspensión, dirección, frenos y plegado para el vehículo biplaza, se realizó en las ciudades de Quito y Latacunga, en la siguiente tabla se especifican las máquinas y equipos utilizados para su construcción e implementación de los mismos.

Tabla 4.1 Designación de máquinas y equipo.

DESIGNACION	MAQUINA Y/O EQUIPO	CARACTERISTICAS
M1	Cortadora de Plasma	Tensión: 110/220 V Amperaje: 50 A Rango de corte: $\frac{1}{8}$ " a 12 "
M2	Soldadora	Tensión: 220 V Amperaje: 50 – 400 A
M3	Amoladora DeWalt Dc 411	Velocidad: 7200 r.p.m. Tensión: 120 V AC Amperaje: 20 A
M4	Torno Paralelo	Distancia entre puntos: 2500 mm Altura de puntos: 300 mm Volteo sobre el carro: 300 mm Velocidad: 30- 1200 r.p.m. Potencia: 20 Kw.
M5	Esmeril	Tensión: 120 V Amperaje: 2.5 A Velocidad: 3500 r.p.m. Potencia: 3/4 hp Diámetro rueda: 7.5" Diámetro eje: $\frac{5}{8}$ ".
M6	Taladro Bosch Gbh 2-20d (Continua)	Tensión: 110V Potencia: 550 W Velocidad: 0-3000 r.p.m. Amperaje: 10 ^a

M7	Taladro de Pedestal	Velocidad: 220 – 2120 r.p.m. Potencia: ½ hp Giro de la mesa: 180° Avance vertical mesa: 700 mm
M8	Dobladora de Tubos Black off 90	
M9	Sistema de Corte Oxi-acetileno	Gas: Argón y Oxígeno

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Entre las herramientas y accesorios se han empleado los enunciados en la siguiente tabla:

Tabla 4.2 Designación de herramientas

DESIGNACIÓN	HERRAMIENTA Y/ O	
	ACCESORIO	
H1	Sierra de mano	
H2	Brocas	
H4	Flexómetros	
H5	Juego de Llaves de corona	
H6	Nivel	
H7	Calibradores pie de rey	
H8	Compás	
H9	Martillos	
H10	Llaves de boca	
H11	Limas: cuadrada, redonda, media caña	
H12	Machuelos	
H13	Entenalla	
H14	Cinzel	
H15	Escuadras	
H16	Cepillo de metal	

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.1.1 Operaciones Tecnológicas

Son las diferentes actividades en camino a la obtención de un elemento determinado, que posteriormente, conformarán al vehículo eléctrico biplaza.

En la siguiente tabla se identifican todas las operaciones tecnológicas que se han realizado, con su respectiva identificación.






Tabla 4.3 Operaciones Tecnológicas

Nº DE OPERACIÓN	OPERACIONES
1	Medición y trazado
2	Corte del material: por oxicorte, plasma o sierra
3	Desbastado de excedentes: cincel, amoladora o lima
4	Esmerilado
5	Doblado
6	Nivelado
7	Unión de partes: por suelda, pernos, acoples, bujes.
8	Taladrado
9	Torneado
10	Rectificado
11	Montaje

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.1.2 Cursograma sinóptico de la construcción

En el siguiente cursograma sinóptico se presentan las operaciones tecnológicas que se siguen en las diferentes etapas de construcción de los sistemas de: frenos, suspensión, dirección y plegado. Las operaciones de construcción no tienen un orden de seguimiento estricto, se ejecutan conforme la necesidad de avance de la construcción y según los planos que se adjuntan. El tiempo empleado en cada operación se indica a la izquierda de la operación, y se lo señala en minutos. Para mejor comprensión del cursograma se emplea la siguiente nomenclatura:

Símbolo	Significado
	Operación tecnológica
	Inspección
	Traslado o transporte
	Almacenamiento
	Espera

4.1.3 Construcción del sistema de suspensión.

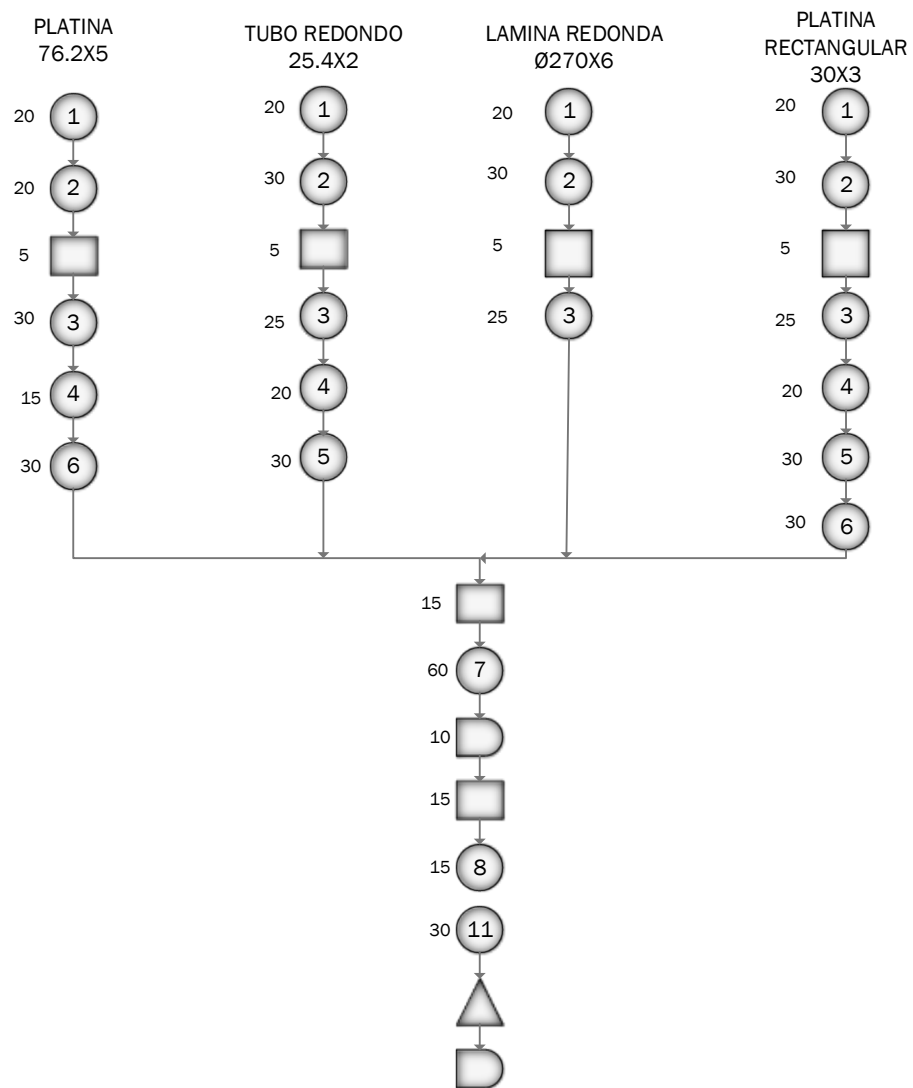


Figura. 4.1 Diagrama de construcción del sistema de suspensión.

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.1.4 Implementación del sistema de frenos.

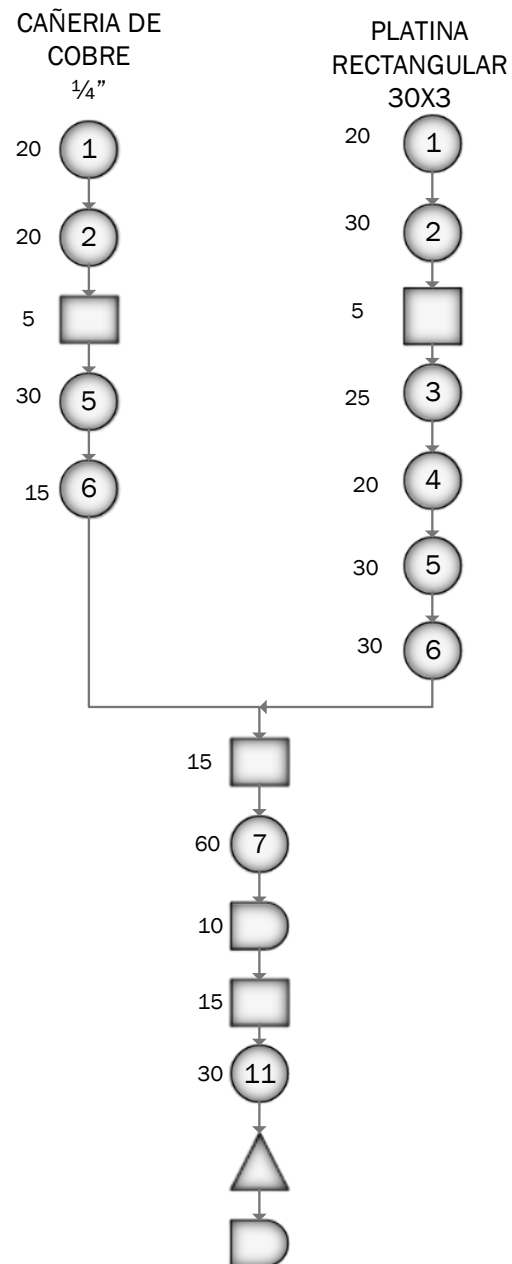


Figura. 4.2 Implementación del sistema de frenos

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.1.5 Construcción e implementación de la dirección.

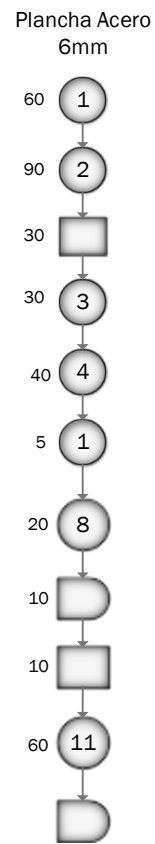


Figura. 4.3 Construcción e implementación de la dirección

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

a. Desarrollo de los bujes para terminales de dirección

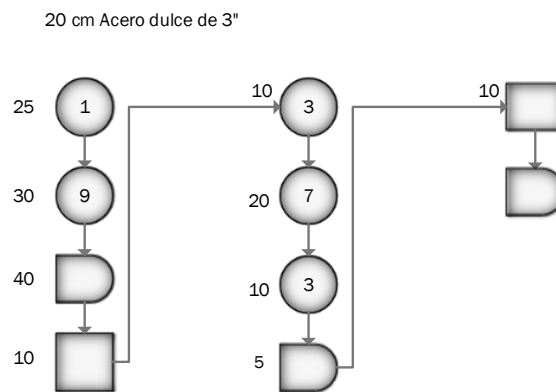


Figura. 4.4 Desarrollo de los bujes para terminales de dirección

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

b. Desarrollo de los sunchos de la caja de dirección.

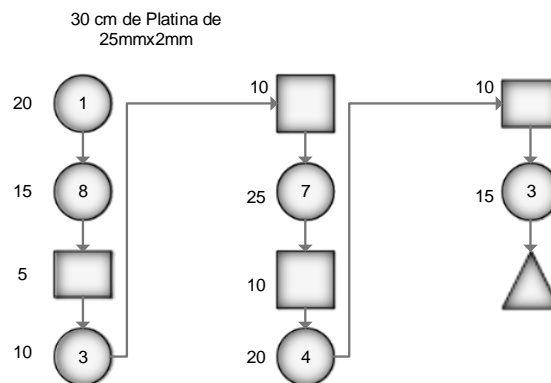


Figura. 4.5 Desarrollo de los sunchos de la caja de dirección

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.1.6 Construcción del sistema de plegado

a. Desarrollo de los bujes del sistema de plegado

50 cm Acero dulce de 3"

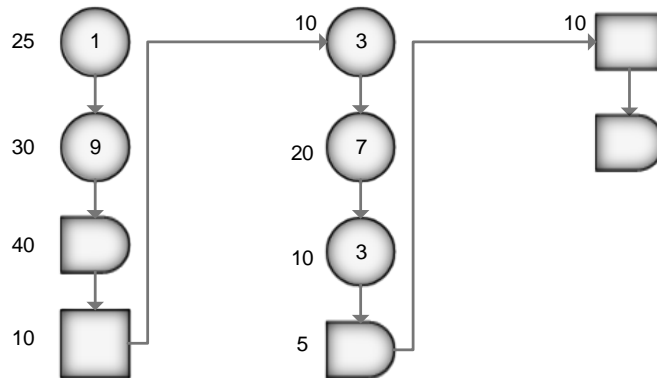


Figura. 4.6 Desarrollo de los bujes del sistema de plegado

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

b. Desarrollo de las rieles del plegado

1m Platina de 15x2mm

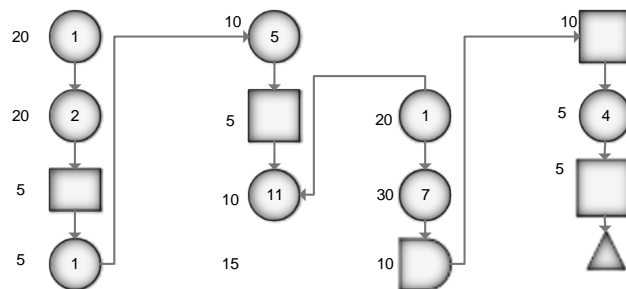


Figura. 4.7 Desarrollo de las rieles del plegado

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

c. Desarrollo del pasador del amortiguador.

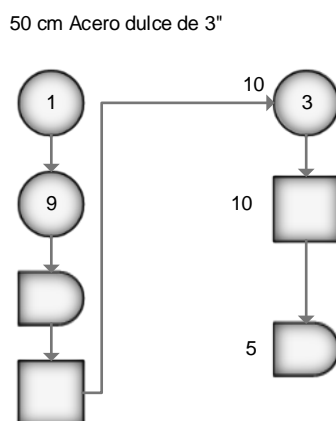


Figura. 4.8 Desarrollo del pasador del amortiguador

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.2 Ensamble del sistema de Frenos.

Las operaciones de montaje de los diferentes componentes del sistema de frenos se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4.4 Códigos de operaciones de montaje.

OPERACIONES DE MONTAJE	CODIG
	O
Montaje del cilindro maestro	m1
Montaje de las mordazas	m2
Montaje de los discos de freno	m3
Montaje de cañerías	m4
Montaje del pedal de freno	m5

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.2.1 Proceso de ensamblaje del sistema

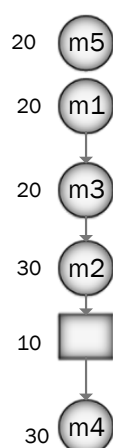


Figura. 4.9 Proceso de ensamble del sistema

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.2.2 Costos

Se consideran los costos directos, materiales, mano de obra, alquiler de máquinas, costos de operación y mantenimiento del sistema.

Tabla 4.5 Costos de materiales (CM)

CANT.	MATERIAL	P. UNITARIO	P.TOTAL
6	Cañería de cobre de ¼ (m)	2,50	15
3	Manguera de presión	6	18
13	Neplos de cobre de ¼	3,50	45,50
1	T de ¼	6,80	6,80
2	Llaves de paso de 1/4	2,50	5,00
1	Bomba de frenos	210,50	210,50
3	Mordazas	17,00	51,00
3	Discos de freno	70	210
1	Depósito de frenos	24,98	24,98
1	Manguera radiador	8,34	8,34
1	Pedal de frenos	20	20
1	Líquido de frenos	10	10
TOTAL			625,12

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Tabla 4.6 Costos de Herramientas (CH)

HERRAMIENTA	COSTO TOTAL (\$)
Juego hexagonales	3,10
Destornilladores	4,20
Llave de cañerías	1,50
Flexómetro	3,00
Guaípe	1
Cortadora de Cañerías	30,00
TOTAL	42,80

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

a. Costo total

Lo determina la sumatoria de los diferentes costos antes establecidos, así el costo total de los sistemas será:

$$\text{COSTO FINAL} = \text{CM} + \text{CH}$$

$$\text{COSTO FINAL} = 625,12 + 42,80$$

$$\text{COSTO FINAL} = \$ 667,92$$

$$\text{Imprevistos } 5\% = \$33,39$$

$$\text{Costo total real} = \$ 701,32$$

En el costo total del sistema de frenos no constan gastos adicionales como capacitaciones de diseño, ni costos extras por pruebas realizadas.

4.3 Ensamble del sistema de Suspensión.

Las operaciones de montaje de los diferentes componentes del sistema de suspensión se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4.7 Códigos de operaciones de montaje

OPERACIONES DE MONTAJE	CODIGO
Montaje de las mezas	m1
Montaje de las rótulas	m2
Montaje del amortiguador	m3
Montaje de la porta manguetas	m4
Montaje de los neumáticos	m5

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.3.1 Proceso de ensamblaje del sistema

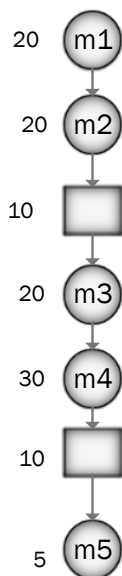


Figura. 4.10 Proceso de ensamblaje del sistema

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.3.2 Costos

Tabla 4.8 Costos de materiales (CM)

CANT.	MATERIAL	P. UNITARIO	P.TOTAL
3	Amortiguadores	45,30	135,90
2	Acero de 6mm de espeso (r=270mm)	30,42	60,82
4	Rótulas	12,23	48,92
1	Tubo redondo ASTM A36 25,4x2mm	2,50	2,50
8	Pernos Acero negro MM 24X120	0,94	7,52
8	Tuerca Acero Negro MM 24x1,50	0,38	3,04
8	Bujes de Caucho	2	16
TOTAL			274,7

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Tabla 4.9 Costos de alquiler de maquinarias (CAM)

DESCRIPCION DE LA MAQUINA	TIEMPO (h)	COSTO ALQUILER	COSTO TOTAL
M1	1	25	25
M2	2	5	10
M3	2	3	6
M4	2	12	24
M5	2	2	4
M6	2	2	4
M7	1	5	5
M8	1	7	7
TOTAL			85

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Tabla 4.10 Costos de mano de obra (CMO)

OPERARIO	No HORAS	COSTO/HORA	COSTO TOTAL
Mecánico	16	5	80
Tornero	2	9	18
Cortador Plasma	1	12	12
TOTAL			110

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

a. Costo total

Lo determina la sumatoria de los diferentes costos antes establecidos, así el costo total del sistema será:

$$\text{COSTO FINAL} = \text{CM} + \text{CUM} + \text{CMO}$$

$$\text{COSTO FINAL} = 274,7 + 85 + 110$$

$$\text{COSTO FINAL} = \$ 469,7$$

$$\text{Imprevistos } 5\% = \$23,48$$

$$\text{Costo total real} = \$ 493,19$$

En el costo total del sistema de suspensión no constan gastos adicionales como capacitaciones de diseño, ni costos extras por pruebas realizadas.

4.4 Ensamble del sistema de Dirección.

Tabla 4.11 Códigos de ensamble

OPERACIONES DE MONTAJE	CODIGO
Montaje del cajetín	m1
Montaje barra de dirección	m2
Montaje de los terminales	m3
Montaje de la columna	m4
Montaje de engranajes para la inversión del giro	m5
Montaje del volante	m6

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.4.1 Proceso de ensamblaje del sistema de dirección

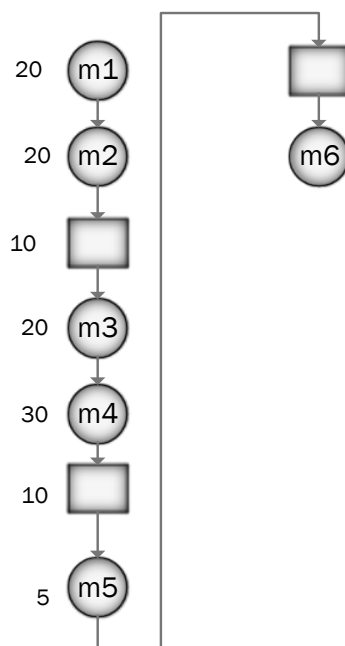


Figura. 4.11 Proceso de ensamblaje del sistema

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.4.2 Costo

Tabla 4.12 Proceso de ensamblaje del sistema

CANT.	MATERIAL	P. UNITARIO	P.TOTAL
1	Cajetín de la dirección	49,80	49,80
2	Barras de la dirección	22,10	44,20
2	Terminales	9,40	18,80
1	Columna de dirección	40,35	40,35
2	Engranés	20	40
1	Volante	50	50
2	Abrazaderas en U	4,58	9,16
TOTAL			252,31

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Tabla 4.13 Costos de alquiler de maquinarias (CAM)

DESCRIPCION DE LA MAQUINA	TIEMPO (h)	COSTO ALQUILER	COSTO TOTAL
M2	2	25	50
M3	2	3	6
M4	2	12	24
M5	2	2	4
M6	2	2	4
M7	1	5	5
TOTAL			93

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Tabla 4.14 Costos de mano de obra (CMO)

OPERARIO	No HORAS	COSTO/HORA	COSTO TOTAL
Mecánico	12	5	60
Tornero	3	9	27
Alineación y Balanceo	8	Cobra por tarea	100
TOTAL			187

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

a. Costo total

Lo determina la sumatoria de los diferentes costos antes establecidos, así el costo total de la máquina será:

$$\text{COSTO FINAL} = \text{CM} + \text{CUM} + \text{CMO}$$

$$\text{COSTO FINAL} = 252,31 + 93 + 187$$

$$\text{COSTO FINAL} = \$ 532,31$$

$$\text{Imprevistos } 5\% = \$26,61$$

$$\text{Costo total real} = \$ 558,92$$

En el costo total del sistema de dirección no constan gastos adicionales como capacitaciones de diseño, ni costos extras por pruebas realizadas.

4.5 Ensamble del sistema de Plegado.

Tabla 4.15 Operaciones de Montaje

OPERACIONES DE MONTAJE	CODIGO
Montaje de amortiguador	m1
Montaje del amortiguador	m2
Montaje de rieles guias del amortiguador	m3
Montaje de los frenos	m4
Montaje del actuador eléctrico	m5

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.5.1 Proceso de ensamblaje del sistema

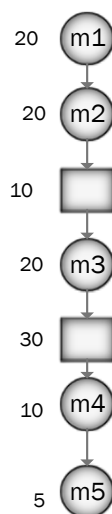


Figura. 4.12 Proceso de ensamblaje del sistema

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

4.5.2 Costos

Tabla 4.16 Valor de elementos a utilizar

CANT.	MATERIAL	P. UNITARIO	P.TOTAL
1	Actuador Eléctrico	290,68	290,68
1	Basculante de Moto	100	100
2	Bujes	9,40	18,80
1	Pasador	40,35	40,35
3	Llanta Kawasaki Rin 16	1000	1000
TOTAL			1449,83

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Tabla 4.17 Costos de alquiler de maquinarias (CAM)

DESCRIPCION DE LA MAQUINA	TIEMPO (h)	COSTO ALQUILER	COSTO TOTAL
M2	8	10	80
M3	3	3	9
M4	8	12	96
M5	2	2	4
M6	2	2	4
M7	1	5	5
TOTAL			198

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

Tabla 4.18 Costos de mano de obra (CMO)

OPERARIO	No HORAS	COSTO/HORA	COSTO TOTAL
Mecánico	12	5	60
Tornero	8	9	72
TOTAL			132

Fuente: (De la Cruz A. – Inga R.)

a. Costo total

Lo determina la sumatoria de los diferentes costos antes establecidos, así el costo total del sistema será:

$$\text{COSTO FINAL} = \text{CM} + \text{CUM} + \text{CMO}$$

$$\text{COSTO FINAL} = 1449,83 + 198 + 132$$

$$\text{COSTO FINAL} = \$ 1779,83$$

$$\text{Imprevistos } 5\% = \$88,99$$

$$\text{Costo total real} = \$ 1868,82$$

En el costo total del sistema de plegado no constan gastos adicionales como capacitaciones de diseño, ni costos extras por pruebas realizadas.

CAPÍTULO V:

5. Pruebas

5.1 Protocolo de pruebas

La guía metodología para la aplicación de protocolos de pruebas de desempeño, consiste en una serie de procedimientos que tienen como objetivo medir el desempeño del vehículo eléctrico biplaza plegable; con el fin de garantizar con los requerimientos y condiciones óptimas para la prestación del servicio público.

Las nuevas tecnologías aplicadas a los vehículos deben someterse a una verificación detallada que documente el estado de los sistemas de suspensión dirección, frenos y plegado.

La aplicación de los protocolos de pruebas contenidos en el presente documento, tienen como objetivos principales:

- a. Verificar el cumplimiento de los requisitos y estándares del vehículo para la circulación del mismo.
- b. Verificar la funcionalidad y aplicabilidad de la tecnología dentro de la operación del sistema.

La aplicación de los protocolos incluidos en esta guía, garantiza que el vehículo tenga un desempeño acorde con los objetivos asociados a los procesos de vinculación de flota, operación y renovación.

5.1.1 Prueba del Sistema de Frenos.

Nombre del sistema:				
Sistema Puesto a Prueba:				
Fecha de elaboración:		Duración de la Prueba	(h)	
Responsable:		Aprobado:		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES				
	Medida	Cumple	No Cumple	Observaciones
Presión del sistema	(psi)			
Tipo de fluido				
BOMBA DE FRENOS				
	Medidas	Cumple	No cumple	Observaciones
Diámetro del cilindro	(mm)			
Diámetro del émbolo	(mm)			
Carrera del émbolo	(mm)			
CAÑERÍAS Y ACOPLES				
	Medidas	Cumple	No cumple	Observaciones
Diámetro de la cañería cobre	(mm)			
Diámetro cañería de caucho	(mm)			
Llaves de paso	(inch)			
Acoples	(inch)			
T	(inch)			
Fugas existentes	-----			
VERIFICACIONES				
Accionamientos	Malo	Regular	Excelente	Observaciones
Accionamiento del Pedal				

Encendido de luz indicadora				
Accionamiento de Freno de manos				
Desgaste de las pastillas				
Nivel de fluido				
RESULTADO DE PRUEBAS				
Prueba correcta		Prueba Incorrecta		
Observaciones:				
Realizado:		Aprobado:		

5.1.2 Prueba del Sistema de Suspensión.

Nombre del sistema				
Sistema Puesto a Prueba:				
Fecha de elaboración:		Duración de la Prueba	(h)	
Responsable:		Aprobado:		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES				
Tipo de suspensión delantera		Tipo de suspensión Posterior		
Tipo de amortiguador		Distancia entre ejes delanteros	(mm)	
RESORTE				
	Medidas	Cumple	No cumple	Observaciones
Numero de espiras				
Longitud Inicial	(mm)			
Longitud final	(mm)			
Amortiguador				
	Medidas	Cumple	No cumple	Observaciones
Longitud inicial	(mm)			
Longitud Final	(mm)			
Diámetro del cilindro	(inch)			
Diámetro del pistón.	(inch)			
MESAS				
	Medidas	Cumple	No cumple	Observaciones
Superior izquierda	(mm)			
Superior Derecha	(mm)			
Inferior Izquierda	(mm)			
Inferior Derecha	(mm)			
CAPSULAS DE LAS MESAS				
	Medidas	Cumple	No cumple	Observaciones
Largo	(mm)			
Ancho	(mm)			
Profundidad	(mm)			

VERIFICACIONES				
Accionamientos	Malo	Regular	Excelente	Observaciones
Cabeceo al frenar				
Oscilación de la carrocería				
Rebote del sistema.				
Absorción del sistema				
Comportamiento del sistema al superar el rompe velocidades				
Estabilidad vehículo a 10km/h				
Estabilidad vehículo a 30Km/h				
Estabilidad vehículo a 60 Km/h				
Giro a 10km/h en radio de 9m				
Giro a 40km/h en radio de 30m				
RESULTADO DE PRUEBAS				
Prueba correcta				Prueba Incorrecta
Observaciones:				
Realizado:			Aprobado:	

5.1.3 Prueba del Sistema de Dirección.

Nombre del sistema				
Sistema Puesto a Prueba:				
Fecha de elaboración:		Duración de la Prueba	(h)	
Responsable:		Aprobado:		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES				
	Mecánica	Hidráulica	Electrónica	Observaciones
Tipo de Dirección				
Numero de vueltas volante:		Distancia entre ejes delanteros:	(mm)	
TIMONERIA				
	Medidas	Cumple	No cumple	Observaciones
Caja de la dirección	(mm)			
Tirantes de la dirección	(mm)			
Terminales	(mm)			
VERIFICACIONES				
	Malo	Regular	Excelente	Observaciones
Comodidad del conductor				
Giro del volante				
Alineación de llantas				
Estado de las rótulas				
Desgaste de los neumáticos				
MEDICIONES DE DIRECCIÓN				
Condiciones	Unidad	Cumple	No cumple	Observaciones
Presión de los neumáticos	(psi)			

Angulo interno	(°)			
Angulo Externo	(°)			
Cámbor	(°)			
Cáster	(°)			
Distancia recorrida de los brazos de dirección (izq)	(mm)			
Distancia recorrida de los brazos de dirección (derecha)	(mm)			
Estabilidad vehículo a 10km/h	N.A			
Estabilidad vehículo a 30Km/h	N.A			
Estabilidad vehículo a 60 Km/h	N,A			
Giro a 10km/h en radio de 9m	N.A			
Giro a 40km/h en radio de 30m	N.A			
RESULTADO DE PRUEBAS				
Prueba correcta			Prueba Incorrecta	
Observaciones:				
Realizado:			Aprobado:	

5.1.4 Prueba del Sistema de Plegado.

Nombre del sistema:				
Sistema Puesto a Prueba:				
Fecha de elaboración:		Duración de la Prueba		(h)
Responsable:		Aprobado:		
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES				
	Mecánica	Hidráulica	Eléctrica	Observaciones
Tipo de sistema				
COMPONENTES DE PLEGADO				
	Medidas	Cumple	No cumple	Observaciones
Actuador	(mm)			
Baterías	(Volt.)			
Basculante	-----			
VERIFICACIONES				
	Malo	Regular	Excelente	Observaciones
Reducción de aparcamiento				
Resistencia del material de actuador				
Tiempo al plegarse				
Resistencia del actuador al peso del vehículo				
Estado del sistema de accionamiento.				
MEDICIONES				
Condiciones	Unidad	Cumple	No cumple	Observaciones
Presión de los neumáticos	(psi)			
Distancia de recorrido por el	(mm)			

actuador				
Distancia que reduce al estacionarse	(mm)			
Estabilidad vehículo a 10km/h	N.A			
Estabilidad vehículo a 30Km/h	N.A			
RESULTADO DE PRUEBAS				
Prueba correcta		Prueba Incorrecta		
Observaciones:				
Realizado:		Aprobado:		

CAPÍTULO VI:

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se ha logrado construir los sistemas de frenos, suspensión, dirección y plegado acorde a las necesidades requeridas para el vehículo eléctrico biplaza, satisfaciendo los requerimientos del confort y seguridad con éxito.
- Se ha elegido una dirección mecánica, por las siguientes características: económica, liviana y sin consumo de energía eléctrica.
- La carga máxima generada en el sistema de dirección es de 439 N, esta fuerza se genera cuando el radio de curvatura es de 30m a 30 Km/h, estos valores son los más críticos que pueden alcanzar el vehículo eléctrico biplaza plegable.
- El factor de seguridad y deformación de la mangueta de dirección mediante el software CAE, es de 3 y 0,00022 m respectivamente siendo estos valores favorables para la construcción de este elemento, este análisis fue sometido a la carga más crítica (439 N).
- El porta manguetas, elemento que sujeta al sistema de suspensión, dirección y mordaza de frenos fue construida con una lámina de Acero estructural de 6mm de espesor.
- Para la adaptación del sistema de dirección se eligió una caja de dirección del Chevrolet Corsa Uno Modelo 99, brazos de dirección y rótulas del Lada Niva modelo 2000, estos elementos fueron elegidos porque cumplieron la restricción de la distancia entre ejes delanteros de 1,50 m.

- El tipo de suspensión utilizada para el vehículo eléctrico biplaza plegable fue el denominado Pushrod, la cual mediante pruebas en carretera fue favorable cumpliendo los resultados esperados.
- Por medio del software CAE se determinó que el sistema de suspensión en forma estática, tiene una deformación de 0.00015 m y un factor de seguridad de 5, la cual fue sometida a una carga de 1400 N.
- En el análisis dinámico la deformación del sistema de suspensión fue de 0.0037 m con un factor de seguridad 5 aplicado a una carga de 4420N, llegando a la conclusión que el sistema utilizado es óptimo para el vehículo eléctrico biplaza plegable.
- Para el sistema de suspensión se utilizó un amortiguador de motocicleta de 350 mm de largo, con un resorte de 9 espiras, con un diámetro del alambre de 12 mm y diámetro del resorte de 68 mm con una constante de 73000 N/m, las rotulas fueron seleccionados del Lada Niva modelo 2000.
- El vehículo se detendrá, debido a que la fuerza ejercida en los pistones de los cilindros de las ruedas es mayor la fuerza de frenado, $4373,55 \text{ N} > 3709,74 \text{ N}$.
- Mediante el software CAE se determinó que la deformación generada por la fuerza de frenado (F_f) en el disco de frenos es de 0.00056 m y un factor de seguridad de 1,5; demostrando que este elemento soportará la carga más crítica generada por el sistema de frenos.
- Se ha determinado que el sistema de plegado no es la mejor opción para reducir la distancia de aparcamiento, debido a que este reduce 20 cm siendo un porcentaje mínimo del tamaño total del vehículo.

- El sistema de plegado utiliza un actuador eléctrico de 4000 N, 24 V DC, cumpliendo con los requerimientos, debido a que este actuador vence la fuerza de resistencia de 203 N del eje posterior.
- El costo para la construcción de los sistemas de frenos, suspensión, dirección y plegado, tienen un valor de \$ 701,32; \$493,19; \$ 518,92; \$ 1868,82; respectivamente, dando un valor total de \$ 3622,25; siendo este un valor elevado, lo cual no cumple las expectativas antes planteadas.

6.2 Recomendaciones.

- Todos los elementos que componen los sistemas de dirección, suspensión, frenos y plegado, deben ser de fácil mantenimiento y rápido acceso.
- Construir los componentes con materiales más sofisticados que permitan reducir sus pesos, de esta manera optimizar el rendimiento del vehículo eléctrico biplaza plegable.
- Se debe realizar un diseño de los sistemas tratados, acorde a los materiales y repuestos existentes en el mercado, debido que la manufacturación es altamente costosa por la falta de tecnología en los procesos de manufactura.
- Realizar las mesas del sistema de suspensión simétrica, para no tener problemas de alineación y balanceo, por la que el sistema de dirección y suspensión trabajan en conjunto.
- Se recomienda diseñar vehículos de menor dimensión, en vez de implementar un sistema de plegado, teniendo una mejor optimización en el aparcamiento.
- Realizar un tratamiento térmico nitruración o carburación al porta manguetas, para reducir así las posibles deformaciones generadas por el trabajo al que está sometida y elevar su resistencia.
- Tener mucho cuidado de no deformar las cañerías del sistema de frenos, ya que se pueden obstruir o romper, averiando el sistema.
- Para los análisis en el software CAE, utilizar una computadora de al menos 12 procesadores o núcleos.
- Las manguetas de la dirección se deben construir paralelamente al cajetín de la dirección, para tener una geometría ideal y no tener problemas de alineación.

- Se recomienda alinear adecuadamente, para no generar resistencia en el vehículo al momento de moverse.
- En la construcción se recomienda utilizar herramientas y equipos sofisticados de alta tecnología para optimizar tiempo y tener mayor precisión en los elementos fabricados.

BIBLIOGRAFÍA.

- Alejandro, G. G. (2012). Diseño y construcción del sistema de suspensión para un vehículo tipo fórmula Student. Latacunga: Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica; Carrera de Ingeniería Automotriz. ESPE.
- Bosch. (s.f.). Manual de la técnica del automóvil. Barcelona: Reverte S.A.
- Chacon, V. (2009). “Diseño de una suspensión para un vehículo basado en amortiguadores magneto-reológicos”. Madrid.
- Martínez, R. G. (2009). Sistemas de dirección en vehiculos. Guatemala: Edinfocar.
- Narváez, I. P. (2009). Estudio e implementación de un sistema de dirección. Cuenca.
- Núñez Vera, R. T. (2013). Diseño, y construcción de una tricimoto con motor. Latacunga: Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica; Carrera de Ingeniería Automotriz. ESPE.
- Ruiz, J. F. (2009). La Dinámica del Automóvil. En J. F. Ruiz, Tratado Sobre Automóviles (págs. 488-504). España- Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Barry, F. (2006). Steering System and Suspensión Design for a Formula SAE-A Racer. Queensland: University of Southern Queensland, Faculty of Engineering & Surveying.
- Budynas, J. N. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de shigley. México: McGraw Hill.
- Charloteaux, M. (2001) Técnica del automóvil, suspensión y dirección, tomo 7, Barcelona- España.

- Ogata, K. (1987). *Dinámica de Sistemas*. México: Prentice- Hall.
- Moaveni, S. (2008). *Finite Element Analysis Theory and Application with Ansys*. Tercera Edición. EEUU: Prentice-Hall.
- Mezquita, J. F. (1997). *La Dinámica del Automóvil*. En J. F. Mezquita, *Tratado sobre automoviles Tomo IV* (págs. 492-504). Valencia : Universidad Politécnica de Valencia.
- Luque Álvarez Vera, P. D. (2008). *Ingeniería del Automóvil*. Barcelona: Thomson.

LINKGRAFÍA

- Hisinsa. <http://recursos.hisinsa.com>: [Citado el 09/07/2014]
- <http://www.aficionadosalamecanica.net/hazlo-suspension-ballesta.htm>:
[Citado el 03/07/2014]
- Bremsanlage. <http://upload.wikimedia.org>: [Citado el 04/07/2014]
- Arpem.
<http://www.arpem.com/coches/coches/volkswagen/scirocco/fotos/2008/volkswagen-scirocco-direccion.jpg>: [Citado el 08/03/2013]
- Gstatic.<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR3noASjBLTUr5JmDvl5vPZyQJa1n6edX8Sv2pWFUiH2spyooWs>: [Citado el 03/05/2013]
- Autocosmos.
http://img.autocosmos.com/noticias/fotosprinc/0_2116722571.jpg: [Citado el 09/05/2014]
- Autoshowmagazine.<http://www.autoshowmagazine.com/wp-content/uploads/2011/10/honda-civic-2012-volante.jpg>: [Citado el 20/07/2013]
- Encrypted.<https://encrypted-tbn1.gstatic.com>: [Citado el 09/07/2014]
- Euro4x4parts. http://www.euro4x4parts.com/suspension_direction_dro1019:
[Citado el 09/07/2013]
- Aufan. <http://autofan.mx/wp-content/uploads/2012/02/roadster-23-e1330532932653.jpg>: [Citado el 03/03/2013]
- Club Del Fiat.
<http://www.clubdelfiat.com.ar/foro/viewtopic.php?f=59&t=105437&start=20>:
: [Citado el 09/07/2014]

- Infomanejo. <http://www.infomanejo.com/ABC-del-sistema-de-frenos.html>:
[Citado el 04/07/2013]

ANEXOS.

ANEXOS

Anexo 1. Casa de la calidad

Anexo 2. Planos de construcción

Anexo 3. Fotografías de manufactura

Anexo 4. Protocolo de pruebas

Anexo 5. Catálogo de bombas y pastillas de freno

Anexo 1.

Casa de la Calidad.

Anexo 2.

Planos de Construcción

Anexo 3.

Fotografías de manufactura.

Anexo 4.

Protocolo de pruebas.

Anexo 5.

Catálogo de bombas y pastillas de frenos

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Alex Paul De la Cruz Suntaxi y Ricardo Javier Inga Cueva bajo mi supervisión.

ING. JUAN CASTRO

DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. RAMIRO SANTILLÁN

CODIRECTOR DEL PROYECTO

ING. JUAN CASTRO

DIRECTOR DE LA CARRERA

DR. FREDDY JARAMILLO

SECRETARIO ACADÉMICO

