



**Implementación de una estructura de entrenamiento para la enseñanza-  
aprendizaje del sistema de suspensión independiente tipo McPherson de un  
vehículo automotor tipo sedán en la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica  
Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.**

Fuentes Quishpe, Carlos Mauricio

Departamento de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Monografía, previa a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica  
Automotriz

Ing. Carrera Tapia, Romel David Mgtr.

Latacunga

24 de febrero del 2022

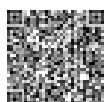


**DEPARTAMENTO DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**Certificación**

Certifico que la monografía, **“Implementación de una estructura de entrenamiento para la enseñanza-aprendizaje del sistema de suspensión independiente tipo McPherson de un vehículo automotor tipo sedán en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE”** fue realizada por el señor **Fuentes Quishpe, Carlos Mauricio**, la cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de febrero del 2022



ROMEL DAVID  
CARRERA

---

Ing. Carrera Tapia, Romel David Mgtr.  
C.C.: 0503393258

## Reporte de verificación de contenido



SISTEMA DE SUSPENSION\_FUENTES\_CARLOS.pdf

Scanned on: 3:32 February 23, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	361
Words with Minor Changes	45
Paraphrased Words	89
Omitted Words	0



ROMEL DAVID  
CARRERA

---

Ing. Carrera Tapia, Romel David Mgr.  
C.C.: 0503393258



DEPARTAMENTO DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Responsabilidad de autoría

Yo, **Fuentes Quishpe, Carlos Mauricio**, con cédula de ciudadanía N° 1721137816, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de una estructura de entrenamiento para la enseñanza-aprendizaje del sistema de suspensión independiente tipo McPherson de un vehículo automotor tipo sedán en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 24 de febrero del 2022

---

Fuentes Quishpe, Carlos Mauricio  
C.C.: 1721137816



DEPARTAMENTO DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autorización de publicación

Yo, Fuentes Quishpe, Carlos Mauricio, con cédula de ciudadanía N° 1721137816, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: Implementación de una estructura de entrenamiento para la enseñanza-aprendizaje del sistema de suspensión independiente tipo McPherson de un vehículo automotor tipo sedán en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 24 de febrero del 2022

---

Fuentes Quishpe, Carlos Mauricio  
C.C.: 1721137816

## **Dedicatoria**

Este trabajo de titulación está dedicado a mis padres y hermanos quienes han sido pilares fundamentales en mi vida personal y profesional, quienes me han apoyado incondicionalmente y son ejemplos a seguir de perseverancia y excelencia. Estaré eternamente agradecido por sus consejos y sacrificio desinteresado.

**Fuentes Quishpe, Carlos Mauricio**

### **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecer a Dios por toda la familia y amigos que me han acompañado en mi camino universitario, quienes siempre me han apoyado incondicionalmente y me han animado a lograr otro propósito en la vida.

Gracias a la Universidad de las Fuerzas Armadas de Espe y al Ejército ecuatoriano por darme la oportunidad de continuar con mi preparación, y a mis docentes que con trabajo y dedicación han moldeado sus conocimientos para formar profesionales exitosos.

**Fuentes Quishpe, Carlos Mauricio**

**Tabla de contenidos**

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>2</b>
<b>Reporte de verificación de contenido .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación.....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla de contenidos.....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>12</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>14</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>15</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>16</b>
<b>Tema .....</b>	<b>16</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>16</b>
<b>Planteamiento del Problema .....</b>	<b>17</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>18</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>19</b>
<b><i>Objetivo General.....</i></b>	<b>19</b>
<b><i>Objetivos Específicos.....</i></b>	<b>19</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>19</b>



<b>Marco teórico.....</b>	<b>21</b>
<b>Historia y evolución del sistema de suspensión .....</b>	<b>21</b>
<b>Descripción general del sistema de suspensión .....</b>	<b>22</b>
<i><b>Características fundamentales.....</b></i>	<b>22</b>
<b>Funcionamiento del sistema de suspensión .....</b>	<b>22</b>
<b>Elementos del sistema de suspensión.....</b>	<b>23</b>
<i><b>Masas suspendidas.....</b></i>	<b>23</b>
<i><b>Masas no suspendidas.....</b></i>	<b>23</b>
<b>Partes del sistema de suspensión .....</b>	<b>24</b>
<i><b>Elementos elásticos .....</b></i>	<b>24</b>
<i><b>Ballestas.....</b></i>	<b>25</b>
<i><b>Muelles .....</b></i>	<b>25</b>
<i><b>Barra de torsión.....</b></i>	<b>26</b>
<i><b>Amortiguadores.....</b></i>	<b>27</b>
<i><b>Tirantes de suspensión.....</b></i>	<b>27</b>
<i><b>Mangueta o portabuje.....</b></i>	<b>28</b>
<i><b>Brazos de la suspensión.....</b></i>	<b>29</b>
<i><b>Triángulo de la suspensión.....</b></i>	<b>29</b>
<i><b>Rótulas, silentblocks, articulaciones .....</b></i>	<b>30</b>
<i><b>Barra estabilizadora .....</b></i>	<b>31</b>
<i><b>Otros elementos .....</b></i>	<b>32</b>

<b>Clasificación según el sistema de control .....</b>	<b>33</b>
<i>Suspensión activa .....</i>	<i>33</i>
<i>Suspensión pasiva .....</i>	<i>34</i>
<i>Suspensión semiactiva .....</i>	<i>34</i>
<b>Según su posición .....</b>	<b>35</b>
<i>Suspensión delantera.....</i>	<i>35</i>
<i>Suspensión trasera .....</i>	<i>36</i>
<b>Según la geometría .....</b>	<b>36</b>
<i>Suspensión rígida o eje rígido.....</i>	<i>37</i>
<i>Suspensión semirrígida .....</i>	<i>37</i>
<i>Suspensión independiente. ....</i>	<i>38</i>
<b>Suspensión tipo McPherson .....</b>	<b>39</b>
<i>Componentes.....</i>	<i>40</i>
<i>Cinemática del sistema tipo McPherson.....</i>	<i>41</i>
<b>Desarrollo del Tema .....</b>	<b>42</b>
<b>Preliminares .....</b>	<b>42</b>
<b>Montaje de los elementos del sistema de suspensión tipo McPherson .....</b>	<b>44</b>
<i>Montaje del muelle helicoidal y amortiguador.....</i>	<i>44</i>
<i>Fijación de la torreta McPherson a la carrocería.....</i>	<i>47</i>
<i>Montaje de la mangueta y el conjunto amortiguador.....</i>	<i>48</i>
<i>Montaje del brazo de suspensión.....</i>	<i>50</i>

<i>Montaje de la barra estabilizadora</i> .....	52
Comprobación sin banco de suspensión.....	53
<i>Prueba de rebote</i> .....	54
<i>Inspección visual del estado de los componentes</i> .....	56
<i>Soportes del amortiguador y torretas</i> .....	56
<i>Conjunto amortiguador y muelle helicoidal</i> .....	57
<i>Fuelles de grasa, silentblocks, juntas esféricas</i> .....	58
<i>Prueba dinámica del vehículo</i> .....	59
<i>Verificación de los ángulos de alineación</i> .....	60
<i>Influencia de la variación del camber en la suspensión</i> .....	61
<i>Influencia de la variación del caster en la suspensión</i> .....	61
Comprobación con banco de pruebas .....	62
Conclusiones y recomendaciones .....	63
Conclusiones .....	63
Recomendaciones .....	64
Bibliografía.....	65

**Índice de figuras**

<b>Figura 1</b> <i>Suspensión por ballestas</i> .....	21
<b>Figura 2</b> <i>Sistema de suspensión</i> .....	23
<b>Figura 3</b> <i>Masa suspendida y no suspendida</i> .....	24
<b>Figura 4</b> <i>Ballestas</i> .....	25
<b>Figura 5</b> <i>Muelles</i> .....	26
<b>Figura 6</b> <i>Barra de torsión</i> .....	26
<b>Figura 7</b> <i>Amortiguadores</i> .....	27
<b>Figura 8</b> <i>Tirante de suspensión</i> .....	28
<b>Figura 9</b> <i>Mangueta</i> .....	28
<b>Figura 10</b> <i>Brazo de suspensión</i> .....	29
<b>Figura 11</b> <i>Triángulo de suspensión</i> .....	30
<b>Figura 12</b> <i>Rótula</i> .....	30
<b>Figura 13</b> <i>Silentblocks</i> .....	31
<b>Figura 14</b> <i>Barra estabilizadora</i> .....	32
<b>Figura 15</b> <i>Bastidor</i> .....	33
<b>Figura 16</b> <i>Suspensión activa</i> .....	34
<b>Figura 17</b> <i>Suspensión semiactiva</i> .....	35
<b>Figura 18</b> <i>Suspensión delantera</i> .....	36
<b>Figura 19</b> <i>Suspensión rígida</i> .....	37
<b>Figura 20</b> <i>Suspensión semirrígida</i> .....	38

<b>Figura 21</b> <i>Suspensión independiente</i> .....	39
<b>Figura 22</b> <i>Suspensión McPherson</i> .....	40
<b>Figura 23</b> <i>Suspensión McPherson</i> .....	41
<b>Figura 24</b> <i>Herramientas y equipo</i> .....	42
<b>Figura 25</b> <i>Adquisición e inspección de materiales</i> .....	43
<b>Figura 26</b> <i>Estructura de la torreta de suspensión tipo McPherson</i> .....	44
<b>Figura 27</b> <i>Montaje del amortiguador y muelle helicoidal</i> .....	45
<b>Figura 28</b> <i>Fijación de la torreta McPherson y chasis en el banco didáctico</i> .....	47
<b>Figura 29</b> <i>Lubricación y montaje de la mangueta</i> .....	49
<b>Figura 30</b> <i>Montaje del brazo de suspensión</i> .....	51
<b>Figura 32</b> <i>Superficie nivelada</i> .....	54
<b>Figura 33</b> <i>Comprobación del sistema de suspensión</i> .....	55
<b>Figura 34</b> <i>Prueba de rebote</i> .....	55
<b>Figura 35</b> <i>Soportes del amortiguador y torreta McPherson</i> .....	56
<b>Figura 36</b> <i>Inspección del conjunto amortiguador y muelle helicoidal</i> .....	58
<b>Figura 37</b> <i>Inspección de los elementos de la suspensión</i> .....	58
<b>Figura 38</b> <i>Prueba dinámica</i> .....	59
<b>Figura 39</b> <i>Ángulo Camber</i> .....	60
<b>Figura 40</b> <i>Ángulo Caster</i> .....	61
<b>Figura 41</b> <i>Influencia de variación del (ángulo caster)</i> .....	62
<b>Figura 42</b> <i>Banco de pruebas</i> .....	62

## Resumen

El presente trabajo investigativo consiste en la implementación de una estructura de entrenamiento para la enseñanza-aprendizaje del sistema de suspensión independiente tipo McPherson de un vehículo automotor tipo sedán, el cual tiene la finalidad de mejorar la conexión entre la teoría y la práctica, en la que los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos adquiridos acerca de este tema. Cada elemento que constituye este sistema de suspensión es materializado a través de un banco didáctico, mismo que servirá como medio educativo, el cual permita al futuro técnico automotriz maniobrar, observar, indagar y descubrir al mismo tiempo que realiza la práctica dentro de los laboratorios de mecánica de patio de la universidad de las Fuerzas Armadas Espe. Este material beneficiará de manera significativa a estudiantes, docentes o personas que necesiten capacitación o practicas referentes al tema. La educación efectiva radica en la combinación de recursos y materiales aplicados a una metodología de enseñanza aprendizaje, que fortalezca el desarrollo de destrezas cognitivas y formativas de sus técnicos automotrices, así como la mejora en la interrelación docente-estudiante, para lograr buenos niveles de abstracción en los niveles superiores.

Palabras clave:

- **ESTRUCTURA DE ENTRENAMIENTO**
- **VEHÍCULO AUTOMOTOR TIPO SEDAN**
- **SUSPENSIÓN TIPO MCPHERSON**
- **MEDIO EDUCATIVO**

## **Abstract**

The present investigative work consists of the implementation of a training structure for the teaching-learning of the McPherson-type independent suspension system of a sedan-type motor vehicle, which has the purpose of improving the connection between theory and practice, in the that students can apply their acquired knowledge about this topic. Each element that constitutes this suspension system is materialized through a didactic bench, which serves as an educational medium, which allows the future automotive technician to maneuver, observe, inquire and discover at the same time that he practices within the laboratories of playground mechanic at the University of the Armed Forces Special. This material will significantly benefit students, teachers or people who need training or practical references to the subject. Effective education lies in the combination of resources and materials applied to a teaching-learning methodology, which strengthens the development of cognitive and training skills of their automotive techniques, as well as the improvement in the teacher-student relationship, to achieve good levels of abstraction at higher levels.

Key words:

- **TRAINING STRUCTURE**
- **SEDAN TYPE MOTOR VEHICLE**
- **MCPHERSON TYPE SUSPENSION**
- **EDUCATIONAL ENVIRONMENT**

## Capítulo I

### 1. Planteamiento del problema

#### 1.1 Tema

Implementación de una estructura de entrenamiento para la enseñanza-aprendizaje del sistema de suspensión independiente tipo McPherson de un vehículo automotor tipo sedán en la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.

#### 1.2 Antecedentes

La Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, ha ido contribuyendo en el desarrollo e innovación de la ciencia y la tecnología dentro del ámbito de la industria automotriz en beneficio de la sociedad durante décadas. Como institución de educación superior continúa aportado un mejoramiento en los procesos educativos del estudiante, lo que conlleva a mantenerse al corriente con los desarrollos que día a día brinda el campo de la industria automotriz (Serrano et al., 2018).

La carrera de mecánica automotriz desarrolla nuevos métodos educativos, por lo que se ha visto en la necesidad de implementar estructuras de entrenamiento de los diferentes sistemas que conforman el vehículo. La asignatura de mecánica de patio carece de material didáctico suficiente, que aporten a la enseñanza-aprendizaje de una manera más didáctica y significativa de los estudiantes. La institución por trascendencia forma profesionales de excelencia capacitados en impulsar el desarrollo científico y tecnológico (Garcés, 2018).

Las estructuras de entrenamiento a lo largo de la formación académica de los estudiantes de mecánica automotriz, se han utilizado como un medio de representación para mostrar de forma clara e inmediata las características de un proyecto. Herramienta muy útil que refleja de forma comprensible, aquello a menudo deja de una manera inconclusa el aprendizaje para los alumnos (Carrión et al., 2017).



### 1.3 Planteamiento del Problema

En la actualidad la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE considera un recurso muy valioso la implementación de una estructura de entrenamiento para la enseñanza-aprendizaje del sistema de suspensión independiente tipo McPherson. El material didáctico presente en los laboratorios de mecánica de patio, no son los suficientes para transferir el conocimiento de una manera más eficiente y clara. La ausencia de estas herramientas didácticas imposibilita un beneficio educativo más eficaz e interactivo, por lo que se ha convertido en una enseñanza-aprendizaje anticuada y poco entretenida. El técnico automotriz afrontan dificultades en el reconocimiento de los diferentes componentes del vehículo durante el proceso de prácticas, puesto que en un vehículo real no se puede evidenciar o palpar directamente (Beltrán & Fernández, 2017).

La estructura de entrenamiento para el sistema de suspensión es un problema que surge dentro del laboratorio de mecánica de patio, se considera una necesidad para que los procesos académicos sean satisfactorios lo que convergerá en una educación de calidad. El material didáctico servirá como investigación para el desarrollo de nuevos prototipos, así como también el comienzo de una industria con manufactura y producción ecuatoriana (Secaira, 2021).

Estos materiales didácticos de no ser implementados seguirán existiendo una desmotivación y desinterés en la enseñanza- aprendizaje, lo que se verá reflejado en su rendimiento laboral y académico dentro de los laboratorios. La estructura de entrenamiento del sistema de suspensión, se implementa con el fin de incrementar los conocimientos y verificar los elementos que conforman la suspensión McPherson de manera óptima y clara (Balseca, 2017).

#### 1.4 Justificación

El estudiante mediante el presente proyecto, visualizará la materialización de cada componente que conforma el sistema de suspensión independiente tipo McPherson de manera didáctica y detallada reflejado en el material de entrenamiento. La educación se basa en los conocimientos que los alumnos hayan finalmente aprendido, resultado que depende en gran medida de la metodología, recursos y materiales con las que sean impartidas. La educación efectiva radica en la combinación en el uso de recursos educativos con materiales, para que los alumnos comprendan a cabalidad lo que se imparten en los textos. La teoría nos brinda muchos conocimientos, pero es necesario llevarlos a la realidad para poderlos comprobar (Loaiza et al., 2017).

El material didáctico en los laboratorios de mecánica de patio, es el recurso educativo didáctico o herramienta que tiene el estudiante para tener ese acercamiento con la realidad durante su periodo de formación. Esta metodología didáctica mientras más demostrativo y real sea este, tendrá un mayor impacto en el aprendizaje del alumno. Esta herramienta brindará una mayor flexibilidad y transversalidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la mecánica automotriz, de una manera más comfortable apoyada en la investigación científica (Fow & Camino, 2018).

Este proyecto tiene la finalidad de fortalecer la conexión entre la teoría y la práctica. La carrera de mecánica automotriz no puede prescindir de la parte práctica, por tratarse de una carrera técnica. Y con ello, conseguir que la ESPE fortalezca las destrezas cognitivas y formativas de sus técnicos automotrices, aportando en la implementación de material didáctico en los laboratorios de mecánica de patio (Endara & Enríquez, 2019).

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Implementar una estructura de entrenamiento para la enseñanza-aprendizaje del sistema de suspensión independiente tipo McPherson de un vehículo automotor tipo sedán en la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Establecer información bibliográfica sobre el sistema suspensión independiente tipo McPherson como guía de parámetros de funcionamiento para consolidar los procesos de enseñanza- aprendizaje en la formación de técnicos en mecánica automotriz.
- Analizar la situación actual de las condiciones de enseñanza-aprendizaje de mecánica automotriz que se desarrollan en el laboratorio de mecánica de patio, para conocer el proceso más óptimo de empleo de herramientas didácticas en el desarrollo y formación de un tecnólogo automotriz.
- Desarrollar una estructura de entrenamiento, para la enseñanza de parámetros de funcionamiento del sistema de suspensión independiente tipo McPherson en la carrera de mecánica automotriz.
- Realizar pruebas del correcto funcionamiento del material didáctico del sistema de suspensión independiente tipo McPherson, para su uso como herramienta didáctica en los laboratorios de mecánica de patio de la carrera de mecánica automotriz.

## **1.6 Alcance**

El presente proyecto comprende la implementación de una estructura de entrenamiento para la enseñanza-aprendizaje del sistema de suspensión independiente

tipo McPherson de un vehículo automotor tipo sedán en la carrera mecánica automotriz. La institución se beneficiará en gran parte, así también el departamento de carrera, los docentes y los estudiantes, puesto que podrán fortalecer la conexión entre la teoría y la práctica a través de este material didáctico. Este proyecto permite estimular la implementación de nuevas metodologías educativas y pedagógicas, así como los recursos didácticos que van más allá de lo tradicional. Esta herramienta didáctica debe responder a las necesidades del siglo XXI (Paredes, 2019).

La estructura de entrenamiento del sistema de suspensión independiente tipo McPherson, contribuirá como base fundamental para la implementación de los demás sistemas del vehículo. Los alumnos necesitan que sus docentes creen entornos de aprendizaje, que reduzca los niveles de estrés y la confusión en el ámbito laboral. Los materiales, las herramientas y los recursos son cruciales dentro de los laboratorios automotrices, para promover la creatividad y destrezas (Martínez & Stager, 2019).

El material didáctico reducirá considerablemente la limitación de los recursos educativos existentes en los laboratorios de mecánica de patio. Con la implementación de una estructura de entrenamiento para la enseñanza-aprendizaje del sistema de suspensión independiente tipo McPherson, aportará de manera significativa en la economía y aprendizaje de todo el personal que conforma la de la universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE (León & Castillo, 2019).

El módulo de entrenamiento, permite el montaje rápido y visualización de los componentes del sistema de suspensión, así como la realización de parámetros de prueba. En el aprendizaje cabe recalcar, ayuda a manejar al estudiante de manera más didáctica y clara, evitando costos que generan el traslado de los vehículos a los establecimientos educativos para su posterior práctica. Esta herramienta servirá como método didáctico para todo aquel personal que se encuentre interesado o relacionado con el tema (Guailacela et al., 2020).

## Capítulo II

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Historia y evolución del sistema de suspensión

Los primeros diseñadores transfirieron la técnica de la suspensión de los carruajes de caballos a los coches. Estos sistemas estaban diseñados a partir de dos ejes rígidos unidos a la caja de velocidades del vehículo, mediante ballestas longitudinales y transversales. Las ruedas carecían de amortiguadores y eran elementos que estaban forrados con hierro. El primer diseño de suspensión independiente apareció en 1903. Los constructores en su mayoría se orientaron hacia soluciones estándar, por lo general ejes rígidos con ballestas, con notable camber positivo delantero. La suspensión en su evolución y desarrollo de 1885 a 1920, su diseño fue basado en la idea de los carruajes hacia técnicas más adecuadas. De 1920 se produjo el diseño y mejoramiento de los esquemas de las suspensiones en función del tipo de auto (posición del motor, tipo de propulsión y condiciones de carga). De 1955 a los años setenta se implementaron soluciones ya formuladas teóricamente y consideradas de nuevo con esquemas de construcción adecuados, que brinden mayor fiabilidad, mejor mantenimiento y bajo costo (Pilataxi, 2018).

#### Figura 1

*Suspensión por ballestas*



*Nota.* Se observa el primer auto carroza de Benz. Tomando de (Pilataxi, 2018).

## **2.2 Descripción general del sistema de suspensión**

La suspensión está compuesta de un conjunto de partes mecánicas que unen los elementos de rodadura y la carrocería del vehículo. Este componente posee siempre un movimiento vertical debido a las irregularidades de la calzada, las cuales se transmiten a través de las ruedas. Estos elementos de elasticidad se acoplan entre el bastidor y las ruedas que aporten al vehículo una mayor confortabilidad y estabilidad. El sistema de suspensión, transforma los golpes que se producen por las irregularidades del terreno sobre las ruedas en oscilaciones (Calvo, 2021).

### **2.2.1 Características fundamentales**

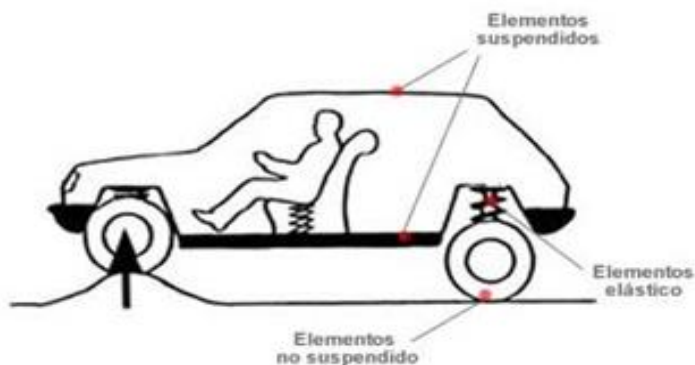
- Dar estabilidad al vehículo controlando y adherencia continua a las acciones que se ejercen sobre él, como la fuerza centrífuga, esfuerzos de frenada y aceleración, fluctuaciones del terreno y efectos de la dirección.
- Mantener un alto nivel de confort para los ocupantes, reduciendo en lo posible los movimientos del vehículo.
- Reducir la incidencia de fuerzas sobre la carrocería
- Asegurar el contacto permanente de las ruedas con el suelo

## **2.3 Funcionamiento del sistema de suspensión**

La suspensión es la encargada de dar estabilidad al vehículo ante las irregularidades del terreno, dando el mayor confort posible a sus ocupantes. Este sistema permite los movimientos de aproximación y alejamiento en las ruedas y la carrocería. El elemento elástico que lo conforma permite esta deformación, aportando estabilidad al vehículo. En el sistema de suspensión al movimiento de aproximación se lo denomina compresión, mientras que al de alejamiento se lo conoce como extensión. A la distancia entre los puntos en los que la rueda se encuentra más próxima y más alejada de la carrocería, se lo conoce como recorrido de suspensión (Pérez, 2018).

## Figura 2

### Sistema de suspensión



*Nota.* Funcionamiento del sistema de suspensión. Tomado de (Pérez, 2018).

## 2.4 Elementos del sistema de suspensión

Estos elementos también conocidos como masas suspendidas y no suspendidas, constituyen el peso de los componentes del vehículo que intervienen en el accionamiento del sistema de suspensión.

### 2.4.1 Masas suspendidas

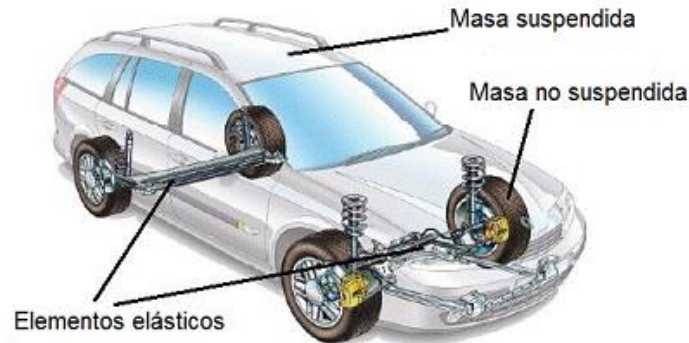
Las masas suspendidas son las que se encuentran por encima de los muelles de la suspensión. Estas masas tienen contacto directo con la carretera. La carrocería y el chasis son ejemplos claros de este tipo de masa suspendida, cuyo peso debe ser soportado por la suspensión (Moyón, 2019).

### 2.4.2 Masas no suspendidas

Las masas no suspendidas son aquellas que se encuentran por debajo de los muelles de la suspensión. Los elementos de elasticidad unen las masas no suspendidas directamente al bastidor. El peso de estas masas no suspendidas debe ser lo más pequeño posible, para así mejorar el sistema de suspensión. Los elementos que conforman son las ruedas, discos de freno, mordazas, amortiguador-muelles, los rodamientos de la manzana entre otros (Gavilanez & Yumbo, 2019).

### Figura 3

#### *Masa suspendida y no suspendida*



*Nota.* Se muestran los elementos que intervienen en el accionar del sistema de suspensión (Moyón, 2019).

## 2.5 Partes del sistema de suspensión

### 2.5.1 Elementos elásticos

Estos elementos tienen excelentes propiedades elásticas para la absorción de energía mecánica. Los amortiguadores ayudan a frenar las oscilaciones que se producen cuando liberan su energía. Estos componentes se encuentran ubicados entre las manguetas y el chasis. Los elementos elásticos soportan el peso del vehículo. Estos componentes son los responsables de la altura del vehículo con respecto a la calzada. El neumático es sometido a una determinada presión para que estos puedan comprimirse y expandirse al absorber los impactos de las regularidades del terreno (Águeda & García, 2017).

Los elementos elásticos utilizados en la suspensión convencional tenemos los que a continuación se mencionan.

- Ballestas
- Muelles
- Barras de torsión

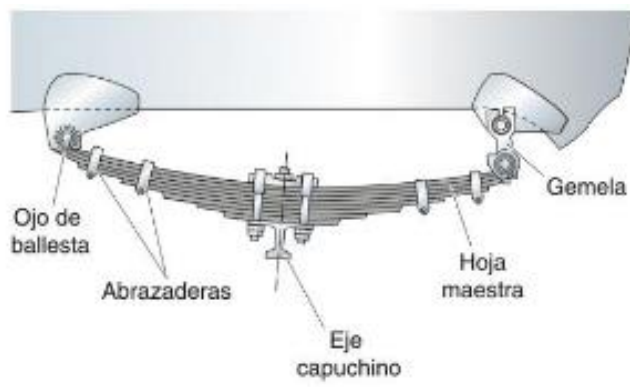


### 2.5.2 Ballestas

Las ballestas están formadas por una o varias hojas de acero aleado unidas entre sí por dos sistemas, por un perno central llamado capuchino y otro mediante abrazaderas. La hoja más larga es llamada como hoja maestra, y sus extremos se encuentran curvados para que se alojen los casquillos y pasadores. Las ballestas funcionan por flexión, respecto a su montaje pueden colocarse de forma longitudinal o transversal respecto a su montaje (Soriano & Ruiz, 2019a).

#### Figura 4

*Ballestas*



*Nota.* Se muestran los componentes de un sistema de suspensión por ballestas fijado a un chasis. Tomado de (Soriano & Ruiz, 2019a).

### 2.5.3 Muelles

Estos elementos están constituidos por un hilo de acero arrollado de forma espiral. Su rigidez es uno de los parámetros más importantes, puesto que es la relación existente entre la fuerza ejercida con la que el muelle se comprime y esta a su vez se deforma. Son los elementos elásticos más usados dentro del sistema de suspensión (González, 2016).

## Figura 5

### Muelles



*Nota.* Se muestran los tipos de muelles helicoidales empleados en el sistema de suspensión. Tomado de (González, 2016).

### 2.5.4 Barra de torsión

Son barras fabricadas de acero con una gran resistencia y elasticidad de torsión. Estos elementos están constituidos de diferentes formas como redondas, cuadradas o hexagonales. En el automóvil están unidas por un extremo a la carrocería de forma fija, y por el otro se unen al trapecio de la rueda. Este componente puede ir montado transversalmente o longitudinalmente al vehículo. Cuando la carrocería realiza un movimiento durante una curva, la barra de torsión se tuerce oponiéndose al movimiento (Murciano, 2018).

## Figura 6

### Barra de torsión



*Nota.* Se muestra una barra de torsión empleada en camiones y grandes camionetas. Tomado de (Murciano, 2018).

### 2.5.5 Amortiguadores

Los amortiguadores absorben y disminuyen el exceso de fuerza del rebote del vehículo a causa de la irregularidad de la vía. Estos elementos eliminan las oscilaciones provenientes de los resortes. Los amortiguadores disipan la energía para que esta no llegue hasta el resto del vehículo. Se encargan de transformar la energía mecánica en energía calorífica absorbida por un fluido que se aloja en su interior. Estos elementos ayudan a mantener un constante contacto entre los neumáticos y el piso. En el vehículo forman parte de la seguridad activa, puesto que evitan accidentes producidos por la falta de estabilidad del vehículo (León, 2017).

#### Figura 7

*Amortiguadores*



*Nota.* Se aprecia los diferentes tipos de amortiguadores empleados de acuerdo a la necesidad del automotor. Tomado de (León, 2017).

### 2.5.6 Tirantes de suspensión

Su fabricación es de acero, los mismos que se encuentran ubicados entre la carrocería y la mangueta. Estos brazos de acero absorben los esfuerzos generados por la suspensión mediante los silentblocks o cojinetes elásticos montados en sus extremos (Barzola, 2017).

**Figura 8**

*Tirante de suspensión*



*Nota.* Se muestra el tirante de la suspensión y a sus extremos los silentblocks o cojinetes. Tomado de (Barzola, 2017).

### **2.5.7 Mangueta o portabuje**

La mangueta es la encargada de soportar directamente a la rueda. Este componente sirve de unión entre la rueda y los elementos oscilantes. La mangueta sirve de guía para el sistema de suspensión, como también de directriz en el caso de las ruedas delanteras integrando en su estructura el brazo de acoplamiento (Pérez, 2018).

**Figura 9**

*Mangueta*



*Nota.* Se aprecia una mangueta que sirve de unión entre la rueda y los elementos oscilantes. Tomado de (Pérez, 2018).

### **2.5.8 Brazos de la suspensión**

Los brazos de suspensión soportan los sobre esfuerzos que se generen durante su función. Estos brazos transmiten parte de los esfuerzos que soportan las ruedas y carrocería, se une el buje y las manguetas con el apoyo de los silentblocks con la rótula (Bancayan, 2020).

#### **Figura 10**

*Brazo de suspensión*



*Nota.* Se muestra un brazo de dirección con sus respectivos silentblocks y rótulas.

Tomado de (Bancayan, 2020).

### **2.5.9 Triángulo de la suspensión**

Este triángulo se une mediante tres extremos, dos con el bastidor y uno con la mangueta. Este componente sirve de soporte y fijación mediante una rótula, y el pivotamiento a través de dos articulaciones silentblocks. Su fabricación es en acero e incluso en fundición de aluminio. Los triángulos los podemos encontrar en L y en A (Martínez, 2018).

**Figura 11**

*Triángulo de suspensión*



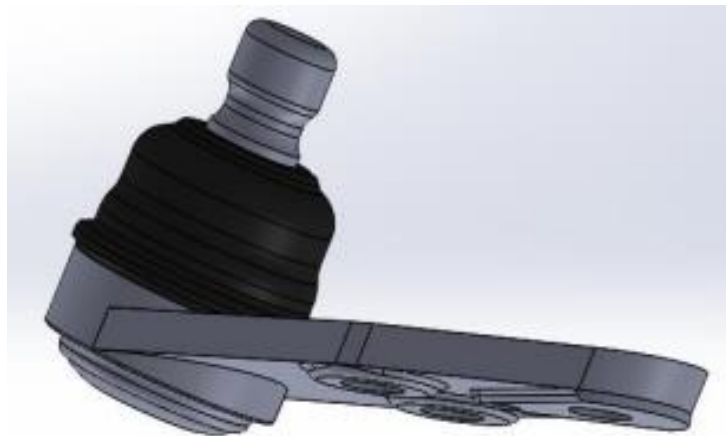
*Nota.* Se muestra un triángulo de suspensión tipo L. Tomado de (Martínez, 2018).

#### **2.5.10 Rótulas, silentblocks, articulaciones**

Las rótulas dentro del sistema de suspensión tienen la función de unir y fijar a la misma. Estos elementos permiten el pivoteo y giro de las ruedas cuando la situación así lo amerite. Estas rótulas son fijadas por medio de tornillos o roscadas interiores o exteriores (Minga & Morocho, 2018).

**Figura 12**

*Rótula*

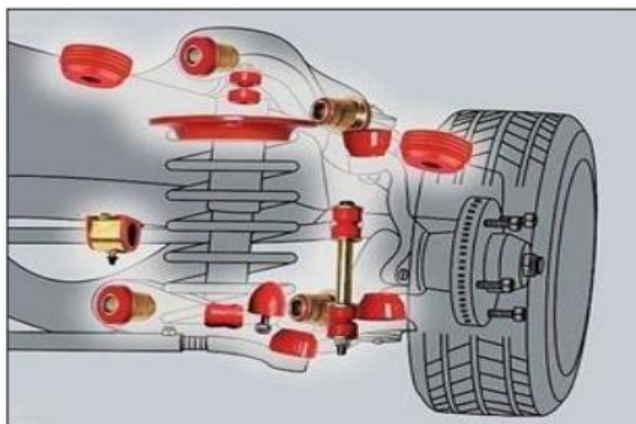


*Nota.* Se muestra la geometría de la rótula inferior. Tomado de (Minga & Morocho, 2018).

Estos elementos aislantes se colocan entre las partes móviles de la suspensión y el chasis del vehículo. Estas piezas son las encargadas de amortiguar las reacciones que se producen en el soporte debido al movimiento de las piezas mecánicas. Los bloques "silentblocks" se pueden atornillar al chasis o ensamblar bajo presión. Estos materiales elásticos tienen una vida útil limitada, por lo que deben reemplazarse cuando se aflojan o desgastan (Gavilanes & Guerrero, 2019).

### Figura 13

#### *Silentblocks*



*Nota.* Se muestran los elementos aislantes alojados en cada parte del sistema de suspensión. Tomado de (Gavilanes & Guerrero, 2019).

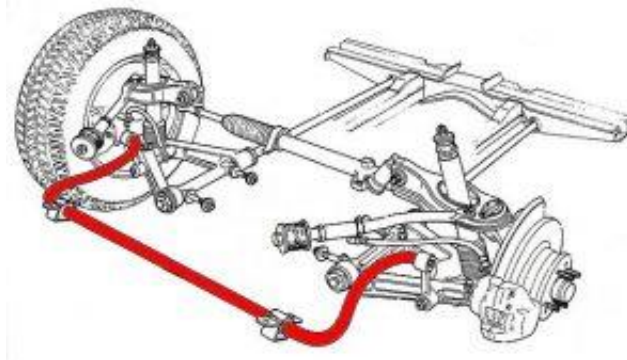
#### **2.5.11 Barra estabilizadora**

La barra estabilizadora consiste en una barra fabricada de acero elástico, cuyos extremos van fijados a los brazos de suspensión de las ruedas. El vehículo al tomar una curva se crea un par de torsión en la barra absorbiendo el esfuerzo e impidiendo un peligro de vuelco. La acción de la fuerza centrífuga ocasiona una inestabilidad durante la curva, para lo cual se montan dos barras estabilizadoras sobre los ejes. La carrocería lo mantiene estable y no permite que se incline a un lado (Satán, 2017).

La barra estabilizadora consiste en una barra de acero elástico, cuyo extremo está unido al brazo de suspensión de la rueda. Cuando el vehículo gira, se crea par de torsión en las barras, absorbiendo la fuerza y evitando el vuelco. El efecto de la fuerza centrífuga provoca inestabilidad en las curvas, para lo cual se instalan dos barras estabilizadoras en los ejes. La carrocería se mantiene estable y no permite que se incline hacia un lado.

### **Figura 14**

*Barra estabilizadora*



*Nota.* Se aprecia de color rojo la ubicación de la barra estabilizadora en un sistema de suspensión. Tomado de (Satán, 2017).

### **2.5.12 Otros elementos**

El bastidor y el chasis no son considerados como parte del sistema de suspensión. Estos elementos representan el armazón metálico, en el cual van a ir alojados todos los componentes del vehículo. Su función es la de soportar el peso y cargas dinámicas ocasionadas por los sistemas del automóvil durante su funcionamiento (Martínez, 2018).



## Figura 15

### *Bastidor*



*Nota.* Se muestra la estructura de un bastidor soportando el peso y cargas dinámicas de los componentes del vehículo. Tomado de (Martínez, 2018).

## 2.6 Clasificación según el sistema de control

Los sistemas de suspensión se clasifican teniendo en cuenta el tipo de control que ejercen sus parámetros.

- Suspensión activa
- Suspensión pasiva
- Suspensión semiactiva

### 2.6.1 *Suspensión activa*

Estos sistemas brindan mayores niveles de comodidad, control y maniobrabilidad en respuesta a la necesidad de desarrollar vehículos seguros y capaces. La suspensión activa controla y gestiona de forma independiente la amortiguación de cada rueda para que obtengan un mejor agarre al suelo. Esta suspensión mejora la estabilidad, almacena, disipa e introduce energía en el sistema a través de actuadores cuyo funcionamiento está regulado por sensores y controladores. Los sistemas de suspensión activa suelen medir la aceleración en varios puntos del vehículo (Estella, 2018).

**Figura 16***Suspensión activa*

*Nota.* Comparación entre una suspensión pasiva y una suspensión activa durante la maniobra de viraje. Tomado de (Estella, 2018).

### **2.6.2 Suspensión pasiva**

. Un sistema de suspensión pasiva es un conjunto de espirales y amortiguadores encargados de absorber las irregularidades en la superficie de la carretera. Además de no necesitar actuadores y sensores, este tipo de suspensión se caracteriza por ser utilizable en vehículos de gama baja y media. El sistema no permite la configuración de los parámetros de suspensión, es decir, no se puede ajustar automáticamente (Bustos, 2016).

### **2.6.3 Suspensión semiactiva**

La suspensión semiactiva es una combinación de suspensión activa y pasiva. Las suspensiones se utilizan a menudo en vehículos ligeros. Este sistema permite ajustar el coeficiente de amortiguamiento sin inyectar energía a los actuadores del sistema, lo que lo convierte en el sistema de suspensión más utilizado en la actualidad. En el campo de la suspensión semiactiva, los primeros sistemas que aparecieron se basaban en el uso de amortiguadores con electroválvulas (Alamo, 2019).

**Figura 17***Suspensión semiactiva*

*Nota.* La suspensión semiactiva se caracteriza por combinar la suspensión activa y pasiva. Tomado de (Alamo, 2019).

**2.7 Según su posición****2.7.1 Suspensión delantera.**

La suspensión delantera es más compleja ya que realiza un trabajo mayor que la trasera, debido a que se encuentran alojadas la mayor parte de componentes mecánicos del vehículo. Para esta suspensión se emplean en su mayoría las suspensiones independientes, para minimizar posibles daños en la dirección y que esta no se vea afectada por la irregularidad en el camino (Villota & Jácome, 2015).

## Figura 18

### *Suspensión delantera*



*Nota.* Se muestra un vehículo con suspensión delantera en el eje delantero. Tomado de (Villota & Jácome, 2015).

### **2.7.2 Suspensión trasera**

El eje trasero de la suspensión es más sencillo que el del eje delantero, debido a los pocos componentes que lo conforman. En el eje posterior actúa el sistema de suspensión sin mecanismos de dirección. Los diseños de suspensión trasera se encuentran condicionados por el tipo y carga que deba soportar el vehículo. Los tipos de suspensión más empleados es el sistema de suspensión con eje rígido, suspensiones semindependientes, suspensiones dependientes (Soriano & Ruiz, 2019b).

### **2.8 Según la geometría**

Bajo este criterio se muestran tres grupos bien diferenciados.

- Suspensión rígida o eje rígido
- Suspensión semirrígida
- Suspensión independiente

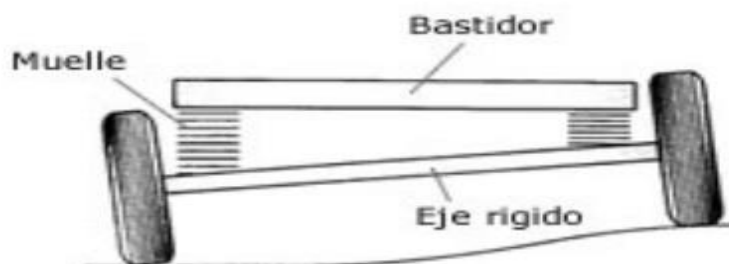
### 2.8.1 Suspensión rígida o eje rígido

Esta suspensión comprende un diseño mucho más simple, ya que está conformada por un eje rígido que al extremo se conecta con los neumáticos. La suspensión rígida se encuentra sujeta al bastidor mediante ballestas o resortes. Las vibraciones se transmiten de una rueda a otra, debido a que se encuentran unidas por un mismo eje rígido. Los vehículos de gran tamaño como autobuses, camiones, entre otros, son los que más utilizan este tipo de suspensión. Entre los tipos que conforman este sistema de suspensión tenemos ballestas y barras tirantes (Molina & Chimbolema, 2015).

Los sistemas de ejes dependientes o rígidos forman una sola pieza donde las ruedas están unidas por un mismo eje de manera que la acción de las irregularidades del terreno afectará a ambos a la vez (San Martín, 2020).

**Figura 19**

*Suspensión rígida*



*Nota.* Se muestra el esquema de una suspensión de dependiente o eje rígido. Tomado de (San Martín, 2020).

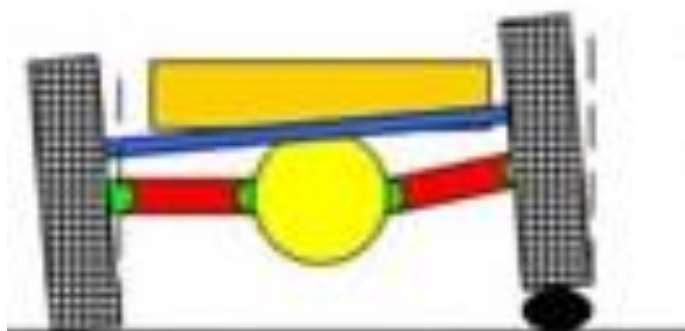
### 2.8.2 Suspensión semirrígida

Las suspensiones semirrígidas se diferencian de las suspensiones rígidas en que transmiten parcialmente el terreno irregular. La suspensión no es completamente rígida, ni es independiente. Un eje de torsión es una suspensión semirrígida que se usa mucho en la suspensión trasera. En los vehículos con tracción delantera, tiene forma de

U, por lo que si una de las ruedas pasa un obstáculo, puede deformarse elásticamente en un ángulo. El sistema funciona a través de la torsión del puente, permitiendo la recuperación parcial de la comba. Debido a su bajo costo y tamaño reducido, el sistema es ideal para la instalación con otros componentes (Cáceres, 2021).

### **Figura 20**

#### *Suspensión semirrígida*



*Nota.* Se aprecia el funcionamiento de una suspensión semirrígida sometida a un obstáculo. Tomado de (Cáceres, 2021).

El sistema semirrígido reduce la inclinación y la vibración debido a un brazo adicional. El sistema no es rígido ni autónomo, lo que significa que el aislamiento de las oscilaciones es relativamente limitado. Los resortes unidos a los soportes articulados limitan su independencia, ya que están anclados al diferencial y a las barras que abarcan toda el área del puente. Este es un sistema común que emplean muchos autos en sus versiones básicas (Puyol & Velásquez, 2019).

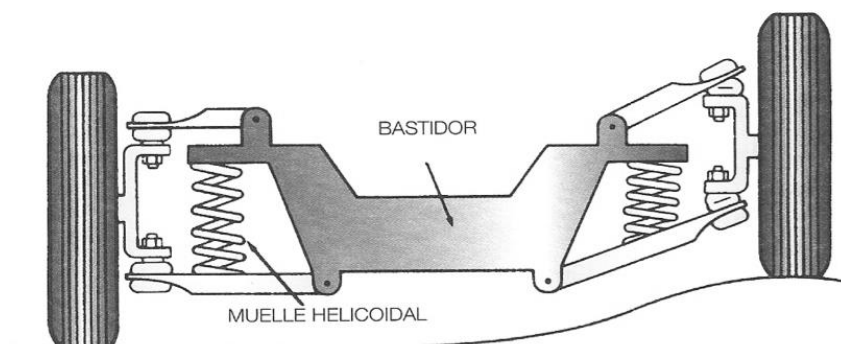
### **2.8.3 Suspensión independiente.**

Este tipo de sistema no se encuentra conectado por ningún componente mecánico, realizando su función de manera independiente. Este tipo de suspensión permite mayor estabilidad y confort para el vehículo, ya que hace que una llanta tenga un recorrido sin afectar la rueda opuesta. Todas las suspensiones tienen la misión de absorber las desigualdades del terreno sobre el que se desplaza el vehículo. La

suspensión independiente en la industria automotriz es la más utilizada hoy en día. La fuerzas transmitidas al chasis son menores, aporta de igual manera menos peso suspendido a diferencia de los otros tipos de suspensión (Becerra & Pachito, 2021).

### Figura 21

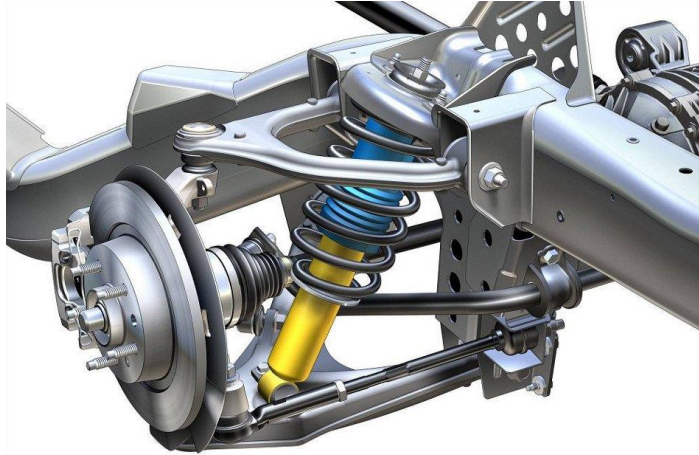
#### *Suspensión independiente*



*Nota.* Se aprecia la acción del sistema de suspensión delantera independiente (Becerra & Pachito, 2021).

### 2.9 Suspensión tipo McPherson

La suspensión MacPherson es un conjunto de componentes que conectan las ruedas y el chasis, lo que permite el movimiento relativo entre los dos. Su estructura de suspensión se adapta a las ruedas delanteras y traseras. Este tipo de suspensión es muy utilizada en los vehículos actuales. Una de las ventajas es el bajo costo, la sencillez y la simplicidad en relación con otras suspensiones. Este sistema se utiliza más en el eje delantero de los vehículos actuales. El brazo oscilante en un extremo está fijado al bastidor a través de cojinetes elásticos. El otro extremo del brazo está conectado a la mangueta mediante una rótula. La mangueta está unida desde su parte superior a un amortiguador vertical rodeado de un resorte helicoidal, mientras que el extremo superior del amortiguador se apoya a la carrocería (Aranguren, 2020).

**Figura 22***Suspensión McPherson*

*Nota.* Se muestra una suspensión independiente tipo McPherson. Tomado de (Aranguren, 2020).

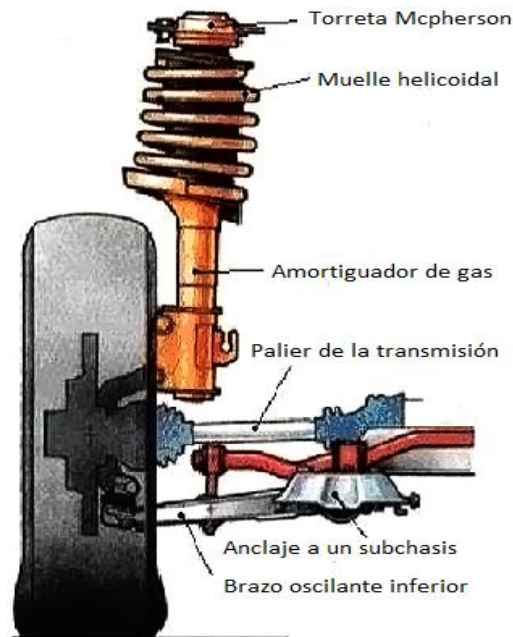
**2.9.1 Componentes**

La suspensión McPherson tiene pocos componentes lo que hace q sea una suspensión muy simple y sencilla, así que destacamos la Torre McPherson, los amortiguadores de gas, el muelle helicoidal, brazo oscilante inferior, los anclajes, barra estabilizadora , los palieres de la transmisión los cuales son los ejes en los que se transmite el movimiento diferencial a las ruedas motrices (Ortega, 2021).



**Figura 23**

*Suspensión McPherson*



*Nota.* Se muestran los componentes que conforman el sistema de suspensión tipo McPherson. Tomado de (Ortega, 2021).

### **2.9.2 Cinemática del sistema tipo McPherson**

En mecánica, la cinemática estudia el tipo de movimiento, sin atender las causas que lo producen. Una suspensión independiente viene acoplada con brazos oscilantes en forma de A. Estos brazos controlan el movimiento de la rueda, permitiéndole moverse y evitando la deformación de sus componentes. El movimiento de amortiguación siempre tiene una dirección definida cuando se mueve en compresión y cuando se mueve en tensión (Enríquez, 2020).

## Capítulo III

### 3. Desarrollo del Tema

El presente proyecto de titulación tiene como finalidad la implementación de una estructura de entrenamiento del sistema de suspensión independiente tipo McPherson, en la que se realiza diferentes actividades necesarias para el montaje de los diferentes componentes que conforman este sistema, siendo este lo suficientemente maniobrable para la enseñanza-aprendizaje del estudiante.

#### 3.1 Preliminares

Inicialmente se realizan los preparativos de las áreas de trabajo que brinden el confort para la consolidación del proyecto. Posterior a esta actividad, se realiza la correcta selección de herramienta, equipo y productos que van a intervenir en la materialización del presente proyecto. Estos elementos deben ser manipulados adecuadamente y de acuerdo a cada especificación que fueron diseñados para su empleo, tomando en cuenta todas las medidas de seguridad necesarias durante el montaje del sistema de suspensión en la estructura de entrenamiento.

#### Figura 24

*Herramientas y equipo*



*Nota.* Se observan las herramientas, equipo y productos necesarios para un correcto montaje del sistema de suspensión.

Se realiza la adquisición de repuestos necesarios para la materialización de la estructura de entrenamiento del sistema de suspensión tipo McPherson. Estos componentes son inspeccionados de manera minuciosa descartando la existencia de fisuras en algún elemento, daños o deformación en roscas y pernos, fugas de líquido en el amortiguador, rodamientos de la mangueta, rótulas o daños en los silentblocks, que puedan afectar al correcto funcionamiento.

### Figura 25

*Adquisición e inspección de materiales*



(a)



(b)

*Nota.* Se muestra cada uno de los componentes de la suspensión tipo McPherson inspeccionados previo a su montaje en la estructura didáctica de entrenamiento.

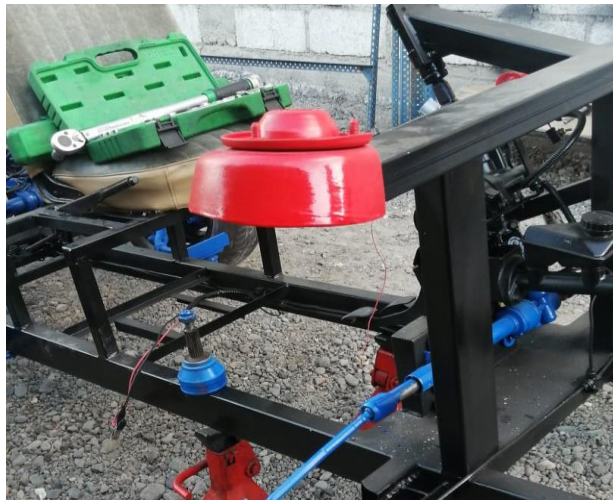
(a) Adquisición de todos los elementos que conforman el sistema de suspensión tipo McPherson.

(b) descartamos fisuras, daños, deformación o fugas de líquido de cada elemento del sistema.

Verificamos que la estructura se encuentre segura y adecuada para el montaje de los diferentes elementos que conforman el sistema de suspensión independiente tipo McPherson.

### **Figura 26**

*Estructura de la torreta de suspensión tipo McPherson*



*Nota.* Se muestra implementada la estructura de la torreta de suspensión previa al montaje de los elementos del sistema de suspensión tipo McPherson.

## **3.2 Montaje de los elementos del sistema de suspensión tipo McPherson**

### **3.2.1 Montaje del muelle helicoidal y amortiguador**

Para montar el amortiguador con el muelle helicoidal debemos procurar tener cuidado en la manipulación de cada elemento, se debe evitar al de no rayar el pistón del amortiguador o golpear el mismo, puesto que esta acción puede causar una deformación en el elemento, provocando anomalías durante su funcionamiento. Para el muelle helicoidal tomar las mismas medidas de manipulación que el amortiguador, a fin

de evitar fisuras o deformación en el mismo durante el montaje, verificando que la parte inferior y superior del muelle quede alojada en su tope correctamente.

Para el montaje del conjunto amortiguador iniciamos colocando el compresor de muelles en los extremos del muelle helicoidal para su previa compresión.

Posteriormente procedemos a colocar el amortiguador en el interior del amortiguador procurando que el tope inferior y superior del muelle quede alojada en su tope.

Consecutivamente con el empleo de un torquímetro procedemos ajustamos la tuerca del vástago verificando que la tapa superior se encuentre en su posición adecuada. Una vez asegurado y verificado los anteriores procedimientos, liberamos cuidadosamente el compresor de muelles helicoidales descomprimiendo los mismos.

Las herramientas y equipo empleados se detallan a continuación:

- caja de dados
- juego de llaves
- compresor de muelles helicoidales
- banco de trabajo

### **Figura 27**

*Montaje del amortiguador y muelle helicoidal*



(a)



(b)



(c)

*Nota.* Se muestra el montaje y ajuste del conjunto amortiguador y muelle helicoidal.

(a) Colocar y por sus dos extremos el compresor de muelles y comprimir cuidadosamente.

(b) Acoplar el conjunto amortiguador y muelle helicoidal procurando que se asienten bien en sus alojamientos.

(c) Con el empleo de un torquímetro ajustamos la tuerca del vástago del amortiguador con una medida de esfuerzo de torsión de 79-110 Nm.



### 3.2.2 Fijación de la torreta McPherson a la carrocería

Una vez realizado el montaje del conjunto amortiguador ubicamos correctamente la tapa superior para fijar torreta de la suspensión al chasis de la estructura didáctica, asegurando sus respectivas tuercas con la ayuda de la herramienta de precisión, en este caso el torquímetro. En esta actividad se debe procurar ajustar las tuercas con un torque adecuado a fin de evitar daños en las roscas.

Las herramientas y equipo empleados se detallan a continuación:

- caja de dados
- juego de llaves
- torquímetro
- soportes de gato hidráulico

#### Figura 28

*Fijación de la torreta McPherson y chasis en el banco didáctico*



(a)



(b)

*Nota.* Se muestra la fijación de la torreta McPherson y el chasis empleando una herramienta de precisión.

(a) En los recuadros verdes se muestran los tres pernos de fijación.

(b) Fijar la torreta ajustando sus tuercas de fijación utilizando un torquímetro aplicando un torque de 29-40 Nm.

### **3.2.3 Montaje de la mangueta y el conjunto amortiguador**

Lubricar adecuadamente la parte central de la mangueta de suspensión, donde se encuentran alojados los rodamientos y el eje de transmisión. Durante su manipulación los orificios no deben ser golpeados, a fin de evitar disminución y deformación en las medidas originales de los mismos. El ajuste de tuercas se debe realizar con la ayuda de una herramienta adecuada.

Las herramientas y equipo empleados se detallan a continuación:

- caja de dados
- juego de llaves
- torquímetro
- grasa para rodamientos



- soportes de gato hidráulico

**Figura 29**

*Lubricación y montaje de la mangueta*



(a)



(b)



(c)

*Nota.* Se muestra la lubricación de rodamientos y montaje de la mangueta en el conjunto amortiguador.

(a) Lubricar los rodamientos de la parte central de la mangueta.

(b) En el recuadro verde se muestran los dos pernos de fijación de la mangueta.

(c) Ajustar las dos tuercas de fijación de la mangueta utilizando un torquímetro con un torque de 93-127 Nm.

### **3.2.4 Montaje del brazo de suspensión**

Para este procedimiento de montaje es necesario tener en cuenta la correcta posición del mismo dentro de la estructura didáctica, de lo contrario será imposible armar el sistema. Para lo cual se fija la rótula del brazo de suspensión a la mangueta y realizar el ajuste respectivo, seguidamente montamos el brazo de suspensión al chasis de la estructura y asegurar. Las torques ejercidas en las tuercas o pernos deben ser los ideales para la sujeción del mismo, utilizando la herramienta de precisión.

Las herramientas y equipo empleados se detallan a continuación:

- caja de dados
- juego de llaves

- torquímetro
- soportes de gato hidráulico

### Figura 30

*Montaje del brazo de suspensión*



(a)



(b)

*Nota.* Se muestra la fijación del brazo de suspensión en la mangueta y puente de la estructura didáctica.

(a) Fijamos la rótula del brazo de suspensión a la mangueta ajustando con una herramienta de precisión con un torque de 43-59 Nm.

(b) Fijamos el brazo de suspensión al puente de la estructura didáctica mediante un perno y ajustamos con una herramienta de precisión aplicando un torque de 93-127 Nm.

### **3.2.5 Montaje de la barra estabilizadora**

Para el montaje de la barra estabilizadora es importante verificar que los silentblocks se encuentren instalados y en buen estado dentro del mismo. Posterior a esta actividad fijamos la barra estabilizadora a los brazos de suspensión. Una vez fijado procedemos a fijar al puente de la estructura didáctica. Las tuercas y pernos deben mantener su torque ideal utilizando la herramienta de precisión.

Las herramientas y equipo empleados se detallan a continuación:

- caja de dados
- juego de llaves
- torquímetro
- soportes de gato hidráulico

### **Figura 31**

*Montaje de la barra estabilizadora*



(a)



(b)

*Nota.* Se muestra el montaje y sujeción de la barra estabilizadora en los dos brazos de suspensión de la estructura de entrenamiento didáctica.

(a) Montamos la barra estabilizadora en los dos brazos suspensión y ajustamos utilizando un torquímetro a la tuerca de su perno pivote un torque de 17-19 Nm.

(b) Fijamos la barra estabilizadora al chasis de la estructura didáctica y ajustamos utilizando un torquímetro con un torque de 43-53 Nm.

### **3.3 Comprobación sin banco de suspensión**

Verificar los componentes de montaje del sistema, para descartar fugas de aceite, así como la inspección de soportes del amortiguador, silentblock, topes de suspensión y guardapolvos, evitando cualquier tipo de anomalía en cada uno de ellos. Garantizando un excelente trabajo funcional, para lo cual se detallan las siguientes pruebas:

- Prueba de rebote
- Prueba dinámica



### 3.3.1 Prueba de rebote

En este proceso de prueba de rebote, consiste en realizar presión sobre la carrocería continuamente, para comprobar el rebote de la suspensión.

Colocar en una superficie nivelada, y verificar que la banda de rodadura de todas ruedas se encuentra adheridas a la superficie del suelo. Tomar en cuenta que un terreno desigual no dará resultados confiables, afectando en la recuperación de la suspensión.

#### Figura 32

*Superficie nivelada*

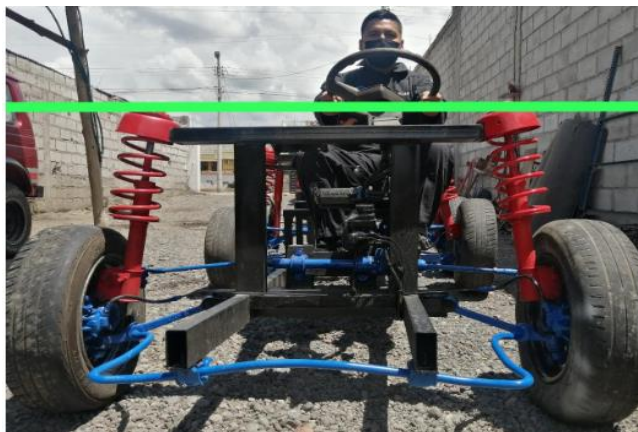


*Nota.* Se muestra la estructura de entrenamiento donde se observa que todas sus ruedas se encuentran adheridas al pavimento.

Con la estructura de entrenamiento sobre una superficie nivelada y con el conductor sobre la misma, evaluamos visualmente. Verificar que los dos lados de la suspensión no presente un desnivel sobre la superficie que se encuentra ubicada. Tomar en cuenta que la suspensión debe ser capaz de soportar el peso de los ocupantes, manteniéndolo bastante nivel dado en la mayoría de las situaciones.

**Figura 33**

*Comprobación del sistema de suspensión*



*Nota.* Se muestra una suspensión uniforme sin presencia de desnivel identificado con una línea horizontal de color verde.

Ejercer presión constante sobre la parte delantera de la estructura de entrenamiento, con movimientos de arriba hacia abajo con firmeza sobre la misma. Evaluar el sistema a través de la recuperación de sus elementos elásticos, para descartar algún tipo de avería.

**Figura 34**

*Prueba de rebote*



*Nota.* Se muestra la comprobación del sistema mediante fuerzas constantes aplicadas a la estructura.

### **3.3.2 Inspección visual del estado de los componentes**

La prueba de inspección visual facilita la corrección de distintos defectos que pueden haberse ocasionado durante la materialización de la estructura didáctica, permitiendo reducir y corregir elementos que no se encuentren asegurados correctamente o cumplen con las especificaciones.

### **3.3.3 Soportes del amortiguador y torretas**

Inspeccionar minuciosamente las torretas del sistema de suspensión independiente tipo McPherson, verificando que sus tuercas de fijación se encuentren bien aseguradas, a fin de evitar averías en el mismo. Así también inspeccionar por todo el elemento, verificando que no exista la presencia de óxido que pueda deteriorar tuercas y pernos a largo plazo.

### **Figura 35**

*Soportes del amortiguador y torreta McPherson*



(a)





(b)

*Nota.* Se muestra la inspección de las condiciones del soporte del amortiguador y torreta.

(a) Inspeccionamos que no exista la presencia de óxido en cada uno de los soportes del conjunto amortiguador y torreta que puedan deteriorar el mismo.

(b) Verificamos que todas las tuercas de sujeción del soporte se encuentren correctamente asegurados.

### **3.3.4 Conjunto amortiguador y muelle helicoidal**

Es necesario después de la prueba de rebote de la suspensión realizar una inspección de los amortiguadores, donde comprobamos que no existe deformación, pérdida de gas, el asiento del muelle se encuentra en óptimas condiciones y no existe presencia de óxido que afecte a su funcionamiento.

Seguidamente inspeccionar el estado de los muelles helicoidales tomando en cuenta que son parte fundamental dentro de la acción de amortiguamiento, misma que no presenta presencia de óxido, deformación o fisuras que puedan afectar durante su funcionamiento.

**Figura 36**

*Inspección del conjunto amortiguador y muelle helicoidal*



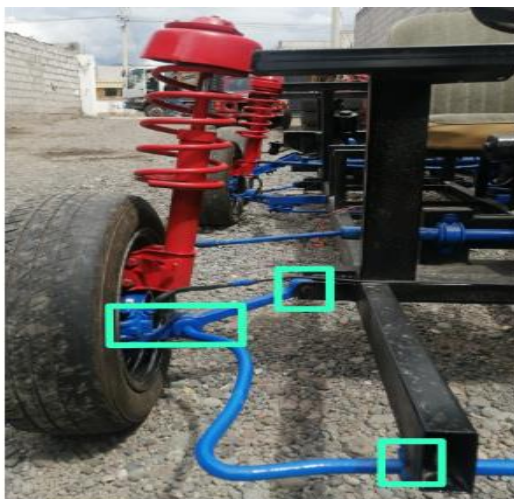
*Nota.* Se muestra un amortiguador y muelle helicoidal en perfectas condiciones sin ningún tipo de anomalía.

### **3.3.5 Fuelles de grasa, silentblocks, juntas esféricas**

Verificar visualmente que no existan grietas o rasgaduras en los fuelles de grasa o bujes de la barra estabilizadora, brazos de suspensión entre otros. Así también el correcto funcionamiento de las juntas esféricas.

**Figura 37**

*Inspección de los elementos de la suspensión*



*Nota.* Se muestran los alojamientos de fuelles de grasa, silentblocks, juntas esféricas.

### 3.3.6 Prueba dinámica del vehículo

Comprobar la estabilidad del vehículo en curva, tomando las debidas medidas de seguridad, puesto que la fuerza centrífuga actúa sobre el vehículo ocasionando una transferencia de carga que hace inclinar la carrocería. Durante esta prueba la rueda situada al lado exterior de la curva debe comprimirse, mientras que la rueda del interior de la curva debe expandirse manteniendo un balanceo adecuado al vehículo y sus ocupantes.

#### Figura 38

*Prueba dinámica*



*Nota.* Se muestra como la fuerza centrífuga actúa sobre el vehículo al encontrarse en situaciones de curva. Tomado de (Águeda & García, 2017).

Evidenciar si existe un cabeceo excesivo que afecte la estabilidad del vehículo, realizando acciones de aceleración y frenado, los mismo que nos van a permitir identificar si existe algún tipo de anomalía en el sistema.

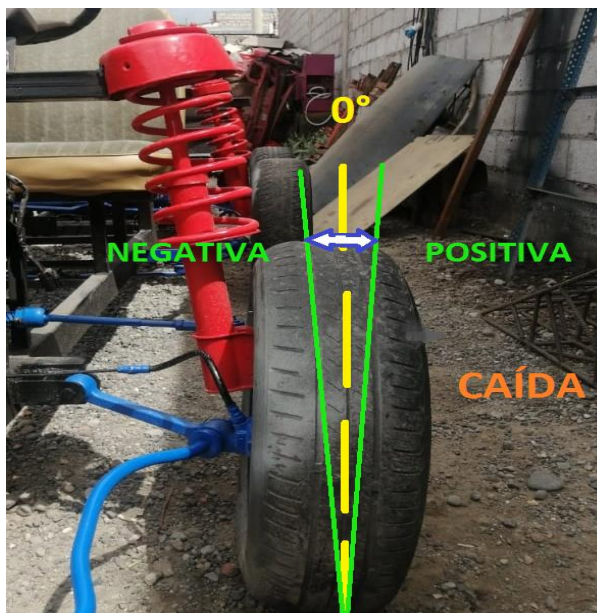
### 3.3.7 Verificación de los ángulos de alineación

Son responsables de la estabilidad del vehículo, debido a las fuerzas ejercidas sobre las ruedas del vehículo, y por lo tanto debe permanecer en el estado especificado para una adecuada respuesta de maniobrabilidad y para evitar el desgaste de los componentes del vehículo.

Camber es el ángulo entre el plano central de la rueda y el plano vertical de la carretera. La inclinación es positiva cuando la rueda está inclinada hacia afuera y la inclinación es negativa cuando las ruedas están inclinadas hacia adentro. Ambas ruedas no tienen que tener la misma inclinación, las tolerancias determinadas suelen estar dentro de  $\pm 0,5^\circ$  de diferencia.

#### Figura 39

*Ángulo Camber*

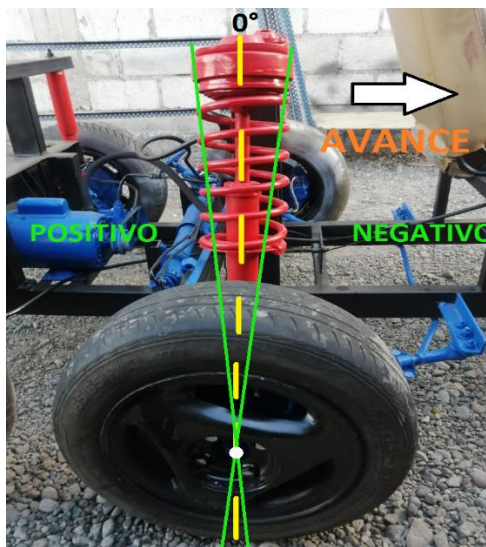


*Nota.* Se muestra el ángulo de caída camber. Tomado de (Balseca, 2017).

El ángulo caster se expresa en grados y está formado entre el eje de pivote de la mangueta de la suspensión con el plano vertical del eje de la rueda.

#### Figura 40

##### Ángulo Caster



*Nota.* Se muestra el ángulo de avance caster. Tomado de (Serrano et al., 2018).

#### **3.3.8 Influencia de la variación del camber en la suspensión**

Para evitar este inconveniente, la suspensión está diseñada de tal manera que cuando la suspensión se comprima las ruedas generen un camber negativo, y al contraerse la suspensión genere un camber positivo.

Una de las desventajas de la suspensión independiente es que en las curvas, el ángulo de caída entre rueda y carrocería van a ser el mismo, es decir, las ruedas exteriores de la curva tiende a declinar positivamente.

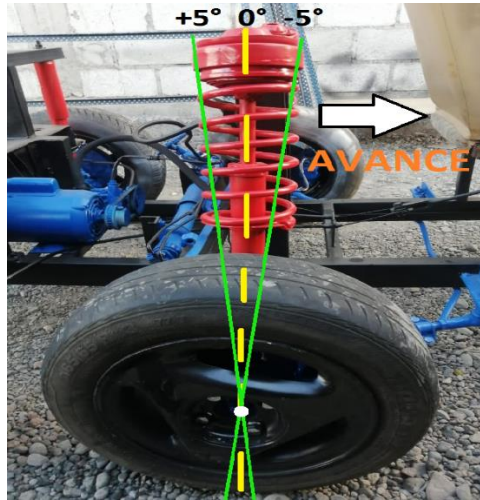
#### **3.3.9 Influencia de la variación del caster en la suspensión**

El ángulo recomendado se basa en el rango recomendado por el fabricante, de esta manera, es posible darse cuenta de que las ruedas viajan en una dirección recta, evitando así tambaleo del vehículo.



**Figura 41**

*Influencia de variación del (ángulo caster)*



*Nota.* Se muestra el ángulo de variación caster. Tomado de (Moyón, 2019).

### **3.4 Comprobación con banco de pruebas**

El banco de trabajo analiza de manera rápida y eficientemente el estado de suspensión de los vehículos ligeros. Diagnostica correctamente los sistemas de suspensión del vehículo sin desmontarlos y brinda resultados instantáneos. Los ensayos se realizan bajo el método EUSAMA, midiendo las ruedas de cada eje individualmente.

**Figura 42**

*Banco de pruebas*



*Nota.* Se muestra un banco de pruebas de suspensión de vehículos livianos bajo el método EUSAMA. Tomado de (Calvo, 2021).

## Capítulo IV

### 4. Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones

Una vez finalizado el proyecto de investigación se concluye:

- Mediante recopilación de información sobre el sistema de suspensión tipo McPherson, se establece una guía de parámetros de funcionamiento como recurso bibliográfico, la cual permitirá direccionar y obtener mejores resultados en los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro de los laboratorios de mecánica de patio.
- Las condiciones de enseñanza-aprendizaje de mecánica automotriz no satisfacían las expectativas académicas de cada estudiante, pues al no contar con el material didáctico adecuado no permite desarrollar un aprendizaje significativo, por lo cual, la implementación del presente proyecto permitirá al futuro técnico automotriz maniobrar, observar, indagar y descubrir al mismo tiempo que realiza la práctica dentro de los laboratorios de mecánica de patio.
- Con este proyecto se logra complementar la formación profesional de los estudiantes, también busca reducir costos en la implementación de equipos en los talleres de mecánica automotriz, solucionando necesidades en beneficio de la institución.
- En referencia a las pruebas realizadas servirá como base estructural para la adaptación de posteriores proyectos automotrices dentro de los laboratorios de mecánica de patio.

## 4.2 Recomendaciones

- Para reducir daños en el sistema de suspensión realizar un mantenimiento periódico, y sustituir los elementos del sistema de suspensión en caso de roturas, choques, desgastes de sus componentes.
- Con el fin de evitar ruidos metálicos en el sistema, inspeccione las articulaciones y rótulas, estos no deben tener holgura de serlo así corregir todo el juego.
- Inspeccionar los amortiguadores verificando que no exista fugas de aceite, solduras de sus anclajes y desgastes en sus bujes.
- En el caso de muelles desgastados sustituya por pares, siguiendo los procedimientos de seguridad al emplear el compresor de muelles durante su desmontaje.



## Bibliografía

- Águeda, E., & García, L. (2017). *Elementos amovibles 5.<sup>a</sup> edición*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Alamo, M. (2019). Diseño y construcción de un banco de ensayo de amortiguadores. *Universidad de Piura*. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4031>
- Aranguren, Á. (2020). *La Suspensión McPherson, su concepto, funcionamiento y mantenimiento—Motor y Racing*.  
<https://www.motoryracing.com/coches/noticias/la-suspension-mcpherson-su-concepto-funcionamiento-y-mantenimiento/>
- Balseca, A. (2017). *Análisis comparativo del comportamiento dinámico de amortiguadores Macpherson en el banco de pruebas Soft-Engine Shock 3.0*.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/11884>
- Bancayan, J. (2020). *El sistema de suspensión asistido*.  
<http://repositorio.une.edu.pe/handle/UNE/5525>
- Barzola, J. (2017). *Estudio de factibilidad técnica y económica de un tecnicentro automotriz de servicio express para vehículos livianos a gasolina en la ciudad de Daule*. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2337>
- Becerra, Á., & Pachito, D. (2021). *Diseño y construcción del bastidor y sistema de suspensión de un vehículo según la normativa baja SAE*.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11310>
- Beltrán, J., & Fernández, R. (2017). *Artículo Científico—Diseño y construcción de un banco de pruebas de suspensión neumática controlado electrónicamente, para el laboratorio de mecánica de patio de la universidad de las Fuerzas Armadas Espe extensión Latacunga*.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/8856>

- Bustos, A. (2016). *Algoritmo de suspensión activa para vehículos ferroviarios*. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/16315>
- Cáceres, K. (2021). *Banco de pruebas para el diagnóstico de amortiguadores neumáticos y de fricción seca*.  
<https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/14024>
- Calvo, J. (2021). *Mecánica del automóvil (actualizada)*. Reverte.
- Carrión, P., Prieto, F., Boza, P., Cardona, S., & Ivorra, D. (2017). *Las maquetas como material didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la lectura e interpretación de planos en la ingeniería*. 8.
- Endara, O., & Enríquez, W. (2019). *Diseño y adaptación de los sistemas de suspensión, dirección, frenos y alumbrado de un vehículo monoplace tipo Buggy para la participación de la ESPE-L en la fórmula automovilística universitaria (FAU)*.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/2917>
- Enríquez, B. (2020). *Estudio del comportamiento de un corrector de camber y caster usando elementos finitos para su alineación en un vehículo con suspensión tipo Mcpherson*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10222>
- Estella, J. (2018). *Estudio conceptual de una suspensión activa para rodaduras mono eje de alta velocidad*. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/31450>
- Fow, A., & Camino, V. (2018). *Procesos de producción y aplicaciones del biocarbón*.
- Garcés, M. (2018). *Diseño y construcción del sistema de suspensión para un vehículo tipo fórmula Student*. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/5101>
- Gavilanes, J., & Guerrero, C. (2019). *Diseño e implementación del sistema de suspensión mediante métodos de elementos finitos y herramientas CAD para un vehículo solar de competencia*.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10128>

- Gavilanez, B., & Yumbo, W. (2019). *Diseño y construcción del sistema de transmisión eléctrica y suspensión delantera del vehículo híbrido tipo Buggy 4x4 para la carrera de ingeniería automotriz de la Epoch*.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11587>
- González, D. (2016). *Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Guailacela, M., Guachun, M., & Muñoz, F. (2020). *Diseño y construcción de un banco didáctico para el estudio del comportamiento del sistema de suspensión semi-activa*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4014>
- León, P. (2017). *MF1461\_2—Mantenimiento de primer nivel de vehículos de transporte por carretera*. Editorial Elearning, S.L.
- León, P., & Castillo, Y. (2019). *Nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje*. Studia Humanitatis, Universidad Técnica Particular de Loja.
- Loaiza, L., Nagua, O., & Romero, H. (2017). *Elaboración de material didáctico para los colegios técnicos de la provincia del Azuay que tienen la especialidad de Mecánica Automotriz*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4875>
- Martínez, L. (2018). *Implementación de un banco didáctico del sistema de suspensión Mcpherson con plan de mantenimiento correctivo para la escuela de ingeniería automotriz*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2301>
- Martínez, L., & Stager, G. (2019). *Inventar para aprender: Guía práctica para instalar la cultura maker en el aula*. Siglo XXI Editores.
- Minga, A., & Morocho, C. (2018). *Diseño y construcción de un sistema de suspensión posterior mediante software CAD/CAE para un prototipo híbrido biplaza 4x4 de la carrera de Ingeniería Automotriz*.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9830>

- Molina, A., & Chimbolema, E. (2015). *Adaptación de suspensiones independientes en las cuatro ruedas en un Toyota Land Cruiser*.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4957>
- Moyón, J. (2019). *Diseño y construcción de un prototipo que permita controlar la carga aplicada a la suspensión de un bus urbano para registrar el exceso de capacidad en la unidad*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11520>
- Murciano, J. (2018). *Técnico auxiliar sanitario, opción emergencias sanitarias/conductor. Servicio Murciano de salud. Temario específico Vol I*. Editorial CEP.
- Ortega, J. (2021). *Conoce todo acerca de la suspensión MacPherson*. Automexico.  
<https://automexico.com/mantenimiento/suspension-macpherson-caracteristicas-componentes-historia-aid11167>
- Paredes, K. (2019). *Recursos educativos para el aula del siglo XXI*. Adaya Press.
- Pérez, Á. (2018). *Circuitos de fluidos. Suspensión y dirección 3ª Edición: Circuitos de fluidos. Suspensión y dirección 3ª Edición 2018*. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Pilataxi, C. (2018). *Análisis e implementación del sistema de suspensión inteligente en el vehículo Corsa Sport 1. 4*.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8356>
- Puyol, P., & Velásquez, C. (2019). *Análisis de las vibraciones generadas en la suspensión de vehículos comercializados en el Ecuador, mediante la utilización de modelos matemáticos, para evitar el estrés músculo esquelético en el conductor*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10131>
- San Martín, I. (2020). *Diseño de un sistema de suspensión trasera independiente*.  
<https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/37599>
- Satán, B. (2017). *Estudio y análisis del sistema de suspensión del vehículo híbrido toyota prius*. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/830>

- Secaira, A. (2021). *Implementación de los sistemas de suspensión y frenado en el prototipo de moto 3 para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/26283>
- Serrano, C., Oliver, E., Nolasco, J., & Tepotzotlán, D. (2018). Análisis de respuesta transitoria del sistema de suspensión de un automóvil mediante la analogía mecánico-eléctrica. *Pistas Educativas*, 35(110), Article 110.  
<http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1294>
- Soriano, E., & Ruiz, J. (2019a). *FPB - Mecánica del vehículo (2019)*. Editex.
- Soriano, E., & Ruiz, J. (2019b). *Suspensión y dirección (FPB Mecánica del vehículo)*. Editex.
- Villota, Á., & Jácome, W. (2015). *Simulación y modificación del sistema de suspensión de un vehículo Corsa Wind 1.4 para competencias de Rally mediante software*.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4696>

# Anexos