



**Implementación del sistema de suspensión en un prototipo biplaza UTV  
para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de  
Gestión de Tecnologías ESPE**

Guanotasig Puruncaja, Carlos Rubén

Departamento de Ciencias de Energía Y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

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

Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier

Latacunga

15 de agosto del 2021



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

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“Implementación del sistema de suspensión en un prototipo biplaza UTV para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE”** fue realizado por el señor **Guanotasig Puruncaja, Carlos Rubén**, la cuál ha sido revisada en su totalidad 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, Agosto del 2021

**Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier**

**C.C.: 0503454811**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**RESULTADO DE ANÁLISIS URKUND**

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** MONOGRAFIA GUANOTASIG.pdf (D112129993)  
**Submitted:** 9/6/2021 3:32:00 PM  
**Submitted By:** jc.altamiranoc@uta.edu.ec  
**Significance:** 5 %

Sources included in the report:

<http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/241/JIHerrero-TFG-II-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/938/1/65T00008.pdf>

Instances where selected sources appear:

17

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above a solid horizontal line.

**Ing. Arias Pérez, Ángel Xavier**

**C.C.: 0503454811**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**



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

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Guanotasig Puruncaja, Carlos Rubén**, con cédula de identidad N° 0504138918; declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía ***“Implementación del sistema de suspensión en un prototipo biplaza UTV para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE”*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, Agosto del 2021

---

**Guanotasig Puruncaja, Carlos Rubén**

**C.C.: 0504138918**



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

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

### **AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, **Guanotasig Puruncaja, Carlos Rubén**, con cédula de identidad N° 0504138918; autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación del sistema de suspensión en un prototipo biplaza UTV para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Guanotasig Puruncaja', is written over a horizontal line.

**Guanotasig Puruncaja, Carlos Rubén**

**C.C.: 0504138918**

### **Dedicatoria**

Este presenta proyecto de titulación se los dedico a mis padres, por el apoyo que me han brindado durante mi vida estudiantil, por haber inculcado en mí, ganas de estudiar y de superarme día a día, con la finalidad de honrarlos con todos los conocimientos que adquirí durante el tiempo de mi vida estudiantil.

Mis padres han sido aquellos que han estado presentes en cada etapa de mi vida, con sus reprimendas y felicitaciones cuando es debido, dándome siempre una palabra de aliento para no rendirme y recordándome que mis propósitos los puedo cumplir con esfuerzo, reconociendo así que el camino correcto no es el más fácil.

A mis padres y hermanos, les dedico mi triunfo alcanzado.

**Guanotasig Puruncaja, Carlos Rubén**

## **Agradecimiento**

Doy mis más sinceros agradecimientos a quienes me han brindado su apoyo incondicional, con sus consejos, regaños, motivación para nunca rendirme y me han brindado la fuerza enfrentar con valor mis miedos, y superarlos, esas personas son mi familia, compañeros de estudio y de vida.

Agradezco a todos los profesores que pertenecen a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE que, con sus buenos consejos y enseñanzas y conocimientos, me enseñaron mejorar día a día, sus exigencias me han ayudado a ser un profesional de calidad, que está dispuesto a contribuir a la patria con lo aprendido durante toda la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz.

Agradezco a mis padres y hermanos que con cada palabra de aliento me dieron la fuerza para luchar por mis metas, por que, mediante su ejemplo, me enseñaron a no rendirme ante las adversidades que se presentan en el camino, me supieron aconsejar y guiar por el camino del bien formando en mí una persona de buenos valores.

**Guanotasig Puruncaja, Carlos Rubén**

**Tabla de contenidos**

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>2</b>
<b>Resultado de análisis urkund.....</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>11</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>14</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>15</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>16</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>17</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>17</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>19</b>



Justificación.....	20
Objetivos .....	22
<i>Objetivo general</i> .....	22
<i>Objetivos específicos</i> .....	22
Alcance.....	22
Marco teórico.....	23
Historia y Evolución de la suspensión en automóviles.....	23
Principios de funcionamiento.....	28
Configuraciones de la suspensión.....	28
Mecanismos:.....	31
Tipos de suspensión .....	32
<i>Suspensión McPherson</i> .....	32
<i>Suspensión de doble horquilla</i> .....	35
Suspensión de eje rígido.....	38
Geometría de la suspensión .....	40
Movimiento de cabeceo .....	41
Centro instantáneo de rotación .....	42
Ángulo de Caída .....	44
Ángulo de avance o cáster.....	45

	10
<b>Convergencia y divergencia: .....</b>	<b>48</b>
<b>Desarrollo del proyecto.....</b>	<b>51</b>
<b>    Selección de la suspensión .....</b>	<b>51</b>
<b>Prueba de funcionamiento.....</b>	<b>60</b>
<b>    Prueba de funcionamiento de la suspensión .....</b>	<b>60</b>
<b>Marco administrativo .....</b>	<b>69</b>
<b>    Recursos humanos.....</b>	<b>69</b>
<b>    Recursos tecnológicos .....</b>	<b>69</b>
<b>    Recursos materiales.....</b>	<b>70</b>
<b>    Presupuesto.....</b>	<b>70</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>72</b>
<b>    Conclusiones .....</b>	<b>72</b>
<b>    Recomendaciones .....</b>	<b>73</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>74</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>78</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Sistema de Suspensión de ballestas</i> .....	24
<b>Figura 2</b> <i>Sistema de Suspensión de eje rígido</i> .....	24
<b>Figura 3</b> <i>Sistema de suspensión de eje semirígido</i> .....	25
<b>Figura 4</b> <i>Sistema de Suspensión independiente</i> .....	26
<b>Figura 5</b> <i>Sistema de Suspensión Multilink o Multibrazo</i> .....	27
<b>Figura 6</b> <i>Suspensión rígida</i> .....	29
<b>Figura 7</b> <i>Suspensión semirígida</i> .....	30
<b>Figura 8</b> <i>Suspensión independiente</i> .....	31
<b>Figura 9</b> <i>Sistema de Suspensión McPherson</i> .....	32
<b>Figura 10</b> <i>Suspensión Mc Pherson</i> .....	34
<b>Figura 11</b> <i>Sistemas de Suspensión de doble horquilla</i> .....	37
<b>Figura 12</b> <i>Partes del sistema de suspensión de doble horquilla</i> .....	38
<b>Figura 13</b> <i>Sistemas de Suspensión de eje rígido</i> .....	39
<b>Figura 14</b> <i>Centro de balanceo</i> .....	41
<b>Figura 15</b> <i>Centro instantáneo de rotación</i> .....	42

<b>Figura 16</b> <i>Centro instantáneo de rotación</i> .....	43
<b>Figura 17</b> <i>Ángulo de caída de un neumático</i> .....	44
<b>Figura 18</b> <i>Ángulo de avance</i> .....	45
<b>Figura 19</b> <i>Cáster nulo</i> .....	46
<b>Figura 20</b> <i>Cáster positivo</i> .....	47
<b>Figura 21</b> <i>Cáster negativo</i> .....	48
<b>Figura 22</b> <i>Parámetros involucrados en la selección del conjunto amortiguador-resort</i>	50
<b>Figura 23</b> <i>Mesa de la suspensión de la parte superior delantera</i> .....	53
<b>Figura 24</b> <i>Mesa de la parte inferior de la suspensión</i> .....	54
<b>Figura 25</b> <i>Sistema de suspensión rígida</i> .....	54
<b>Figura 26</b> <i>Anclajes de mesa y suspensión</i> .....	55
<b>Figura 27</b> <i>Anclajes de mesa inferior</i> .....	56
<b>Figura 28</b> <i>Anclaje de suspensión</i> .....	56
<b>Figura 29</b> <i>Sistema de suspensión</i> .....	57
<b>Figura 30</b> <i>Mesas inferiores</i> .....	57
<b>Figura 31</b> <i>Suelda de bases</i> .....	58

<b>Figura 32</b> <i>Anclade de mesa inferior y superior</i> .....	58
<b>Figura 33</b> <i>Suspensión posterior</i> .....	59
<b>Figura 34</b> <i>Suspensión delantera izquierda</i> .....	60
<b>Figura 35</b> <i>Suspensión posterior izquierda y derecha</i> .....	61
<b>Figura 36</b> <i>Suspensión delantera derecha</i> .....	62
<b>Figura 37</b> <i>Prueba de funcionamiento de rótulas y terminales</i> .....	63
<b>Figura 38</b> <i>Giro hacia la derecha</i> .....	64
<b>Figura 39</b> <i>Suspensión en terreno irregular</i> .....	65
<b>Figura 40</b> <i>Funcionamiento de resortes</i> .....	66
<b>Figura 41</b> <i>Resortes en buen estado</i> .....	67
<b>Figura 42</b> <i>Suspensión posterior</i> .....	67
<b>Figura 43</b> <i>Ruta de la prueba de funcionamiento</i> .....	68

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Selección de la Suspensión</i> .....	51
<b>Tabla 2</b> <i>Recursos humanos</i> .....	69
<b>Tabla 3</b> <i>Recursos Tecnológicos</i> .....	69
<b>Tabla 4</b> <i>Recursos Materiales</i> .....	70
<b>Tabla 5</b> <i>Presupuesto</i> .....	71

## Resumen

En el presente proyecto de titulación trata de la instalación de un sistema de suspensión adecuado para un vehículo utilitario, o en otras palabras UTV, es por este motivo que se requiere del análisis de los distintos tipos de suspensiones, pues se debe elegir a la más apta para obtener buenos resultados, tomando en cuenta que la definición general de suspensión es brindar confort, es un punto muy importante pues su principal objetivo es prometer una estabilidad adecuada y, por ende, la seguridad vial: para la implementación de esta suspensión se utilizó un material resistente que es el acero inoxidable para conseguir la relación óptima entre ergonomía, resistencia, peso, economía y eficiencia, con el fin de obtener un buen comportamiento del vehículo UTV, el sistema de suspensión que posee el vehículo UTV está formado por sistemas independiente conformando en el eje delantero un sistema de doble horquilla y para el eje posterior con un sistema de eje rígido que es muy utilizado para vehículos todo terreno. Otra función importante de la suspensión es el encargado de mantener las ruedas en contacto con el suelo absorbiendo las oscilaciones y movimientos provocados por las ruedas en el desplazamiento del vehículo, para que estos golpes no sean transmitidos al bastidor.

- Palabras clave:

- **AUTOMÓVILES – SISTEMA DE SUSPENSIÓN**
- **MECÁNICA AUTOMOTRIZ**
- **AUTOMÓVILES BIPLAZA UTV**

### **Abstract**

This degree project deals with the installation of a suspension system suitable for a utility vehicle, or in other words UTV, it is for this reason that the analysis of the different types of suspensions is required, because the most suitable one must be chosen to obtain good results, taking into account that the general definition of suspension is to provide comfort, it is a very important point because its main objective is to promise adequate stability and, therefore, road safety: for the implementation of this suspension we used a resistant material which is stainless steel to achieve the optimal relationship between ergonomics, resistance, weight, economy and efficiency, in order to obtain a good behavior of the vehicle UTV, the suspension system of the UTV vehicle is made up of independent systems with a double fork system on the front axle and a rigid axle system on the rear axle, which is widely used for off-road vehicles. Another important function of the suspension is to keep the wheels in contact with the ground, absorbing the oscillations and movements caused by the wheels during the vehicle's displacement, so that these shocks are not transmitted to the frame.

- Key Words:

- **AUTOMOBILES - SUSPENSION SYSTEM**
- **AUTOMOTIVE MECHANICS**
- **UTV TWO-SEATER CAR**



## Capítulo I

### 1. Planteamiento del problema

“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN EN UN PROTOTIPO BIPLAZA UTV PARA LA CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS ESPE”

#### 1.1 Antecedentes

En la ciudad de Latacunga existen vías de tercer orden de muy mala calidad, provocando una gran dificultad al transitar por lugares donde es imposible el ingreso de un vehículo normal, este tipo de problemas son los que han dado la principal pauta a los jóvenes en la actualidad para incluir a los vehículos tipo UTV, a la sociedad, pues son previstos para caminos irregularidades, por eso tienen mecanismos de suspensiones adecuadas. Para la ensambladura del sistema de suspensión se debe considerar que se pueden generar algunos problemas, especialmente es la calidad del componente del sistema de suspensión ya que deben ser resistentes para poder incorporarlos al chasis. Sin dejar de lado que es en el chasis donde se va a acoplar cada componente, por este motivo dicha estructura no debe tener ninguna fisura o deformaciones para poder hacer posibles las adaptaciones para hacerlas de una forma correcta y eficaz tomando en cuenta que existen técnicas que facilitarán su proceso y así evitar problemas o fisuras al momento de realizar las pruebas en puesta en marcha.

Es en EEUU de donde llegan los primeros datos, pues gracias a su investigación a mediados de los años 50, se ha logrado ir mejorando al diseño en diversas partes del mundo. Principalmente fueron construidos como un hobby personal, poco a poco fueron entrando en competición todo terreno. Como lo estudiado por (Ramirez, 2016) con el tema análisis de la suspensión de un vehículo UTV. Para la parte delantera se tienen dos horquillas, con dos adaptaciones que son el resorte y el amortiguador, son primordiales en el sistema, ya que son los que reciben cargas ya que existen irregularidades del terreno, se tienen brazos en A para poder mejorar la variación que se genera en cuando al camber y brindar soporte en la suspensión. Mientras que para la suspensión posterior se ha utilizado la misma suspensión de tipo independiente.

Estos se diseñan por personas aficionadas en sus garajes, en los años setenta y ochenta se comenzó a popularizar este tipo de vehículos UTV. Ahora en la actualidad de presentan proyectos similares presentados desde la Universidad Tecnológica Equinoccial, con un tema de diseño e implementación de los mecanismos (suspensión) para un vehículo tipo polaris arenero, su autor es (Lincango, 2018), y se encargó de seleccionar unos amortiguadores hidráulicos telescópicos de tipo monotubo con gas a presión, y muelles helicoidales montados coaxialmente a los mismos, su regulación es manual. Decisión tomada debido al espacio disponible según el diseño, altura del chasis al piso, requerimiento de elementos. (Lincango, 2018)

De esta forma con este proyecto de titulación construcción e implementación de un sistema de suspensión independiente para el prototipo UTV se concluyó que:

La selección adecuada para el sistema de suspensión que se va a utilizar es de mucha importancia ya que el objetivo principal será absorber las oscilaciones de la carretera con esto se obtendrá resultados excelentes, este sistema de suspensión independiente son las más utilizadas para estos prototipos ya que no están conectadas entre sí, sino que están articuladas al chasis por brazos articulados tipo horquilla brindando mejor adherencia y manejo.

Finalmente, el sistema de suspensión tiene la misión de mantener el contacto de las llantas al suelo en todo momento por lo cual se necesita de muelles helicoidales muy resistentes, también uno de los datos más importantes es que las suspensiones absorben las oscilaciones del terreno para mayor confort del chofer y así poder aprovechar toda la eficiencia durante la competencia.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Uno de los principales problemas que se vienen dando es que muchos vehículos no cuentan con sistemas de suspensiones para afrontar todo tipo de terreno para realizar turismo por este motivo se diseñó estos prototipos UTV que son todo terreno y también participan en competencias automovilísticas, o carreteras dañadas en el sector, teniendo en cuenta normas de y reglamentos de construcción.

Las vías en mal estado, su deterioro gradual, y la incapacidad para poder movilizar a las personas que requieran de turismo sin provocar daños a los pasajeros debido al camino irregular que se presenta, así como también la movilidad vehicular, ya

que las calles que rodean al sector son pequeñas, son un problema desde siempre, debido a que no hay un mantenimiento constante en las carreteras.

Las consecuencias provocadas por este problema es un déficit en cuanto a la parte turística en la ciudad de Latacunga, y dificultad de en cuanto a la movilización, es por eso que se debe comenzar a ensamblar el sistema de suspensión ya que no se cuenta con una suspensión que brinde confort a los pasajeros, en caso de no implementar un proyecto de construcción de forma artesanal varios estudiantes o personas que se dedican a realizar o lo realizan actividades turísticas o movilizaciones perderían en cuanto a su economía

Se pretende implementar un sistema de suspensiones independiente que esté acorde para este tipo de prototipos que tiene como finalidad mejorar el confort tanto del chofer como del copiloto, sin embargo, el principal problema es que este tipo de prototipo UTV no posee un sistema de suspensión adecuado, por esta razón se ha visto necesario instalar el sistema de suspensión para un correcto funcionamiento prestando todo el confort y seguridad en el terreno de competencia.

### **1.3 Justificación**

En este proyecto tiene como finalidad implementar el sistema de suspensiones independientes ya que en el país se construye prototipos UTV para competencia automovilísticas o para realizar turismo dentro de la provincia que soy muy atractivos para todo tipo de personas , los mismos que son realizados de forma artesanal con estudiantes de universidad y son construidos en base a prototipos obtenidos de otros

fabricantes siguiendo las normativas y reglas que consta en los reglamentos para entrar en una competición nacional.

Este proyecto tiene como objetivo atraer turismo con personas que les gusta la adrenalina y porque son muy atractivos en su diseño y son todo terreno con suspensiones muy blandas dando confort y estabilidad.

Los principales beneficiarios con este proyecto serían las personas de la localidad donde puedan ofrecer servicios de turismo con este tipo de carros UTV a personas extranjeras y nacionales, dichos beneficios mencionados ayudarán a mejorar el turismo en la ciudad de Latacunga.

Por otra parte, no existen talleres ni mecánicos sin mayor conocimiento técnicos para realizar uno de estos prototipos, los fabrican sin efectuar cálculos de resistencia ya que su construcción está sujeta sólo a la experiencia de la persona que está realizando el prototipo, por lo que a menudo su dinámica y comportamiento del prototipo en competencia no entrega al conductor las mejores condiciones de seguridad requeridas, especialmente en el sistema de suspensión y dirección.

En este contexto es necesario efectuar la adaptación y construcción del sistema de suspensión para un prototipo biplaza tipo UTV para competencias automovilísticas. Aplicando herramientas informáticas que permitan asegurar una correcta fiabilidad y eficiencia para los ocupantes del vehículo durante la competencia.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN INDEPENDIENTE PARA UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO BIPLAZA UTV PARA LA CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Seleccionar el recorrido de la suspensión que tendrá el prototipo UTV para mejorar la estabilidad y seguridad
- Recolectar información bibliográfica correspondiente a manuales y datos técnicos de suspensiones independientes para ensamblar en el prototipo UTV
- Ensamblar el sistema de suspensión para realizar las pruebas con el vehículo en marcha.

## **1.5 Alcance**

El propósito de este proyecto técnico de investigación es incrementar un sistema de suspensión a un vehículo UTV, con la finalidad de proporcionar un modelo para la parte turística de la ciudad y mejoras en cuanto a la movilidad.

## Capítulo II

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Historia y Evolución de la suspensión en automóviles.

El sistema de suspensión es uno de los más importantes para el automóvil, así como también se lo cataloga como uno de los más valorados, debido a que, por lo general, realizan un esfuerzo considerable al recibir los golpes de un terreno irregular, ya que colabora así a mantener la estabilidad del mismo en las diversas situaciones presentadas, es importante recordar que depende mucho del tipo del vehículo para que sea resistente y lo necesariamente cómodo para los pasajeros. (Ponce, 2020)

Según (Ponce, 2020) debido a las necesidades presentadas por los pasajeros durante el viaje, ha logrado hacer que siga evolucionando como, por ejemplo:

El sistema primitivo se presenta en los muelles o ballestas desde la época de las carretas, este tipo de sistema está conformado por una serie de hojas metálicas apiladas, proporcionando como ventaja una gran resistencia, por lo general para los vehículos de carga. (Ponce, 2020)

Esta serie de hojas metálicas se encarga de eliminar las oscilaciones producidas por un elemento flexible, también conocidos como elementos disipadores de energía. (Ponce, 2020)

**Figura 1***Sistema de Suspensión de ballestas*

*Nota.* En la imagen se puede observar a detalle el sistema de suspensión por ballesta.

Tomado de (Ponce, 2020)

Por otro lado se tiene al sistema de eje rígido también conocido como uno de los sistemas más básicos y primitivos existentes, durante un largo tiempo fue muy popular y reconocido, debido que en su funcionamiento depende de amortiguadores que van directamente anclados a la barra transversal del puente, pero su desventaja fue no presentar la suficiente estabilidad, uno de los modelos que lo lanzó a la fama fue el Ford Mustang, aunque en la actualidad ha terminado siendo utilizado en vehículos de trabajo y todo terrenos. (Riera, 2019)

**Figura 2***Sistema de Suspensión de eje rígido*

*Nota.* En la imagen se puede ver a la suspensión con eje rígido. Tomado de (CentraId de repuestos TR, 2020)



Finalmente, el Sistema semirrígido es muy parecido al ya hablado anteriormente, su diferencia radica en que se monta un brazo adicional que es el encargado de reducir las vibraciones y movimientos respectivos del vehículo según el terreno, por lo general se lo ubica en los vehículos de gamas bajas y medias. (Ponce, 2020)

### **Figura 3**

*Sistema de suspensión de eje semirrígido*

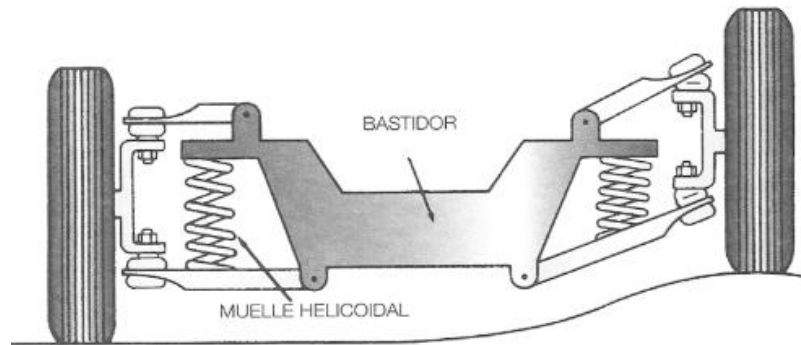


*Nota.* En la imagen se puede apreciar como es el sistema de suspensión de eje semirrígido. Tomado de (Ponce, 2020)

Con el tiempo y su evolución se ha desarrollado el sistema de suspensión independiente, en la actualidad es uno de los mejores de la industria automotriz, tiene varios tipos, las más conocidas son las suspensiones que se detallan a continuación, por ejemplo: de eje oscilante, brazos tirados, Mc Pherson o de triángulos superpuestos. De (Centrald de repuestos TR, 2020)

**Figura 4**

*Sistema de Suspensión independiente*



*Nota.* En la siguiente imagen se muestra al sistema de suspensión independiente.

Tomado de (CentraId de repuestos TR, 2020)

Sin embargo, la evolución de los sistemas de suspensión no ha quedado ahí por lo cual se ha dado a conocer uno de los mejores en cuanto a sistemas de suspensión es el llamado Multilink o multibrazo, que a través del tiempo se ha ido dando a conocer como la máxima evolución del independiente, su funcionamiento es muy similar al de varios brazos, que en conjunto ayudan a distribuir perfectamente la torsión en todos los puntos, por este motivo se lo ha equipado en los vehículos de lujo o deportivos.

(Donaire D. L., Actualidad motor, 2016)

**Figura 5***Sistema de Suspensión Multilink o Multibrazo*

*Nota.* En la siguiente imagen se puede identificar las características de la suspensión multilink. Tomado de (Donaire D. L., 2020)

En la actualidad se ha generado un aumento de demanda en cuanto a la suspensión según (Ponce, 2020):

*“Se estiman que se vinculen hasta 90 sistemas, incluida la suspensión activa predictiva, la dirección en todas las ruedas, así como estabilización de balanceo y frenado. Básicamente, este conjunto “manejará el control de la dinámica longitudinal y lateral, la gestión de la energía y el tren motriz, recuperando energía durante la frenada, determinando la tasa de compresión del amortiguador en milisegundos y manteniendo el vehículo exactamente en la pista, todo prácticamente al mismo tiempo.” (Ponce, 2020)*

## 2.2 Principios de funcionamiento

La suspensión es el sistema vital en cualquier tipo de vehículos, ya que tiene un compromiso con el confort para los ocupantes del vehículo y también impide el movimiento relativo entre el chasis y el suelo, según (Ingemecánica, 2018), se muestra sus funciones principales:

- **Confort:** proporciona la conformidad vertical, para que las ruedas puedan seguir el camino regular del terreno
- **Seguridad:** reacciona de forma eficiente a las fuerzas y momentos producidos por los neumáticos, como las fuerzas laterales (curvas), fuerzas longitudinales (frenado y aceleración) brindando seguridad y estabilidad al vehículo.
- **Manejo:** siempre mantiene el contacto con el suelo, con variaciones de cargas mínimas.
- **Adherencia:** mantiene a los neumáticos siempre en contacto con la superficie asegurando variaciones de cargas mínimas.

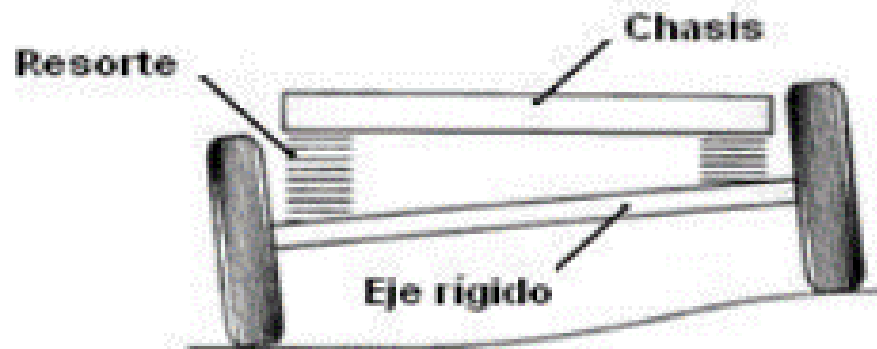
## 2.3 Configuraciones de la suspensión

Hoy en día existen diferentes configuraciones y varios tipos de suspensiones según el tipo de elemento empleado y la forma de montaje, entre los cuales se destacan tres grupos:

- **Eje rígido:** se conforma por un eje que une las dos ruedas. Las ventajas que presenta este sistema es su diseño, el bajo costo de fabricación. (Espinoza, 2016)

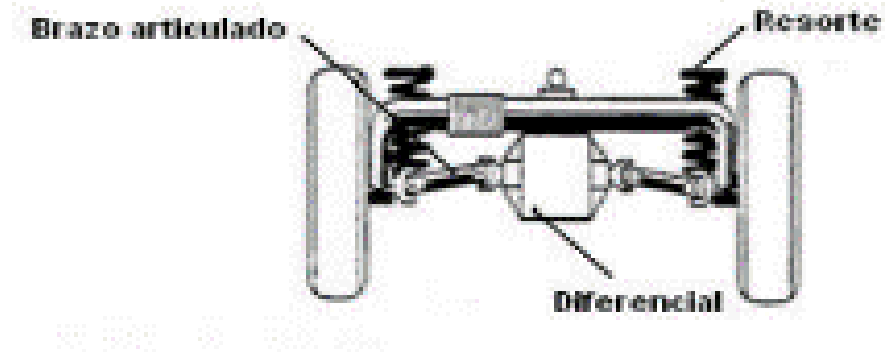
**Figura 6**

*Suspensión rígida*



*Nota.* En la siguiente imagen se puede determinar cómo es el principio de funcionamiento de una suspensión rígida. Tomado de: (Caldera, Martín ;Cisilino, Adrián;Ramunno, Miguel, 2018)

- **Semi- rígida:** este tipo de suspensión se asemeja a la suspensión de eje rígido, pero presentan una principal diferencia pues posee un brazo articulado que permite la independencia de una rueda de la otra. Los beneficios que posee este sistema de suspensión son que las vibraciones se transmiten en menor medida de una rueda a la otra. (Espinoza, 2016)

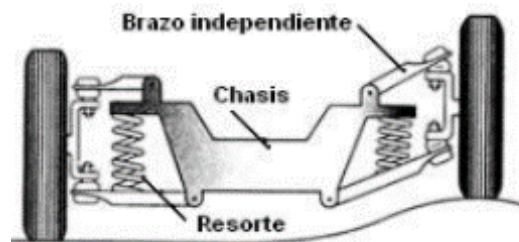
**Figura 7***Suspensión semirrígida*

*Nota.* En la siguiente imagen se puede observar las partes de una suspensión semi rígida. Tomado de (Caldera, Martín ;Cisilino, Adrián;Ramunno, Miguel, 2018)

- **Independiente:** Este es el sistema más empleado en los carros en la cual las ruedas no se presentan unidas una de la otra, sino que están vinculadas de manera independiente al chasis a través de brazos articulados. (Espinoza, 2016)

**Figura 8**

*Suspensión independiente*



*Nota.* En la siguiente imagen se puede identificar las partes de un sistema de suspensión independiente. Tomado de (Caldera, Martín ;Cisilino, Adrián;Ramunno, Miguel, 2018)

### **2.3 Mecanismos:**

(Rey, 2016) En su proyecto de fin de grado determina la geometría y especifica la cinemática de la rueda en los movimientos verticales y laterales que se detallan a continuación:

**Brazo:** Describe la cinemática de la rueda respecto al chasis.

**Mango:** la zona en que está instalada la rueda, y el sistema de frenado y dirección

**Rotula:** mecanismo de unión del mango con los brazos

**Bujes:** unidades suplementarias para disipar la vibración

**Amortiguador:** impide un balanceo excesivo del chasis y mantiene los neumáticos en contacto con el terreno

**Resorte:** evita que las desigualdades del terreno se transmitan al vehículo en forma de golpes secos, ya que absorbe la energía que genera la rueda al encontrarse una irregularidad en el terreno por donde circula.

## 2.4 Tipos de suspensión

El sistema de suspensión está constituido por los elementos que unen el chasis con las ruedas, a continuación, presentaremos los tres tipos de suspensiones utilizadas en el ámbito automotriz.

### 2.4.1 Suspensión McPherson

Tenemos a la más famosa y más usada denominada McPherson que fue creada en 1947, según las investigaciones realizadas por (Blancarte, 2019) afirma que la suspensión McPherson *“está combina un amortiguador con un resorte en una misma unidad, esto le otorga una suspensión más compacta y ligera”*, que puede ser usada para ruedas frontales para los vehículos.

#### Figura 9

*Sistema de Suspensión McPherson*



*Nota.* En la imagen que se muestra se puede identificar como es la suspensión McPherson. Tomado de (Jorge, 2013)



Como bien se conoce la suspensión es de mucha importancia para el buen comportamiento de un vehículo, existen muchos tipos, pero la más utilizada es la suspensión McPherson, creada por Earle S. McPherson en los años 40 y patentado por Ford en 1953, hoy en día es utilizada para la mayoría de autos para el eje delantero. (Donaire D. L., La suspensión McPherson, 2021)

#### Ventajas de la suspensión Mc Pherson

Existen un sinnúmero de ventajas, pero la más importante es su simplicidad y bajo costo de fabricación, teniendo un incremento en cuanto a la mejora del apoyo de la rueda con relación al suelo y se reduce considerablemente el volumen y peso del sistema. (Borja, 2015)

Actúa como eje de giro de la rueda, cuando se mueve la dirección del vehículo. Antiguamente el conjunto amortiguador y muelle estaba dispuesto totalmente de una forma vertical con relación al suelo, en la actualidad se han presentado diversas inclinaciones según el modelo de vehículos, sin embargo, aún se puede coincidir en que las ruedas giran a través del anclaje inferior de la suspensión como eje. Aunque eso estrictamente lo hace con el palier y la junta homocinética. (Borja, 2015)

#### Desventajas de la suspensión McPherson

A pesar de sus ventajas y prestaciones, este modelo también presenta desventajas como, por ejemplo, influye mucho el diseño de la rueda, pues se puede provocar que no se genere un movimiento completamente vertical, sin embargo, al presentar una sujeción gracias a un brazo inferior que se sujeta a través de un eje directamente al coche. (Donaire D. L., La suspensión McPherson, 2021)

Como parte de una desventaja es transmitir de directamente las vibraciones al chasis del coche, causando así un ruido muy incómodo y fuerte en el habitáculo, si se presentara el caso en el que no se coloquen los respectivos aislantes requeridos, esto se produce ya que los amortiguadores se acoplan directamente al chasis. (Donaire D. L., La suspensión McPherson, 2021)

### Funcionamiento

El amortiguador y el muelle son aquellos que conforman a la suspensión Mc Pherson, son aquellos que se encargan de absorber los baches, así como también son los encargados de mantener la rueda en un lugar correcto con ayuda de una mangueta que se encuentra sostenida a través del amortiguador. Se obtiene una gran agilidad en marcha, gran seguridad y confort. (Donaire D. L., La suspensión McPherson, 2021). Como se puede observar en la siguiente imagen.

### Figura 10

#### *Suspensión Mc Pherson*



*Nota.* En la siguiente imagen se puede observar a la suspensión Mc Pherson. Tomado de (Donaire D. L., La suspensión McPherson, 2021)

## Partes del sistema

Según (Donaire D. L., La suspensión McPherson, 2021) las partes del sistema de suspensión Mc Pherson son:

Conjunto del muelle helicoidal y amortiguador: el muelle es el encargado de absorber las irregularidades del terreno como por ejemplo los baches, y el amortiguador es aquel que elimina el efecto rebote que se generaría en el muelle, este va anclado al chasis.

Mangueta: es aquella encargada de proporcionar sujeción al conjunto muelle helicoidal por medio de la aguda de la mangueta que pasa el eje de la rueda.

Brazo inferior: es aquel que va anclado al bastidor por un lado y por otro a la parte baja de la mangueta. Haciendo que se forme un triángulo en el lado inferior.

### **2.4.2 Suspensión de doble horquilla**

Este tipo de suspensiones ya existen desde hace mucho tiempo atrás, pero a pesar de ello se han ido generando varias versiones totalmente mejoradas. Este diseño usa generalmente dos brazos que se encuentran dispuestos en forma de A para sostener la rueda, uno rango para la parte superior y en la parte inferior, en medio de ambas se puede visualizar el resorte como un sistema de amortiguador, este sistema permite un mayor control sobre el ángulo de la rueda, o que traza el grado de inclinación hacia dentro o hacia afuera de la misma. (Blancarte, 2019)

Asimismo, ayudan a disminuir el balanceo por giros inesperado, ofreciendo así una dirección más estable. Debido a que posee estas características es usado en vehículos deportivos y de competición. (Donaire D. L., La suspensión McPherson, 2021)

Una suspensión de doble horquilla es aquella encargada de permitir un movimiento independiente que cada una de las ruedas, mediante la utilización de ejes más pequeños proporcionando así ventajas y desventajas que se pueden analizar a continuación. (Blancarte, 2019)

#### Ventajas de la suspensión de doble horquilla

Según (Stevenson, 2018) las ventajas que se presentan en una suspensión de doble horquilla se detallan a continuación.

- Una suspensión doble horquilla se acomoda muy bien para poder ser calibrada en cada uno de sus conjuntos móviles, debido a que las cargas son más equitativas entre sus partes.
- Las cargas de diseño son más resueltas y se puede adaptar para diversas cargas, velocidad y aplicaciones en las curvas.
- Los pesos de los componentes diseñados son capaces de reducirse y personalizarse debido a que los factores de carga por cada componente son más conocidos.
- Permite una ganancia de comba negativa más completa a través de un alto nivel de lo que se conoce como "vaivén" en otras palabras balanceo o rebote, a diferencia del diseño McPherson, que permite únicamente la ganancia de una comba negativa en el comienzo del recorrido de vaivén.

#### Desventajas de la suspensión doble horquilla

Según (Stevenson, 2018) las desventajas que se presentan se detallan a continuación:

- Este tipo de suspensiones presentan más piezas móviles que el diseño de Mc Pherson.
- El precio de reemplazo y servicio de reparación son más altos ya que ha medido requieren de múltiples ajustes, haciendo así una suma al tiempo de trabajo.
- Añaden un peso extra al chasis del vehículo debido a la complejidad de sus partes añadidas.

### Figura 11

#### *Sistemas de Suspensión de doble horquilla*



*Nota.* En la imagen mostrada se puede ver como es el sistema de suspensión de doble horquilla. Tomado de (Jorge, 2013)

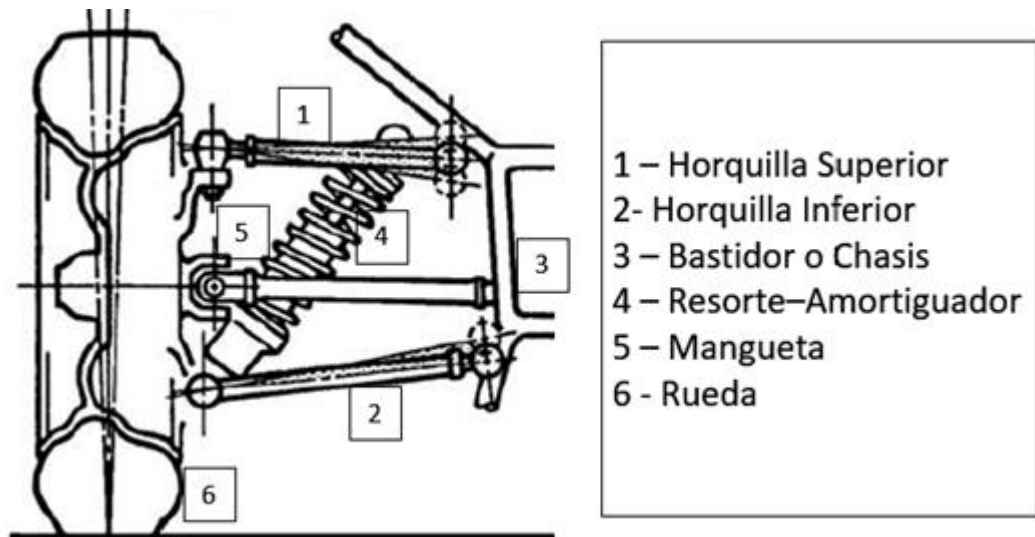
#### Partes del Sistema

Los componentes flexibles tienen como principal función de adaptarse a las irregularidades presentadas por el terreno, garantizando así el confort mediante el almacenamiento de energía cinética que se genera debido a la carrera de la suspensión como energía elástica. Los resortes son aquellos que se encargan de absorber la

fuerza máxima que se produce a través de un impacto, con la finalidad de proteger al bastidor, los componentes se detallan a continuación en la siguiente imagen. (Peña, 2019)

**Figura 12**

*Partes del sistema de suspensión de doble horquilla*



*Nota.* En la imagen se puede identificar las partes que componen a un sistema de suspensión de doble horquilla con sus respectivos nombres. Tomado de (Peña, 2019)

## 2.5 Suspensión de eje rígido

Este es un sistema de suspensión que se utiliza en la parte posterior del vehículo, está constituido por una barra sólida que conecta las dos ruedas traseras. Este tipo de suspensión es usada por la simplicidad de ensamblaje. (Blancarte, 2019)

El diseño de un eje rígido se caracteriza por ser un sistema de suspensión dependiente, con esto se quiere decir que las ruedas se encuentran unidas a un mismo eje gracias a lo que se conoce como fuste o viga, este eje rígido se encuentra anclado a la carrocería a través de la amortiguación y el sistema de suspensión se encuentra disponible a lo ancho del automóvil. (Renting, 2021)

Un eje delantero es el encargado de permitir la articulación de los neumáticos en los giros sea para la derecha o para la izquierda, mientras que el eje trasero no es capaz de articular con los neumáticos haciendo que mejore la suspensión del auto. (Renting, 2021)

### **Figura 13**

*Sistemas de Suspensión de eje rígido*



*Nota.* En la imagen se puede mostrar como es el sistema de suspensión de eje rígido.

Tomado de (Jorge, 2013)

El eje rígido forma parte de la suspensión dependiente, en cuanto al transcurso de su desarrollo es la encargada de actuar frente a los movimientos o terreno irregular

que se presentan en una rueda, ya que se transmiten a la otra del mismo eje, haciendo que la vibración generada disminuya en su efecto en el transcurso del recorrido del vehículo, por lo general, este tipo de mecanismo se utiliza en vehículos todo terreno, industriales y transporte pesado. (Renting, 2021)

## **2.6 Geometría de la suspensión**

Para poder dar inicio al ensamblaje del sistema de suspensión destinado a un vehículo UTV, se debe considerar su configuración, pues la principal característica que debe tener es su buen control direccional y estabilidad. (Ingemecánica, 2018)

### **Centro de balanceo**

Una de las características más importantes de las suspensiones es el centro de balanceo, pues esta tiene mucha relación con la localización de punto en el que son aplicadas las fuerzas laterales desarrolladas por las ruedas y posteriormente son transmitidas a las masas suspendidas. (MotorGiga, 2020)

Cada sistema de suspensión posee su propio centro de balanceo, es aquel que en el punto en la plana vertical que cruza transversalmente los centros de las ruedas por lo tanto se puede decir que dichas fuerzas laterales son aplicadas sobre las masas suspendidas sin producir un balance de la suspensión.

Obtención del centro de balanceo:

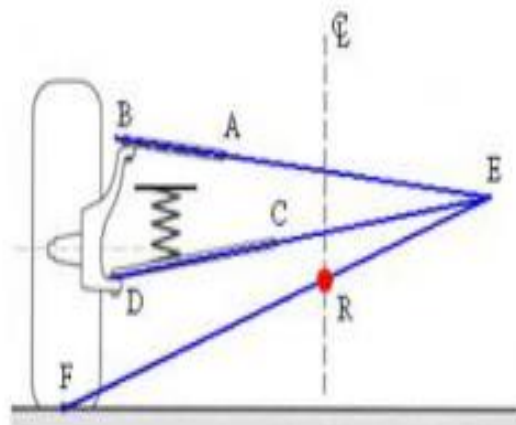
Según (MOTORGIGA, 2017):



“Se traza el \*centro instantáneo de rotación de la rueda respecto a la carrocería, punto definido por la geometría de las suspensiones; se une este punto con el centro de la huella de la rueda y se prolonga la recta así obtenida hasta encontrar el eje de simetría del vehículo; este punto de intersección es el centro de balanceo”.

#### Figura 14

Centro de balanceo



*Nota.* En la siguiente imagen se puede ver el punto de plana vertical. Tomado de (Riera, 2019)

#### 2.7 Movimiento de cabeceo

Cuando aumenta las oscilaciones verticales en el eje trasero se llega a la conclusión de que la transferencia longitudinal es positiva por lo tanto se produce un cabeceo positivo, y si las oscilaciones disminuyen con respecto al eje trasero el efecto que se produce es conocido como cabeceo negativo. (Nemonic, 2018)

Las oscilaciones o movimientos que suelen ser generadas normalmente en un vehículo son parte de la elasticidad de la suspensión ante los obstáculos que se presentan ante un terreno irregular. (Nemonic, 2018)

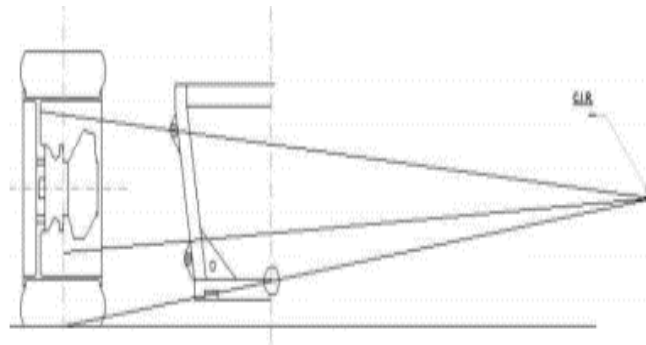
Otros aspectos que darán este movimiento es la frenada y la aceleración que se aplican directamente en el centro de gravedad, sin embargo, es muy importante limitar el ángulo de cabeceo para evitar desplazamientos excesivos, directamente en la suspensión ya que, de no ser así se puede provocar varios incidentes debido a que se produce un asentamiento de los neumáticos o rozas en la suspensión. (Renting Finders, 2018)

## 2.8 Centro instantáneo de rotación

Centro instantáneo de rotación de la rueda, con relación al suelo coincide con el punto de contacto rueda-suelo. Es el punto donde las prolongaciones se cortan de las rectas que forma la parrilla de la suspensión, esto es un punto de intersección, se produce de forma inmediata pues cambia totalmente con el trabajo de las suspensiones y de la rotación. (MotorGiga, 2020)

### Figura 15

*Centro instantáneo de rotación*



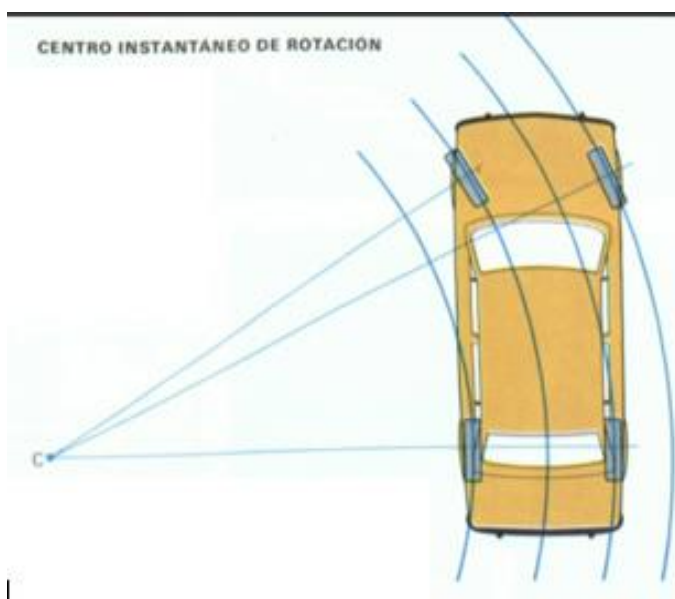
*Nota.* En la siguiente imagen se puede observar el centro instantáneo de rotación.

Tomado de (Riera, 2019)

Cuando el vehículo ingresa en una curva, las ruedas se deben regir a una trayectoria que se compone de una sucesión de arcos de circunferencia, mientras que sus centros varían constantemente. Como lo afirma (MotorGiga, 2016) “El *centro instantáneo de rotación del automóvil, como punto de intersección de las perpendiculares a las trayectorias*”. Como se puede apreciar en la siguiente imagen.

### Figura 16

*Centro instantáneo de rotación*



*Nota.* En la imagen que se muestra se puede identificar la trayectoria de las ruedas.

Tomado de (MotorGiga, 2016)

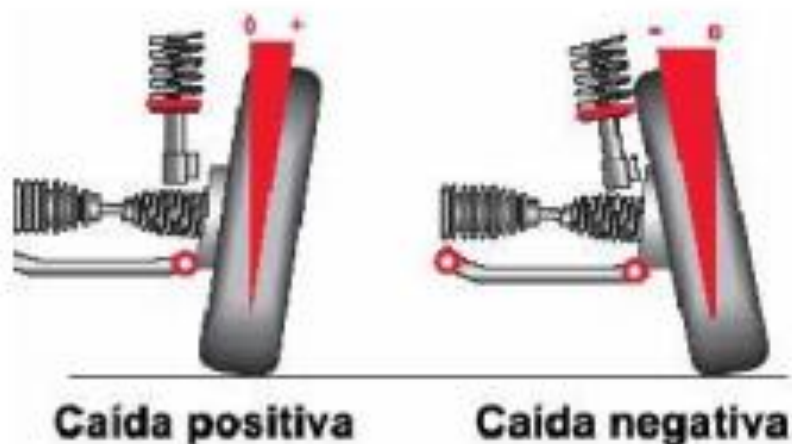
## 2.9 Ángulo de Caída

Es el ángulo que se forma entre el plano medio de la rueda y el eje normal al plano de rodadura del vehículo y negativo si lo hace hacia el interior. Por norma general este valor límite está en torno a los 2 grados. (Kistler, 2020)

Existen 2 tipos de ángulo de caída a los que se les denomina “caída positiva” cuando la parte superior de la rueda tiene una inclinación con respecto a la parte de afuera del vehículo, en conclusión tiende a alejarse del mismo, y se denomina “caída negativa” cuando la parte superior de la rueda tiene una inclinación hacia la parte interna del vehículo, es decir se acerca al carro. (Kistler, 2020)

### Figura 17

*Ángulo de caída de un neumático*



*Nota.* En la imagen se puede observar cómo es el ángulo de caída de un neumático.

Tomado de (Riera, 2019)

El ángulo de caída presenta variaciones, que son resultado de los movimientos de compresión y extensión de la suspensión, esto se debe a que la masa se desplaza

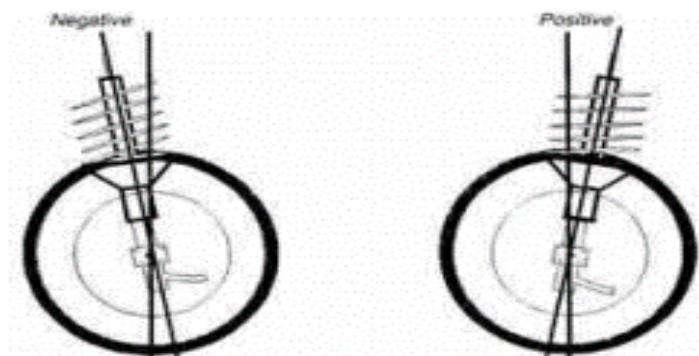
sobre estas haciendo que se produzca una compresión en las suspensiones por lo tanto la rueda se mueve hacia arriba con respecto el chasis. Al comprimirse la suspensión, el ángulo de caída se hace más negativo debido a que su función es aumentar la fuerza lateral disponible. (Kistler, 2020)

## 2.10 Ángulo de avance o cáster

Respecto al eje vertical se genera un desplazamiento de ángulos del eje de giro, también llamado cáster y se expresa en grados, que se los pueden determinar mediante una línea perpendicular que se proyecta desde la parte superior a inferior del pivote de la dirección, por ejemplo en vehículos que poseen tracción delantera en ángulo de avance o también llamado cáster es de aproximadamente entre 0 y 3 grados, mientras que los autos que tienen transmisión trasera llegan a un valor aproximado de 5 a 10 grados. (Finders, 2021)

### Figura 18

*Ángulo de avance*



*Nota.* En la imagen mostrada se puede identificar al ángulo de avance. Tomado de (Riera, 2019)

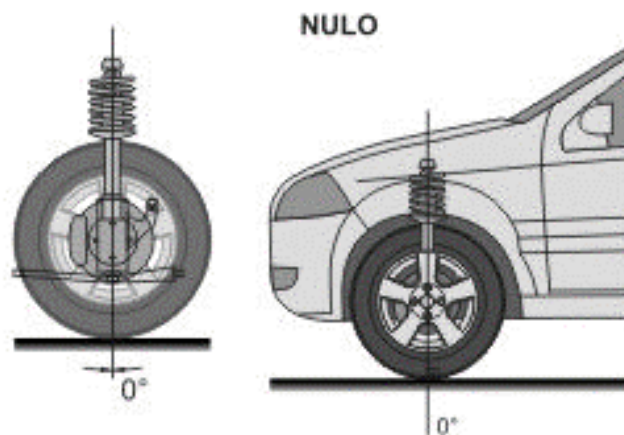
El fenómeno conocido como avance tiene por objetivo estabilizar el vehículo sobre una trayectoria rectilínea. Cuando el empuje del vehículo o de todos los vehículos se realiza desde las ruedas trasera es conocido o denominado como propulsión, el eje delantero debe ser empujado hacia atrás, lo que ayuda a causar una inestabilidad en la dirección. Para poder corregir este tipo de errores es necesario dar al pivote un determinado ángulo de avance, para lograr que la proyección del eje del pivote corte a la línea de desplazamiento un poco por delante del apoyo de la rueda. (Andino, 2016)

Existen 3 tipos de cáster, (Finders, 2021) los detalla a continuación:

Cáster con ángulo de cero grados: también conocido como nulo, este tipo de casos se dan cuando el eje de la dirección es totalmente vertical, tomando como referencia el punto de contacto con la llanta. (Nemonic, 2018) (Nemonic, 2018)

### Figura 19

*Cáster nulo*

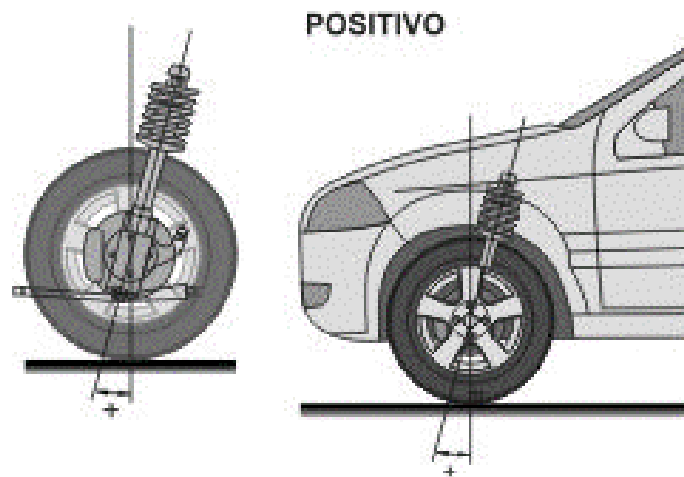


*Nota.* En la imagen se puede ver el ejemplo de cáster nulo, tomado de (Sunset, 2018)

Cáster positivo: el punto de contacto con la llanta se encuentra detrás del eje de la dirección, tomando como principal consecuencia un arrastre de la parte posterior del neumático, teniendo como ventaja una mejor estabilidad.

### Figura 20

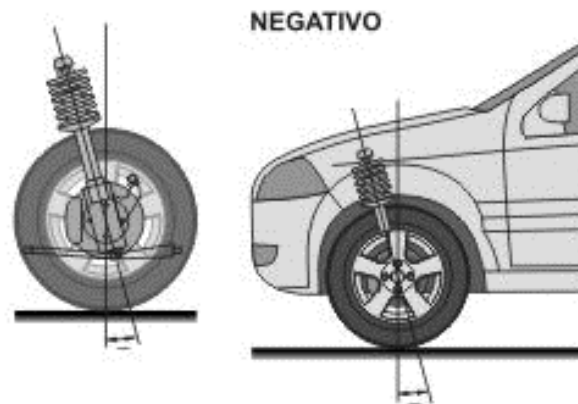
#### *Cáster positivo*



*Nota.* En la imagen se puede identificar las características de un cáster positivo.

Tomado de (Sunset, 2018)

Cáster negativo: en este caso el punto de contacto con la llanta se sitúa delante del eje de la dirección, presenta ciertas dificultades en cuanto a la trayectoria en recta y aumenta la inestabilidad del mismo.

**Figura 21***Cáster negativo*

*Nota.* En la imagen se puede ver como se encuentra un cáster negativo. Tomado de (Sunset, 2018)

### **2.11 Convergencia y divergencia:**

El ángulo de convergencia se forma debido a que existen planos medios de las ruedas con respecto al eje longitudinal del vehículo. Esta convergencia generalmente es de signo positivo o negativo. En el caso de que los planos medios de las ruedas tiendan a juntarse en la parte delantera del automóvil se dirá que existe una convergencia y en el caso de que las ruedas tiendan a separarse de la parte delantera del vehículo se puede determinar que existe una divergencia. (Moya, 2018)

### **Consideraciones de diseño**

Para definir la geometría de los brazos, es muy importante considerar el alineamiento de las ruedas, de esta manera se facilitará su estudio, pues es fundamental el parámetro de diseño con el que entra en relación. En algunos casos se



encontrarán vinculados estrictamente a las ruedas, como por ejemplo la parte del frenado y la aceleración, y en otros casos lo estarán a la dirección; sin embargo, todos estos parámetros son esenciales en el diseño de la suspensión como un sistema único. (Magazine, 2020)

**Caída:** Representa el ángulo de la rueda con respecto a la vertical del vehículo. En este caso, el UTV debe estar totalmente preparado para los caminos fuera de pista, según el análisis investigativo se necesita que este tenga una caída negativa ya que se debe aumentar la estabilidad en las curvas, sin dejar de lado que los ángulos excesivos producen un desgaste asimétrico en los neumáticos, por ello se recomienda que el ángulo de caída esté entre  $0^{\circ}$ - $5^{\circ}$ . (Magazine, 2020)

**Ancho:** Deberá ser mayor al que generalmente se usa en la industria de los UTV. Debido a que depende mucho del espacio del motor escogido, (Herrero, 2018)

**Brazos:** son fundamentales en el sistema de suspensión, pues depende de la longitud de los brazos ya que son los encargados de proveer el recorrido de la suspensión. (Herrero, 2018)

**Distancia al suelo:** A partir de ella se seleccionará la inclinación necesaria de los brazos respecto de la horizontal. En este caso la distancia al suelo será de aproximadamente 300 mm, según lo observado en vehículos similares de uso fuera de pista. (Herrero, 2018)

**Neumáticos:** Factor que incide de manera directa en el ancho total y en la distancia del mango, y, por lo tanto, en las dimensiones de los brazos, así como en la distancia al piso. Se utilizarán 26"x9"-12" adelante y 26"x10"-12" atrás. (Herrero, 2018)

## Selección del conjunto amortiguador-resorte

Para poder realizar la selección del resorte que se podría utilizar, es importante tomar en cuenta el espacio disponible en el chasis, y las posibles características que brinden como parte de un beneficio o ventaja al vehículo que se desea construir.

### Figura 22

*Parámetros involucrados en la selección del conjunto amortiguador-resorte*



*Nota.* En la imagen se puede observar a los parámetros involucrados en la selección del conjunto amortiguador-resorte. Tomado de (Caldera, Martín ;Cisilino, Adrián;Ramunno, Miguel, 2018).

## Capítulo III

### 3. Desarrollo del proyecto

#### 3.1 Selección de la suspensión

Una vez creada la estructura del UTV se procede a la selección de componentes que conformarán la suspensión.

Para poder determinar la suspensión más adecuada para el vehículo, se requiere del análisis de algunos tipos de suspensiones que se han analizado más a detalle en los capítulos anteriores. Para ello se requiere de su análisis en la siguiente tabla.

**Tabla 1**

*Selección de la Suspensión*

<b>Tipo de suspensión</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Suspensión de ballestas</b>	Excelente calidad y rigidez	Incomodidad para los pasajeros
<b>Sistema de suspensión de eje rígido</b>	Funcionamiento sencillo Sistema usado en vehículo todo terreno	Son más inestables sobrevirajes

Tipo de suspensión	Ventajas	Desventajas
<b>Sistema de suspensión semirrígida.</b>	Reducen vibraciones o inclinaciones	Limitan mucho las oscilaciones provocadas por el terreno irregular
<b>Suspensión independiente</b>	<p>Más estabilidad</p> <p>Precio de ensamblaje más bajo.</p> <p>Mejora la rigidez evitando rupturas.</p>	En cuanto a las vibraciones no es tan efectivo.

*Nota.* En la tabla mostrada anteriormente se puede identificar las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de suspensiones.

Después de analizar los diferentes tipos de suspensiones se ha podido seleccionar la más útil de acuerdo a sus ventajas y desventajas, la opción más adecuada para poder instalarla en el vehículo utilitario es la suspensión independiente puesto que presenta más estabilidad, su precio de ensamble es más bajo y es más resistente a rupturas.

En la imagen se puede identificar a los componentes de la suspensión el primer componente es llamado mesa de la suspensión con sus respectivos bujes y listas para anclarse al bastidor

**Figura 23**

*Mesa de la suspensión de la parte superior delantera*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a una mesa se la suspensión de la parte superior delantera

En la imagen que se muestra a continuación se puede apreciar a la mesa de la parte inferior de la suspensión con sus respectivos bujes para poder ser anclada a la estructura del vehículo utilitario.

**Figura 24**

*Mesa de la parte inferior de la suspensión*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a una mesa se la inferior de la parte superior delantera

De acuerdo a la estructura del bastidor una vez prevista, se pudo soldar las bases para poder anclar la suspensión que se muestra a continuación en la siguiente imagen.

**Figura 25**

*Sistema de suspensión rígida*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a un sistema de suspensión Rígida.

En la imagen se puede identificar a los puntos de anclaje de la suspensión, como son anclajes para la mesa superior, anclaje para la mesa inferior y los respectivos anclajes para la suspensión rígida.

### Figura 26

*Anclajes de mesa y suspensión*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a los respectivos anclajes de la mesa y suspensión

Una vez identificados los puntos de anclaje de la mesa superior y suspensión, se procede a colocar los puntos de apoyo para la mesa inferior, se los puede visualizar en la imagen que se muestra.

**Figura 27***Anclajes de mesa inferior*

*Nota.* En la imagen se puede identificar a los respectivos anclajes de la mesa inferior

Una vez colocados los puntos de anclaje para la suspensión se procede a instalarla con su debido cuidado y según especificación de fabricante.

**Figura 28***Anclaje de suspensión*

*Nota.* En la imagen se puede identificar como se colocó la suspensión.



Como primer punto de colocación fue la suspensión rígida en sus respectivos puntos de anclaje.

### **Figura 29**

*Sistema de suspensión*



*Nota.* En la imagen se puede identificar al sistema de suspensión.

En la imagen se distingue a los anclajes para las mesas inferiores del lado derecho e izquierdo

### **Figura 30**

*Mesas inferiores*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a las mesas inferiores izquierda y derecha.

Es importante considerar que se deben soldar bien los soportes para poder anclar la suspensión y las mesas, según normas de fabricante. Y diseño del bastidor.

### **Figura 31**

*Suelda de bases*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a los anclajes del sistema de suspensión.

En la imagen que se muestra a continuación se puede identificar la colocación de las mesas tanto superior como inferior.

### **Figura 32**

*Anclaje de mesa inferior y superior*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a los anclajes del sistema de suspensión.

Se debe tomar en cuenta que se requiere un sistema de suspensión en la parte posterior izquierda y derecha, ya que son puntos importantes para poder ofrecer confort a los pasajeros.

### **Figura 33**

*Suspensión posterior*



*Nota.* En la imagen se puede identificar la instalación de la suspensión en la parte posterior del vehículo.

## Capítulo IV

### 4. Prueba de funcionamiento

#### 4.1 Prueba de funcionamiento de la suspensión

Después de haber realizado la selección de materiales para poder ensamblarlos, se han podido realizar las respectivas pruebas de funcionamiento, para lo cual se realizan en el sector Chamizal, para lo cual se puede identificar la prueba de ruta en el anexo A, y se ha determinado lo siguiente:

En la imagen que se muestra a continuación se puede identificar la suspensión delantera izquierda ya ensamblada en el vehículo utilitario

#### Figura 34

*Suspensión delantera izquierda*



*Nota.* En la imagen se puede identificar la instalación de la suspensión en la parte posterior izquierda

Es importante destacar que se encuentra lista la suspensión posterior izquierda y derecha en el vehículo utilitario

**Figura 35**

*Suspensión posterior izquierda y derecha*



*Nota.* En la imagen se puede identificar la instalación de la suspensión en la parte posterior tanto izquierda y derecha del vehículo utilitario.

En la imagen que se muestra a continuación se puede ver a la suspensión delantera derecha ya instalada.

**Figura 36**

*Suspensión* delantera derecha



*Nota.* En la imagen se puede identificar la instalación de la suspensión en la parte delantera derecha

En las pruebas de funcionamiento utilizadas se toma en cuenta si la suspensión trabaja en conjunto con la dirección al girar tanto a la izquierda como a la derecha, pues una de las principales fallas que presentan las suspensiones es que la dirección no responda, pues el vehículo se puede mover a los costados sin el uso del volante, en el caso de que sucediera es una posible falla de rotulas o terminales.

**Figura 37***Prueba de funcionamiento de rótulas y terminales*

*Nota.* En la imagen se puede identificar a una de las principales pruebas de funcionamiento de las rótulas o terminales.

En dicha prueba realizada se obtuvieron buenos resultados, pues la suspensión y la dirección trabajan en conjunto para dirigir al vehículo en la dirección deseada por el operador, pues sus movimientos son correctos tanto a la derecha como a la izquierda como se puede ver en la imagen el giro del vehículo a la derecha.

Dentro de la misma prueba de funcionamiento de rótulas o terminales, se puede apreciar en la siguiente imagen al vehículo en su giro a la izquierda, según lo indica el operador.



**Figura 38**

*Giro hacia la derecha*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a una de las principales pruebas de funcionamiento de las rótulas o terminales, y su respectivo giro hacia la derecha.

Como ya se estudió y se analizó en los capítulos anteriores, la principal función de la suspensión es brindar confort a los pasajeros, pues un síntoma de una suspensión inservible es principalmente mostrado por los operarios, pues recibirían los golpes de los terrenos irregulares directamente, provocando dolor de espalda, mareos, dolores de cabeza, vómitos, o incluso poder causar volcamientos, debido a su inestabilidad, para ello se ha previsto de un terreno totalmente irregular para comprobarlo.



**Figura 39**

*Suspensión en terreno irregular*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a un terreno irregular, para comprobar el confort hacia los pasajeros.

Durante el trayecto del camino irregular seleccionado, se puede ver a la suspensión tanto delantera como posterior en acción, tomando en cuenta que en caso de que existan problemas en cuanto a su uso, las principales características que se presentarían son por ejemplo tener que descontrolarse el vehículo, pues los resortes son los que reciben el impacto directamente mientras que los amortiguadores los controlan. Por lo tanto en esta prueba lo que se quiere es identificar el funcionamiento de los resortes rígidos seleccionados.

**Figura 40***Funcionamiento de resortes*

*Nota.* En la imagen se puede identificar a la suspensión seleccionada en un terreno irregular, para comprobar el estado de los resortes.

En la respectiva prueba de funcionamiento se pudo identificar que en el terreno irregular los resortes trabajaron correctamente, pues no se presentaron reacciones inestables en el vehículo, no presentaron señales de fractura ni tampoco cedieron ante los respectivos movimientos a los que fueron sometidas las suspensiones.

En la imagen que se muestra a continuación se puede presentar la suspensión en un terreno irregular y sus resortes en buen estado.

**Figura 41**

*Resortes en buen estado*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a los resortes de la suspensión en buen estado.

Para la siguiente prueba de funcionamiento se requiere de una alineación del tren trasero para la suspensión posterior que es independiente, como se lo puede ver en la imagen, pues parte de su buen funcionamiento es estar alineado con respecto a las llantas delanteras.

**Figura 42**

*Suspensión posterior*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a las llantas alineadas con relación a las llantas delanteras

**Figura 43**

*Ruta de la prueba de funcionamiento*



*Nota.* En la imagen se puede identificar a la ruta que se estableció para poder realizar las pruebas de funcionamiento.

## Capítulo V

### 5. Marco administrativo

#### 5.1 Recursos humanos

En la tabla 1 se puede identificar a las personas que colaboraron para el desarrollo de la presente monografía, así como el detalle de su aporte.

**Tabla 2**

*Recursos humanos*

<b>NOMBRES</b>	<b>APORTE</b>
<b>Guanotasig Carlos</b>	Construcción y elaboración del proyecto
<b>Ing. Arias Pérez Ángel Javier</b>	Director de tesis

#### 5.2 Recursos tecnológicos

Para la realización de la presenta monografía fue necesario la utilización de diversos recursos tecnológicos, tanto para la parte práctica y en la parte escrita, los mismos se detallan en la tabla 2.

**Tabla 3**

*Recursos Tecnológicos*

<b>Orden</b>	<b>Recursos Tecnológicos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
<b>1</b>	Microsoft Office	<b>1</b>	\$50.00	\$50.00
			<b>Total:</b>	<b>\$50.00</b>

### 5.3 Recursos materiales

En el desarrollo de la monografía se utilizaron recursos materiales que permitieron el desarrollo de la mismas, estos recursos y sus respectivos precios se detallan a continuación en la tabla 3.

**Tabla 4**

*Recursos Materiales*

<b>Orden</b>	<b>Recursos Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	Suspensión	4	\$40.00	\$160.00
2	Rótula	4	\$10.00	\$40.00
3	Tubos	4	\$12.00	\$48.00
4	Bujes	16	\$2.00	\$32.00
5	Grasa	1	\$5.00	\$5.00
6	Suelda		\$0.00	\$50.00
8	Pintura	1	\$12.00	\$12.00
9	Diluyente	3	\$1.50	\$4.50
			<b>Total:</b>	<b>\$351.00</b>

### 5.4 Presupuesto

Después de considerar todos los gastos en los diferentes recursos los mismos se consolidan y se detallan de una manera clara y concisa en la tabla 4 que se encuentra a continuación.

**Tabla 5***Presupuesto*

<b>Orden</b>	<b>Recurso</b>	<b>Valor Total</b>
<b>1</b>	Recursos Tecnológicos	\$50.00
<b>2</b>	Recursos Materiales	\$351.00
<b>3</b>	Imprevistos	\$80.50
	<b>Total:</b>	<b>\$481.50</b>

## Capítulo VI

### 6. Conclusiones y Recomendaciones

#### 6.1 Conclusiones

- Se implementó un sistema de suspensión independiente para un prototipo de vehículo biplaza UTV para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la Unidad De Gestión De Tecnologías – ESPE.
- Se seleccionó el recorrido de la suspensión que tendrá el prototipo UTV para mejorar la estabilidad y seguridad
- Se recolectó información bibliográfica correspondiente a manuales y datos técnicos de suspensiones independientes para ensamblar en el prototipo UTV
- Se ensambló el sistema de suspensión para realizar las pruebas con el vehículo en marcha.



## 6.2 Recomendaciones

- Es importante que se tome en cuenta que para colocar los puntos de suelda se deben tomar bien los puntos de referencia, dicha suelda es muy importante porque de ello depende la resistencia de la suspensión con respecto al bastidor, para poder soportar el trabajo al que se va a someter.
- Para poder realizar una selección de suspensión se debe tomar en cuenta las posibles ventajas y desventajas que presenta el sistema según la aplicación que se desea dar al proyecto de titulación.
- Para poder realizar el proyecto de titulación se recomienda un buen trabajo en equipo, puesto que se requiere de orden y disciplina.
- Para poder realizar las pruebas de funcionamiento en la suspensión se recomienda buscar un lugar apto o terreno irregular, para así verificar su sistema en buenas condiciones.

## Bibliografía

- Andino, A. E. (2 de Agosto de 2016). *UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR*. Recuperado el 1 de Agosto de 2021, de UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR:  
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/750/1/T-UIDE-0685.pdf>
- Blancarte, J. (23 de Agosto de 2019). *Autocosmos*. Recuperado el 2 de Agosto de 2021, de Autocosmos: <https://noticias.autocosmos.com.co/2013/08/23/cuales-son-los-tipos-de-suspension-mas-comunes>
- Borja, N. (14 de Diciembre de 2015). *Tipos de suspensiones: ventajas y desventajas*. Recuperado el 4 de Agosto de 2021, de Tipos de suspensiones: ventajas y desventajas: <https://noticias.coches.com/consejos/tipos-de-suspensiones-ventajas-y-desventajas/154515>
- Caldera, Martín ;Cisilino, Adrián;Ramunno, Miguel. (16 de Noviembre de 2018). *RINFI*. Recuperado el 5 de Agosto de 2021, de  
<http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/241/JIHerrero-TFG-II-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Centrald de repuestos TR. (20 de Marzo de 2020). *Centrald de repuestos TR*. Recuperado el 18 de Julio de 2021, de Centrald de repuestos TR:  
<http://centralderepuestostr.com/tipos-sistema-suspension-parte-i/>
- Donaire, D. L. (9 de Septiembre de 2016). *Actualidad motor*. Recuperado el 1 de Agosto de 2021, de Actualidad motor: <https://www.actualidadmotor.com/la-suspension-multibrazo/>

Donaire, D. L. (15 de Marzo de 2020). *Actualidad Motor*. Recuperado el 22 de Junio de 2021, de Actualidad Motor: <https://www.actualidadmotor.com/la-suspension-multibrazo/>

Donaire, D. L. (20 de Mayo de 2021). *La suspensión McPherson*. Recuperado el 118 de Junio de 2021, de Actualidadmotor.com: <https://www.actualidadmotor.com/la-suspension-mcpherson/>

Espinoza, P. F. (14 de Febrero de 2016). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE*. Recuperado el 4 de Agosto de 2021, de ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/938/1/65T00008.pdf>

Finders, R. (24 de Enero de 2021). *Cáster o ángulo de avance*. Recuperado el 2 de Agosto de 2021, de Cáster o ángulo de avance: <https://rentingfinders.com/glosario/caster-angulo-de-avance/>

Herrero, J. I. (16 de Noviembre de 2018). *Facultad de ingeniería*. Recuperado el 4 de Enero de 2021, de Facultad de ingeniería: <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/241/JIHerrero-TFG-II-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ingemecánica. (22 de Diciembre de 2018). *Ingemecánica*. Recuperado el 2 de Agosto de 2021, de Ingemecánica: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html>

Kistler. (20 de Septiembre de 2020). *Kistler*. Recuperado el 1 de Agosto de 2021, de Kistler: <https://www.kistler.com/es/glosario/termino/angulo-de-caida/>

Lincango, W. (1 de Enero de 2018). *Universidad Tecnológica Equinoccial*. Recuperado el 15 de Mayo de 2021, de Universidad Tecnológica Equinoccial:

[http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16599/1/70136\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16599/1/70136_1.pdf)

Magazine. (7 de Abril de 2020). *Automóvil Magazine*. Recuperado el 4 de Agosto de 2021, de Automóvil Magazine:

<https://www.expertoautorecambios.es/magazine/alineacion-de-ruedas-1371>

MotorGiga. (8 de Septiembre de 2016). *MotorGiga*. Recuperado el 1 de Agosto de

2021, de MotorGiga: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/centro-instantaneo-de-rotacion-definicion-significado/gmx-niv15-con193492.htm>

MOTORGIGA. (8 de Mayo de 2017). *MOTORGIGA*. Recuperado el 2 de Agosto de 2021, de MOTORGIGA:

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html>

MotorGiga. (21 de Octubre de 2020). *MotorGiga*. Recuperado el 4 de Agosto de 2021,

de MotorGiga: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/centro-de-balanceo-definicion-significado/gmx-niv15-con193489.htm>

Moya. (03 de Mayo de 2018). *Llantera Moya*. Recuperado el 4 de Agosto de 2021, de

Llantera Moya: <https://llanteramoya.com/convergencia-divergencia-y-camber/#.YRH434hKhPY>

Nemonic. (11 de Abril de 2018). *El vuelo de la gran Avutarda*. Recuperado el 5 de

Agosto de 2021, de El vuelo de la gran Avutarda:

<https://greatbustardsflight.blogspot.com/2018/04/en-que-consiste-el-momento-de-cabeceo.html>

Peña, N. A. (1 de Octubre de 2019). *Artículo de Investigación*. Recuperado el 2 de Julio de 2021, de Análisis del comportamiento dinámico de una suspensión de vehículo independiente de doble horquilla:

<https://www.redalyc.org/journal/5177/517764671002/html/#B17>

Ponce, E. (8 de Diciembre de 2020). *Autocosmos*. Recuperado el 14 de Junio de 2021, de Autocosmos: <http://noticias.espanol.autocosmos.com/2020/08/12/la-historia-del-sistema-de-suspension-en-los-automoviles>

Ramirez. (22 de Septiembre de 2016). *Analisis por elementos finitos*. Recuperado el 26 de Junio de 2021, de Analisis por elementos finitos:

[http://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A1\\_101.pdf](http://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A1_101.pdf)

RANALD V, G. (1963). MECÁNICA DE FLUIDOS E HIDRÁULICA. En G. RANALD V, *MECÁNICA DE FLUIDOS E HIDRÁULICA* (págs. 96-132). PHILADELPHIA: MCGRAW-HILL. Recuperado el 15 de AGOSTO de 2020, de <https://www.yumpu.com/en/document/read/54584981/mecanica-de-los-fluidos-e-hidraulica-problemas-resueltos-r-v-giles>

Renting. (12 de Enero de 2021). *RENTING FINDERS*. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de RENTING FINDERS: <https://rentingfinders.com/glosario/eje-rigido/>

Renting Finders. (17 de Abril de 2018). *Renting Finders*. Recuperado el 1 de Agosto de 2021, de Renting Finders: <https://rentingfinders.com/glosario/cabeceo/>

Rey, J. M. (1 de Mayo de 2016). *ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS*. Recuperado el 2 de Agosto de 2021, de ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS:

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/8404/384327.pdf?sequence=1>

Riera, P. (02 de Diciembre de 2019). Recuperado el 3 de Agosto de 2020, de <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/938/1/65T00008.pdf>

Stevenson, C. (1 de Febrero de 2018). *Geniolandia*. Recuperado el 20 de Junio de 2021, de Geniolandia: <https://www.geniolandia.com/13121749/como-funciona-una-suspension-de-doble-horquilla>

Sunset. (1 de Octubre de 2018). *SUNSET CUBIERTAS*. Recuperado el 1 de Agosto de 2021, de SUNSET CUBIERTAS: <https://www.sunset.com.py/recomendaciones/suspension/>

## **Anexos**

