

**Universidad Internacional del Ecuador**

**Escuela de Ingeniería Automotriz**



**Estimación del Consumo de Combustible en un Vehículo  
Utilizando un Sistema de Variador de Altura en la Suspensión**

**Proyecto de Titulación para la Obtención del Título de Ingeniero en Mecánica  
Automotriz**

**Heredia Galarza Joffre Duvan**

**Mora Rodríguez Danilo Andrés**

**Director: Ing. Juan Castro**

**Junio, 2022  
Guayaquil-Ecuador**



**Universidad Internacional del Ecuador****Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado****Ing. Juan Castro, MsC****CERTIFICA**

Que el trabajo titulado “Estimación del Consumo de Combustible en un Vehículo Utilizando un Sistema de Variador de Altura en la Suspensión”, realizado por el estudiante: Heredia Galarza Joffre Duvan, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estipuladas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza a la Sr. Heredia Galarza Joffre Duvan, que lo entregue a biblioteca de la Escuela, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Junio de 2022

---

Ing. Juan Castro, MsC.

Director de Proyecto

**Universidad Internacional del Ecuador****Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado****Ing. Juan Castro, MsC****CERTIFICA**

Que el trabajo titulado “Estimación del Consumo de Combustible en un Vehículo Utilizando un Sistema de Variador de Altura en la Suspensión”, realizado por el estudiante: Danilo Andrés Mora Rodríguez, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estipuladas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo. Autoriza a la Sr. Danilo Andrés Mora Rodríguez, que lo entregue a biblioteca de la Escuela, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Junio de 2022

---

Ing. Juan Castro, MsC.

Director de Proyecto

## **Certificado y Acuerdo de Confidencialidad**

Yo, Heredia Galarza Joffre Duvan, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet; según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

Joffre Duvan Heredia Galarza

C.I: 0706648821

## **Certificado y Acuerdo de Confidencialidad**

Yo, Danilo Andrés Mora Rodríguez, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet; según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

Danilo Andrés Mora Rodríguez

C.I: 0750181380

## **Dedicatoria**

*Le dedico esta investigación a Dios por estar siempre conmigo, llenar de fortaleza mi corazón e iluminar mi camino.*

*A mis padres Joffre y Alexandra por ser pilares fundamentales en cada una de las fases de mi formación académica, por su amor incondicional, por sus consejos y principios que los caracterizan y que me han inculcado siempre. A toda mi familia por sus consejos y palabras de aliento me acompañan en mis sueños y metas.*

*Joffre Duvan Heredia Galarza*

### **Dedicatoria**

*Dedico mi trabajo de investigación a Dios, por darme fortaleza y voluntad en todo momento, a mis padres Danilo, Yadira y a mi familia en general, por su apoyo incondicional durante mi período de formación, su bendición y sus buenas enseñanzas me han guiado por el camino del bien permitiendo formar en mí un gran profesional. A mi tío Jorge Romero Torres por ser quien me inculcó desde niño esta gran pasión por los autos y la mecánica en general.*

*Danilo Andrés Mora Rodríguez*

## **Agradecimientos**

Mi agradecimiento a mi familia por su apoyo en mi carrera universitaria., a mis profesores, que durante estos años de estudio compartieron sus valiosos conocimientos y supieron guiarme en el trayecto de mi formación profesional., a mi tutor por su paciencia, motivación y sus conocimientos fundamentales para realizar nuestra investigación, a mis compañeros que me brindaron su amistad y cariño, y de una u otra forma intervinieron en mi formación universitaria, Y finalmente a mi compañero de investigación por confiar en mí y compartir este trabajo importante para los dos.

*Joffre Duván Heredia Galarza*

## **Agradecimientos**

Agradezco de todo corazón una vez más a Dios por bendecirme durante toda mi etapa de formación profesional, a la Virgen del Carmen por cubrirme con su manto protector, a mis padres y familia en general que han sido pilar fundamental para que este nuevo peldaño sea superado, al cuerpo de docentes de la Universidad Internacional por brindarme sus conocimientos y alentarme a ser un gran profesional, a mis compañeros que de una manera u otra han estado presentes en mi crecimiento profesional por medio de su amistad y cariño, a mi compañero de tesis que sin su confianza y dedicación, este trabajo de investigación no hubiese tenido el mismo resultado; y finalmente, a mi tutor Juan Castro por paciencia, perseverancia y apoyo incondicional durante el desarrollo de este trabajo.

*Danilo Andrés Mora Rodríguez*

## Índice General

Certificado .....	iii
Certificado .....	iv
Certificado y Acuerdo de Confidencialidad .....	v
Certificado y Acuerdo de Confidencialidad .....	vi
Dedicatoria .....	vii
Dedicatoria .....	viii
Agradecimientos .....	ix
Agradecimientos .....	x
Índice General .....	xi
Índice de Figuras .....	xv
Índice de Ecuaciones .....	xviii
Resumen .....	xix
Abstract .....	xx
Capítulo I.....	1
1.Problema de la Investigación.....	1
1.1.Tema de Investigación.....	1
1.2.Planteamiento del Problema .....	1
1.3.Formulación del Problema .....	2
1.4.Sistematización del Problema.....	2

<b>1.5.Objetivos de la Investigación.....</b>	<b>2</b>
<i>1.5.1.Objetivo General.....</i>	<i>2</i>
<i>1.5.2.Objetivos Específicos .....</i>	<i>2</i>
<i>1.6.1.Justificación Teórica .....</i>	<i>3</i>
<i>1.6.2.Justificación Metodológica .....</i>	<i>3</i>
<i>1.6.3.Justificación Práctica .....</i>	<i>3</i>
<i>1.6.4.Delimitación Temporal.....</i>	<i>3</i>
<i>1.6.5.Delimitación Geográfica .....</i>	<i>4</i>
<i>1.6.6.Delimitación del Contenido.....</i>	<i>4</i>
<b>1.7.Hipótesis .....</b>	<b>4</b>
<i>1.7.1.Variables de Hipótesis .....</i>	<i>4</i>
<i>1.7.1.1.Variables Independientes .....</i>	<i>4</i>
<i>1.7.1.2.Variables Dependientes .....</i>	<i>5</i>
<b>Capítulo II.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Marco Teórico .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Marco Referencial .....</b>	<b>5</b>
<i>2.1.1 Intervención Aerodinámica .....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.2 Efecto Fuerza – Choque.....</i>	<i>6</i>
<b>2.2. Base Teórica.....</b>	<b>7</b>
<i>2.2.1. Introducción .....</i>	<i>7</i>

<i>2.2.2. Estudio de las Características de la Suspensión</i> .....	7
<i>2.2.3. Tipos de Suspensión</i> .....	7
<i>2.2.3.1. Suspensión Delantera</i> .....	7
<i>2.2.3.2. Suspensión Posterior</i> .....	7
<i>2.2.4. Ballestas</i> .....	8
<i>2.2.5. Desventajas del Sistema de Suspensión de Ballestas Instalado Actualmente en el Vehículo</i> .....	8
<i>2.2.6. Suspensión Neumática</i> .....	9
<i>2.2.7. Ventajas de la Suspensión Neumática</i> .....	11
<b>2.2.8 Las Desventajas de la Suspensión Neumática</b> .....	13
<b>2.2.9. Componentes de la Suspensión Neumática</b> .....	13
<b>Capítulo III</b> .....	20
<b>Metodología Aplicada</b> .....	20
<b>3.1. Métodos</b> .....	20
<i>3.1.1. Método Observativo</i> .....	20
<b>3.2. Pruebas</b> .....	20
<b>3.2.1. Protocolo de Manejo</b> .....	20
<b>3.2.2. Procedimiento</b> .....	22
<i>3.2.3. Método Experimental</i> .....	23
<b>3.3. Tipo de Estudio</b> .....	26

<b>3.4. Desmontaje de Suspensión Original .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5. Instalación de Suspensión Neumática Regulable Pasó a Paso .....</b>	<b>27</b>
<b>3.6. Vehículo con Suspensión Neumática de Altura Regulable ya Instalada.....</b>	<b>42</b>
<b>3.7. Pruebas con Suspensión Neumática de Altura Regulable .....</b>	<b>43</b>
<b>3.8. Pruebas con Suspensión Abajo en su Mínima Altura.....</b>	<b>46</b>
<b>Capítulo IV.....</b>	<b>50</b>
<b>4. Análisis de Datos.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1. Pruebas y Cálculos para Obtener Consumo Promedio .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2. Recolección de Datos .....</b>	<b>51</b>
<b>4.3. Resultados Pruebas Con Suspensión Original.....</b>	<b>51</b>
<b>4.4.Resultados Pruebas con Suspensión Elevada a su Altura Máxima .....</b>	<b>52</b>
<b>4.5.Resultados Pruebas con Suspensión de Altura Regulable en su Mínima Altura .....</b>	<b>52</b>
<b>4.6.Recursos .....</b>	<b>53</b>
<b>4.7.Análisis Estadístico.....</b>	<b>53</b>
<b>4.8.Análisis de Resultados.....</b>	<b>54</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>55</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>57</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>58</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>62</b>
<b>Resumen del Presupuesto .....</b>	<b>62</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Mapa Satelital de la Provincia de El Oro .....	<b>4</b>
<b>Figura 2</b> Suspensión Neumático .....	<b>13</b>
<b>Figura 3</b> Bolsas Amortiguadoras de Aire .....	<b>15</b>
<b>Figura 4</b> Compresor Neumático.....	<b>15</b>
<b>Figura 5</b> Tanque de Almacenamiento de Aire .....	<b>16</b>
<b>Figura 6</b> Cuerpo de Válvulas.....	<b>16</b>
<b>Figura 7</b> Ordenador ECAS.....	<b>17</b>
<b>Figura 8</b> Tubería de Aire .....	<b>17</b>
<b>Figura 9</b> Suspensión Neumática Doble .....	<b>18</b>
<b>Figura 10</b> Suspensión Neumática de Manga Cónica .....	<b>18</b>
<b>Figura 11</b> Suspensión Neumática de camisa Rodante.....	<b>19</b>
<b>Figura 12</b> Croquis de la Distancia y Tiempo de Recorrido .....	<b>21</b>
<b>Figura 13</b> Ruta de ensayo Carretera E25.....	<b>22</b>
<b>Figura 14</b> Mapa Satelital Ruta de Ensayo E25. Extraída de GoogleMaps .....	<b>22</b>
<b>Figura 15</b> Vehículo con Suspensión y Altura Original.....	<b>23</b>
<b>Figura 16</b> Cuadro de Resultados de Pruebas con Suspensión Original .....	<b>25</b>
<b>Figura 17</b> Curva de Consumo de Combustible en Litros con Suspensión Original.....	<b>26</b>
<b>Figura 18</b> Bolsas de Aire Airmax. ....	<b>27</b>
<b>Figura 19</b> Tanque de 9 Litros .....	<b>28</b>
<b>Figura 20</b> Manguera Neumática de 10mm.....	<b>28</b>
<b>Figura 21</b> Compresor Neumático HKI 400 CF .....	<b>29</b>
<b>Figura 22</b> Compresores HKI 400 CFM, Instalados .....	<b>29</b>

<b>Figura 23</b>	<b>Cuerpo de Válvulas del Sistema Neumático Marca HKI.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 24</b>	<b>Cableado de Alimentación de Cuerpo De Válvulas.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 25</b>	<b>Diagrama Eléctrico Dispositivos Eléctricos de la Suspensión Neumática .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 26</b>	<b>Diagrama Neumático.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 27</b>	<b>Distribución de Mangueras de Aire en el Habitáculo .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 28</b>	<b>Perforación de orificios para Cruce de Mangueras en Piso de Cabina .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 29</b>	<b>Cruce de Mangueras desde del Interior de la Cabina con Protección.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 30</b>	<b>Cruce de Mangueras en el Exterior por Travesaños de Chasis .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 31</b>	<b>Montaje de Bolsa de Aire de Suspensión Neumática de Altura Regulable .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 32</b>	<b>Bolsa de Aire Airmax Instalada .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 33</b>	<b>Desmontaje de Ruedas Posteriores .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 34</b>	<b>Montaje de Muelle de Suspensión Posterior Modificado.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 35</b>	<b>Bases de Suspensión Posterior Instaladas .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 36</b>	<b>Acople de Bolsa de Aire en Base de Suspensión Superior .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 37</b>	<b>Acople de Bolsa de Aire en Base de Suspensión Inferior .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 38</b>	<b>Conexión Cuerpo de Válvulas .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 39</b>	<b>Compresores y Tanque de 9 Litros.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 40</b>	<b>Vehículo con Suspensión Neumática Instalada y Colocada a su Mínima Altura .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 41</b>	<b>Vehículo con Suspensión en su Máxima Altura.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 42</b>	<b>Cuadro de Resultados de Pruebas con Suspensión Elevada en su Máxima Altura.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 43</b>	<b>Curva de Consumo de Combustible en Litros con Suspensión Elevada en su Máxima Altura .....</b>	<b>46</b>

<b>Figura 44 Vehículo con Suspensión en su Mínima Altura.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 45 Cuadro de Resultados de Pruebas con Suspensión Elevada en su Mínima Altura.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 46 Curva de consumo de combustible en litros con Suspensión Elevada en su Mínima Altura .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 47 Consumo Promedio Recorrido de 30Km – 30.71 litros .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 48 Consumos de Combustible con Variaciones de Altura. ....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 49 Cuadro de Promedios. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 50 Gráfico de Consumo de Combustible .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 51 Gráfico de Tiempo Promedio de Pruebas.....</b>	<b>54</b>

**Índice de Ecuaciones**

<b>Ecuación 1 Consumo de Combustible .....</b>	<b>51</b>
--	-----------

## Resumen

La idea de realizar el proyecto de estimación de consumo de combustible en un vehículo utilizando un sistema de variador de altura en la suspensión, nace con el afán de mejorar el rendimiento en cuanto a consumo de un vehículo según la variación de su altura, para esto se realiza la debida investigación en cuanto a los factores influyentes para una clara comprensión de este proyecto, mismo que se basa en el consumo de combustible de un vehículo según la variación de su altura, para lograr esto se procede con la selección adecuada según características del automotor de una suspensión neumática de altura regulable, que permita variar la altura del automotor para así con un ciclo de manejo determinado en una ruta determinada, realizar diferentes pruebas de consumo de combustible con la finalidad de comparar los diferentes consumos obtenidos en las pruebas a diferentes alturas y realizar un análisis de consumo de combustible, verificando los factores que influyen directa e indirectamente en estos resultados, y obteniendo un resultado final en cuanto a consumo de combustible según la altura del vehículo.

**Palabras clave:** Aerodinámica, Efecto fuerza choque, consumo, combustible, sistema de suspensión de altura variable, altura del vehículo.

### **Abstract**

The idea of carrying out the project to estimate fuel consumption in a vehicle using a height variator system in the suspension, was born with the aim of improving the performance in terms of consumption of a vehicle according to the variation of its height, for this Due research is carried out regarding the influencing factors for a clear understanding of this project, which is based on the fuel consumption of a vehicle according to the variation of its height, to achieve this, the appropriate selection is made according to the characteristics of the vehicle. motor vehicle with an adjustable height pneumatic suspension, which allows the height of the vehicle to be varied in order to carry out different fuel consumption tests with the purpose of comparing the different consumptions obtained in the tests at different heights and perform a fuel consumption analysis, verifying the factors that directly and indirectly influence the these results, and obtaining a final result in terms of fuel consumption according to the height of the vehicle.

**Keywords:** Aerodynamics, Impact force effect, consumption, fuel, variable height suspension system, vehicle height.

## **Capítulo I**

### **1. Problema de la Investigación**

#### **1.1. Tema de Investigación**

Estimación del Consumo de Combustible en un Vehículo Utilizando un Sistema de Variador de Altura en la Suspensión.

#### **1.2. Planteamiento del Problema**

En la presente investigación surge la necesidad de conocer el consumo de combustible según variación de la altura de un vehículo tipo camioneta.

Como indica Pachacama (2017):

Mediante datos del balance energético nacional del año 2015, el sector automotriz consume el 42% de la energía total, de los cuales el combustible más consumido es el Diesel con el 45% en relación a la gasolina que ocupa un valor del 41%.

También según Pachacama (2017):

Las cifras que maneja la asociación de empresas automotrices del Ecuador AEADE, registran que el parque automotor ecuatoriano, consta con 301.806 unidades de vehículos comerciales (camión, bus y VAN). El segmento correspondiente a camiones en el año 2015 vendió 8.210 unidades, en el 2016 bajó a 3.948 unidades, en lo que va del 2017 en el mes de enero se registra que se ha vendido 262 unidades del subsegmento de camiones se tiene: ultraliviano, liviano, mediano, pesado, tracto.

Como señala García (2016):

El uso de vehículos tipo camioneta es indispensable en el sector automotriz, estos vehículos comúnmente son utilizados para realizar trabajos de carga, donde la suspensión original de ballestas en la parte posterior aporta la rigidez necesaria para que el vehículo pueda soportar la carga que se coloque, la principal característica de estos vehículos es su elevada altura.

Estos vehículos en relación a la altura presentan una problemática, ya que al estar más elevado el vehículo se verá afectado por el efecto fuerza-choque que se produce en el espacio que queda entre el suelo y la parte baja del vehículo, es aquí donde el viento se introduce produciendo una fuerza en contra de la dirección que lleva el automotor y la resistencia a la rodadura o el avance, afectando así su rendimiento haciendo que este aplique más fuerza al motor y por ende aumentando el consumo de combustible (Revista Acelerando, 2019).

La problemática se presenta al producirse el efecto contravenido, el cual no ayuda al desarrollo del automotor debido a una mayor obstrucción al flujo de aire al desplazarse sobre la carretera.

### **1.3. Formulación del Problema**

¿Cómo mejorar el porcentaje de ahorro de combustible, al variar la altura del automotor?

### **1.4. Sistematización del Problema**

¿Cómo se va a variar la altura en el vehículo tipo camioneta?

¿Cómo se evalúa el consumo de combustible mediante variación de altura del vehículo antes nombrado?

¿Cuántas pruebas se realizará para obtener un resultado promedio de consumo de combustible y que proceso se utilizaría?

### **1.5. Objetivos de la Investigación**

#### ***1.5.1. Objetivo General***

Determinar la influencia en el consumo de combustible al implementar una suspensión de altura variable.

#### ***1.5.2. Objetivos Específicos***

- Implementar una suspensión para la variación de altura de un vehículo.
- Aplicar el ciclo de manejo para determinar el consumo de combustible.

- Analizar el consumo de combustible variando la altura de la suspensión.

## **1.6. Justificación y Delimitación de la Investigación**

### ***1.6.1. Justificación Teórica***

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar conocimiento sobre el estudio de consumo de combustible, tomando en cuenta la altura del vehículo y la resistencia a la rodadura producida por la introducción de viento que se presenta en la parte baja del automotor en contra de la dirección de avance, de esta manera se podrá demostrar que mediante la variación de altura de un vehículo tipo camioneta se puede obtener un ahorro en el consumo de combustible por una disminución del efecto fuerza-choque y por ende la resistencia al avance.

### ***1.6.2. Justificación Metodológica***

La elaboración y aplicación de un estudio técnico del consumo de combustible según la altura de un vehículo, siguiendo un proceso lógico y ordenado que se indaga mediante métodos científicos, ha sido comprobado por algunas investigaciones similares, que han demostrado su validez y confiabilidad, para poder ser usados como sistemas viables para la disminución de consumo de combustible en vehículos de esta categoría.

### ***1.6.3. Justificación Práctica***

Este estudio se realiza porque existe la necesidad de analizar el consumo de combustible de un vehículo tipo camioneta según su altura, ya que actualmente es importante buscar la manera de disminuir el uso de combustibles para el cuidado del medio ambiente.

### ***1.6.4. Delimitación Temporal***

Este estudio se desarrollará a partir del 17 de junio de 2021, hasta el 30 Noviembre de 2021, tiempo que permitirá realizar la investigación, así como el análisis de resultados mediante la prueba de consumo de combustible.

### 1.6.5. Delimitación Geográfica (Figura 1)

#### Figura 1

Mapa Satelital de la Provincia de El Oro



### 1.6.6. Delimitación del Contenido

La información detallada en el presente trabajo está constituida en base a estudios y demás documentación, donde se trata acerca de consumo de combustible de un vehículo según la altura que presenta, y mediante pruebas realizadas al automotor a diferentes alturas.

## 1.7. Hipótesis

¿Cómo optimizar el consumo de combustible mediante la disminución de la resistencia a la rodadura producida por el efecto fuerza choque la cual afecta el desarrollo del vehículo?

### 1.7.1. Variables de Hipótesis

#### 1.7.1.1. Variables Independientes

- Número de pruebas en iguales condiciones de manejo, distancia y terreno.
- Variaciones de altura del vehículo.

### 1.7.1.2. Variables Dependientes

- Porcentaje de optimización de consumo de combustible.

## Capítulo II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1. Marco Referencial

Para Pachacama y Simbaña (2017), "el presente estudio evaluó la influencia que tiene un deflector de aire en el consumo de combustible de un camión de carga mediana (12 toneladas), para lo cual se estudió la resistencia aerodinámica del vehículo".

Es decir, elaboró el protocolo de prueba según la norma DIN 70 030-2 estableciendo una ruta de prueba de 10 km de distancia en la vía Quinindé (Santo Domingo – La Concordia) situado a 516 m.s.n.m. cumpliendo con los requerimientos que exige la norma. Se recorre los 10 km con una velocidad constante de 90 km/h. La medición del consumo de combustible se lo realizó mediante gravimetría. El resultado obtenido del estudio es un ahorro del 4,63%. El costo-beneficio que se tiene al usar el deflector de aire es de \$ 241,38 dólares por año, esto considerando el rubro destinado al combustible, la inversión se recupera en 2,5 años.

Como mencionan Rockwood, Espinoza y Cantos (2017):

El presente artículo buscó la creación de una base de datos del consumo de combustible de dos vehículos que circulan en nuestro país el Chevrolet Spark 1.0 L. 2010 y la Mitsubishi L200Sportero 2.5L diésel 2009. Basándose en el estado del arte los métodos más comunes y empleados para estimación del consumo de combustible es la de desaceleración libre en carretera SAE: J1263, un dinamómetro de chasis y los ciclos de conducción característicos a nivel mundial FTP75 y HWFET, dando como resultado un estimado de los coeficientes de resistencia a la aerodinámica del cuerpo, resistencia a la rodadura, así como los valores de ajuste de las fuerzas de carretera. Al terminar el

estudio se llegó a valorar un consumo de combustible, para el ciclo urbano, un mayor consumo de combustible de 4,45 L/100km por consumo en litros de combustible para el vehículo de Chevrolet y para la Mitsubishi se obtuvo 25,78 L/100 km. En el ciclo característico de autopista se obtuvo 3.018 L/100km para el Chevrolet Spark y 9,59L/100km para la Mitsubishi.

### ***2.1.1 Intervención Aerodinámica***

El aire que actúa en forma de fuerza sobre el vehículo son las acciones que estudia la aerodinámica, por lo que la fuerza se puede aprovechar de una manera favorable al momento del manejo del vehículo.

Esta fuerza es generada en un vehículo cuando se da una corriente de aire sobre y por debajo del vehículo, en el manejo la aerodinámica cumplen un papel importante al momento de la resistencia al avance.

### ***2.1.2 Efecto Fuerza – Choque***

El efecto fuerza-choque, es aquí donde el viento interviene en el consumo de combustible ya que le dará una fuerza en contra al vehículo que hará que este aplique más fuerza al motor aumentando el consumo por efecto de una resistencia al avance o la rodadura. Aquí también interviene la falta de estabilidad del vehículo donde con una altura promedio dará un efecto contraviento, donde el vehículo con poca aerodinámica no contribuirá al desarrollo del mismo y le dará menor estabilidad para que se desplace sobre el camino y mientras más velocidad se le dé al vehículo afectará al manejo donde el piloto sentirá vibraciones y poca estabilidad.

## **2.2. Base Teórica**

### **2.2.1. Introducción**

El trabajo de investigación que se ha puesto en consideración se realizará en un vehículo tipo camioneta marca Chevrolet Silverado 1997, el cual cuenta con un sistema de suspensión de ballestas de eje rígido.

### **2.2.2. Estudio de las Características de la Suspensión**

García (2016), manifiesta que:

El sistema de suspensión que posee este vehículo es de eje rígido este se compone de un eje de una sola pieza rígida en cuyos extremos va instalada una rueda. Por lo tanto, esto conlleva a que todo el movimiento que afecta a una rueda se transmita a la otra.

También, indica García (2016) que:

La carrocería y los muelles (placas), las cuales están cuidadosamente distribuidas longitudinalmente de adelante hacia atrás con respecto al eje, son montadas en ambos lados del eje, con los muelles ajustados a la carrocería. Además, toda la fuerza que actúa en el eje es transmitida por los muelles o ballestas a la carrocería.

### **2.2.3. Tipos de Suspensión**

#### **2.2.3.1. Suspensión Delantera**

Para Maldonado (2018):

Las hojas de una ballesta parabólicas son más gruesas en el centro y se ahúsan hacia los extremos. La fricción entre las mismas es pequeña. Esto se debe a que las hojas están en contacto entre sí en el centro y en los extremos. La ballesta de las hojas parabólicas es un tipo de ballesta blanda y se utiliza para vehículos que transmitan en caminos de buenas condiciones.

#### **2.2.3.2. Suspensión Posterior**

Como indica Maldonado (2018):

El sistema que lleva instalado en la parte posterior de este vehículo es de ballestas convencionales, las cuales tiene una alta fricción interna debido al hecho que las hojas frotan una contra otra durante el movimiento de la suspensión. Esto significa que las ballestas convencionales se ponen muy rígidas. La rigidez de las ballestas está dada por su longitud, el espesor y la cantidad de hojas. Este tipo de ballestas se utiliza en los casos de transporte que circulan por malos caminos.

#### ***2.2.4. Ballestas***

Según Ramírez y Otero (2006):

Las ballestas están constituidas por un conjunto de hojas o láminas de acero especial para muelles (acero de un elevado contenido de carbono, entre el 0,85% y el 1,80%) unidas mediante unas abrazaderas que permiten el deslizamiento entre las hojas cuando estas se deformen por el peso vehículo.

#### ***2.2.5. Desventajas del Sistema de Suspensión de Ballestas Instalado Actualmente en el Vehículo***

Para García (2018) manifiesta: “Muchas son las razones que llevan a desear remplazar la suspensión original por otra mejor, estas razones son:”

##### *Inconfortable*

Según García (2018), “Al ser este sistema original, fue fabricado de hojas de resorte demasiado duras con el fin antiguamente de dar mayor duración y soportar el gran peso del vehículo”

##### *Rigidez*

Como manifiesta García (2018), “Las irregularidades del terreno se transmiten con gran intensidad a los pasajeros, que, al estar suspendidos en asientos de gran espesor, no sufran tanto el maltrato como el mismo chasis y carrocería del automóvil”

##### *Menor adherencia*

Como señala García (2018), “Producido por la rigidez de la ballesta. La inercia de la carrocería contribuye que la presión sobre la llanta que está en el interior de la curva sea mínima, produciéndose derrape en aceleraciones o frenado”

#### *Desgaste de las hojas*

Según García (2018), “Al tener contacto directo metal-metal, se produce desgaste por fricción, que lleva hasta la rotura de estas”

#### *Consumo de Combustible*

García (2018) manifiesta:

Al ser un vehículo de altura elevada, y al presentar este un área grande en su parante frontal, presenta una menor aerodinámica, lo que conlleva a que al circular a velocidades promedio el vehículo tienda a presentar una resistencia por el choque aerodinámico del viento, esto hace que el motor se esfuerce más y por ende consuma más combustible.

#### **2.2.6. Suspensión Neumática**

La suspensión de aire, que se ha utilizado durante muchos años en los vehículos pesados, está encontrando una creciente aplicación en vehículos de pasajeros debido a sus ventajas relacionadas con el sistema. En el caso de los vehículos de pasajeros, podemos diferenciar entre masas suspendidas con tren de transmisión, partes del tren de rodaje y las masas no suspendidas (las ruedas, los frenos, partes del tren de rodaje y los semiejes). (Iñiguez, 2013)

Como resultado del sistema de suspensión el vehículo forma una unidad oscilatoria con una frecuencia propia de la carrocería, determinada por las masas de muelles y el correspondiente sistema de suspensión. Antes de explicar cómo funciona la suspensión neumática, hay cosas importantes que se necesita saber. Lo primero es la

altura de marcha que es simplemente la distancia entre el chasis del vehículo y los ejes del vehículo en la conducción.

La altura de marcha se determina por la carrocería o el fabricante del chasis. El fabricante suministrará las medidas correctas y los puntos de medición en el chasis. Lo que esto significa es que el bastidor del vehículo se moverá hacia arriba o hacia abajo cuando se retire o se añada peso al vehículo. Aunque esto es cierto en cualquier suspensión ya sea de aire, de resorte o de barra de torsión permanecerán elevado o bajado cuando se quite o se añada peso.

Debido a las válvulas de control de altura, los vehículos con suspensiones de aire deben permanecer siempre a la altura de manejo. La altura de marcha de otras suspensiones cambia cuando se agrega o quita peso. Basta con llenar el tanque de combustible para que aumente considerablemente el peso del vehículo.

Un cambio más sutil en peso puede ser causado por el movimiento del vehículo. Cuando un vehículo se inclina, la suspensión 44 transfiere el peso de un lado o extremo al otro, esto añade o elimina peso de diferentes puntos de la suspensión, la compresibilidad del aire permite que el vehículo se mueva hacia arriba o hacia abajo en el bastidor con el peso que se desplaza sin añadir ni quitar el aire de las bolsas.

El vehículo está soportado en el bastidor con una disposición de bolsas de aire. El sistema de aire del vehículo, el compresor de aire, tanques, líneas, etc. Suministran aire a las válvulas de control de altura montadas en la parte trasera del vehículo. Las válvulas de control de altura están conectadas a las bolsas de aire con una línea de aire. Cuando se añade peso al vehículo o se transfiere peso a través de la suspensión del vehículo, el aire en las bolsas se comprime y se mueve más cerca del eje. A medida que la vinculación se mueve hacia arriba, las válvulas se conectan al suministro de aire y a las bolsas de aire. La presión y el volumen añadido inflan las bolsas de aire, haciendo

que la bolsa de aire se aleje del eje. A medida que el marco se mueve hacia atrás a la altura de manejo se mantiene, la vinculación se mueve a la posición de punto muerto. Esto mueve la válvula del suministro de aire y se bloquea el aire en las bolsas para mantener la altura de marcha apropiada. (Iñiguez, 2013)

Cuando el peso se retira del vehículo o la suspensión dirige el peso, la presión existente en las bolsas de aire puede aumentar el marco de distancia del eje. Como se descarga el aire de las bolsas, el marco se reduce de nuevo hacia abajo, a medida que la vinculación se mueve hacia arriba a la posición neutral, el aire se bloquea de nuevo en las bolsas de aire y se mantiene la altura de marcha apropiada.

### ***2.2.7. Ventajas de la Suspensión Neumática***

Una de las principales ventajas de instalar una suspensión neumática (Figura 2), en tu automóvil es la comodidad y confort en carretera. Es por eso que hoy en día numerosos fabricantes de lujo recurren a la suspensión neumática para eliminar los amortiguadores tradicionales permitiendo una conducción más placentera.

Además, los cojines hinchables se ajustan al compresor para funcionar como un muelle, aunque no se produce el contacto mecánico directo y esto se traduce en un menor desgaste de la mecánica. Eso sí, cualquier reparación por pequeña que sea no será precisamente barata. Gracias a su ajuste sensible a la velocidad y la carga podremos ahorrar en combustible y mejorar las prestaciones del vehículo.

Otro de los beneficios que podemos encontrar en este tipo de sistemas es la flexibilidad para poder afrontar cualquier tipo de situación o terreno. Si deseamos la máxima comodidad para realizar un largo viaje es tan fácil como elevar la altura del vehículo para evitar cualquier tipo de vibración o sonido. Tampoco podemos olvidar que una suspensión neumática nos permite conseguir una mejor estabilidad en curvas al evitar el balanceo de la carrocería cuando viramos.

Una gran ventaja es la mejora a la vida de los neumáticos ya que una suspensión más efectiva significa menos vibración que tiene que ser soportada por el neumático y esto conduce a un mejor desgaste del neumático. Algunas suspensiones neumáticas pueden levantar ejes no utilizados, mejorando aún más la vida útil de los neumáticos.

La reducción en el consumo de combustible también es una ventaja de este sistema ya que algunos sistemas de suspensión neumática pueden optimizar la altura de la suspensión en función de la velocidad del camión y de si está cargado o vacío. Los camiones sin carga generalmente se sientan más alto porque hay menos peso empujando la suspensión hacia abajo, pero esto es malo para la resistencia al viento. Una menor altura de marcha significa una mejor aerodinámica, ya que reduce la resistencia al viento.

Debido a que la suspensión se adapta mejor a la superficie de la carretera, se pueden conseguir mayores velocidades en las curvas, lo que supone un ahorro de tiempo en las rutas con muchas curvas. Los beneficios del combustible se compensan con una pequeña cantidad de combustible adicional que se utiliza para hacer funcionar el compresor de suspensión neumática cuando es necesario. Más versátil en ciertos tipos de terreno. (MundoMotor, 2020)

**Figura 2**  
*Suspensión Neumática*



### **2.2.8 Las Desventajas de la Suspensión Neumática**

Uno de los mayores inconvenientes que podemos encontrar antes en una suspensión neumática es una instalación compleja e invasiva. Esto suponía un gasto elevado de tiempo y dinero, pero ahora las cosas han cambiado ya que actualmente la mayoría de kits de suspensión son ‘atornillables’, sin la necesidad de cortes o perforaciones desagradables.

Aun así, se tendrá que llevar a cabo una completa instalación para montar el compresor, el colector y el tanque de aire, además de lidiar con todo el espacio de arranque que se perderá con esta instalación. Seguramente se necesitará un tanque de gran tamaño, al menos si se quiere que la operación sea rápida y deberá tener en cuenta todo el peso añadido que supondrá esta nueva suspensión, lo que puede hacer el auto demasiado pesado.

La mano de obra es otro de las principales desventajas, y es que instalar una suspensión neumática no es un proceso precisamente barato, además, cualquier reparación por pequeña que sea tendrá un coste elevado de sus componentes. En general la fiabilidad de una suspensión de este tipo es menor que otras más tradicionales, ya que se trata de un sistema más complejo que cuenta con gran número de componentes. (García, 2018)

### **2.2.9. Componentes de la Suspensión Neumática**

El sistema comprende:

Un amortiguador de aire de goma: Los actuadores de aire están hechos de fuelles de caucho reforzado con tela complementado con partes metálicas que crean un cerramiento hermético que evita las fugas de aire. El uso de materiales de primera y técnicas modernas de construcción, cumplen con los requerimientos de seguridad exigidos por la industria (Figura 3).



**Figura 3**  
*Bolsas Amortiguadoras de Aire*



Compresor de aire. El compresor impulsa el aire a presión a un fuelle flexible que levanta así el chasis del eje hasta la altura deseada (Figura 4).

**Figura 4**  
*Compresor Neumático*



Tanque de almacenamiento: Recipiente utilizado para recaudar el aire comprimido utilizado para accionar la suspensión neumática, este debe ser hecho de materiales de alta calidad ya que trabajan con sistemas de altas presiones (Figura 5).

**Figura 5**  
*Tanque de Almacenamiento de Aire*



Cuerpo de Válvulas: Dirige el aire desde el tanque de almacenamiento hasta los cuatro fuelles de aire a través de una serie de solenoides, válvulas y muchos anillos tóricos. (Figura 6)

**Figura 6**  
*Cuerpo de Válvulas*



Ordenador ECAS: Se comunica con el ordenador principal del coche, el BeCM, y decide dónde dirigir la presión atmosférica, dando al usuario una libertad de elegir la altura del vehículo dependiendo del uso que vaya a darle al mismo. (Figura 7)

**Figura 7**  
*Ordenador ECAS*



Tubos de Aire: Canalizan el aire a través del sistema (principalmente desde el tanque de almacenamiento hasta los amortiguadores de aire a través del bloque de válvulas), manteniendo una alta presión para el correcto funcionamiento del sistema de suspensión neumática. (Figura 8)

**Figura 8**  
*Tubería de Aire*



## ***2.2.10. Tipos de Suspensión Neumática***

### **2.2.10.1. Suspensión Neumática Doble**

Este tipo de suspensiones se utilizan principalmente en automóviles con suspensión delantera. Estos sistemas de suspensión pueden soportar más peso en comparación con otras suspensiones y, por lo tanto, se utilizan generalmente en

vehículos pesados. La suspensión se llama así porque las dos bolsas de aire están conectadas por una carrera corta y el diseño se parece a un reloj de arena. (Figura 9)

**Figura 9**

*Suspensión Neumática Doble*



#### 2.2.10.2. Suspensión Neumática de Manga Cónica

Las suspensiones neumáticas de manga cónica se utilizan en vehículos que tienen una suspensión trasera y requieren una conducción más suave, como los automóviles de lujo. Estos sistemas son cónicos y proporcionan un mayor ajuste en la altura de la suspensión. (Figura 10)

**Figura 10**

*Suspensión Neumática de Manga Cónica*



### 2.2.10.3. Suspensión Neumática de Camisa Rodante

Estos tipos de sistemas de suspensión neumática se utilizan en vehículos con suspensión trasera. Se emplean en automóviles que requieren un manejo más fino, como los automóviles deportivos. (Figura 11)

**Figura 11**

*Suspensión Neumática de Camisa Rodante*



## Capítulo III

### Metodología Aplicada

#### 3.1. Métodos

##### 3.1.1. Método Observativo

Con este método podremos ver la problemática que presentan los vehículos tipo camioneta, con respecto al consumo de combustible según su altura.

##### 3.1.2. Método Analítico

Se efectuará la comprobación de la problemática presentada por la altura en un vehículo tipo camioneta. Se realizará una comparación de resultados, mediante pruebas de consumo de combustible con la ayuda de un MEDIDOR ELECTRÓNICO DE FLUJO y un scanner automotriz LAUNCH CRP123, comparando el consumo que el vehículo presenta con su altura estándar, su máxima altura y la mínima altura de suspensión, cabe recalcar que las pruebas se realizarán bajo las mismas condiciones de manejo, distancia y terreno en una ruta previamente determinada. A continuación, se detallará las diferentes pruebas a realizarse:

#### 3.2. Pruebas

Se realizará tres diferentes pruebas según un mismo protocolo de manejo, basándonos en tiempo y velocidades. (Figura 12)

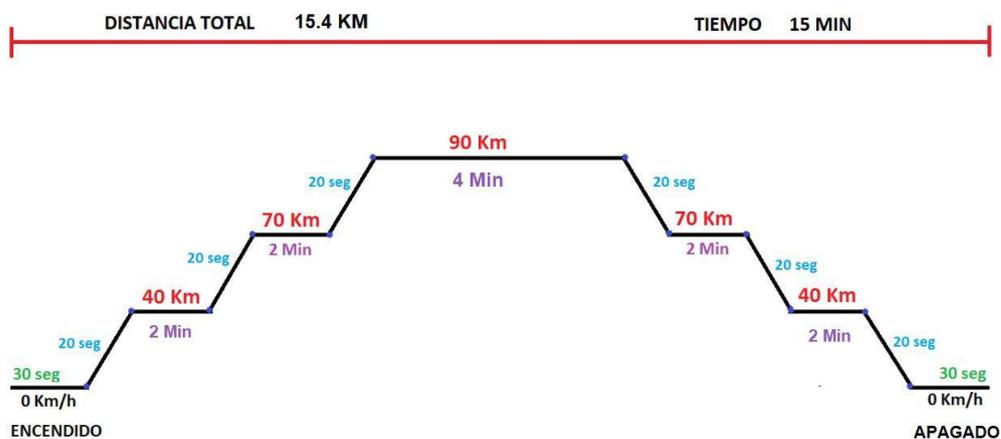
##### 3.2.1. Protocolo de Manejo

- Se enciende el vehículo, nos mantenemos con el vehículo en ralentí sin movimiento por 30s.
- Se pone en marcha de 0 a 40km/h vamos a tomar 20s para realizar este cambio de velocidad.
- Se mantiene en 40km/h durante 2 minutos (120s).
- Se realiza el cambio de velocidad de 40km/h a 70km/h esto durante 20s.

- Se mantiene la velocidad de 70km/h durante 2 minutos (120s).
- Se realiza un aumento de velocidad de 70km/h a 90km/h el cambio de velocidad se ejecuta en un tiempo de 20s.
- Se mantiene la velocidad de 90km/h durante 4 minutos (240s).
- Se reduce la velocidad de 90km/h a 70km/h esto durante 20s.
- Se mantiene una velocidad de 70km/h durante 2 minutos (150s).
- Se reduce la velocidad de 70km/h a 40km/h, esto durante 20s.
- Se mantiene velocidad de 40km/h durante 2 minutos (120s).
- Se reduce la velocidad a 0 desde 40km/h esto durante 20s.
- Se detiene la marcha del vehículo por completo lo mantenemos encendido durante 30s y se procede a apagar el vehículo.

**Figura 12**

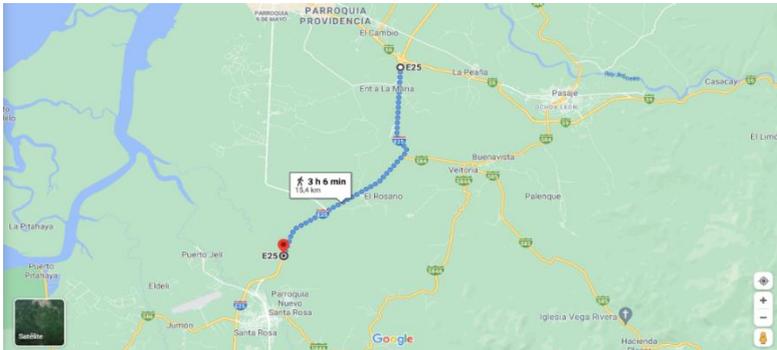
*Croquis de la Distancia y Tiempo de Recorrido*



### 3.2.2. Procedimiento

**Figura 13**

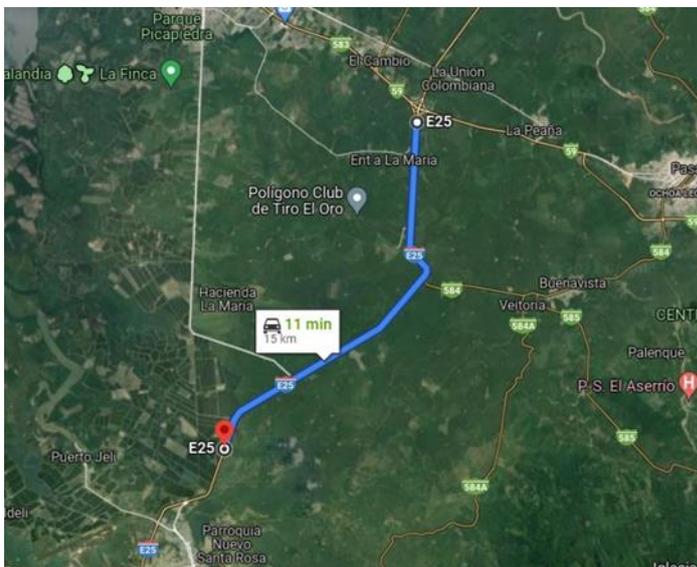
*Ruta de Ensayo Carretera E25*



Se realizó 5 pruebas en cada condición y se obtuvo un promedio equivalente que será comparado, las pruebas se realizarán en una distancia de 15.4 km y un tiempo de 15 minutos según protocolo de manejo antes mencionado, basado en tiempo y velocidad recorrida, serán realizadas en tres diferentes condiciones (suspensión estándar, suspensión elevada al máximo y suspensión al mínimo de su altura) Las pruebas se realizaran en una ruta previamente determinada , Avenida E25 Troncal de la Costa, salida a 100 metros del empalme de salida del distribuidor de tráfico que divide a la Av. E25 de la Av. E29 Machala, El Oro. (Figura 13 y 14)

**Figura 14**

*Mapa Satelital Ruta de Ensayo E25. Extraída de GoogleMaps*



### 3.2.3. Método Experimental

El método experimental consistirá en las pruebas que se realizarán a un vehículo tipo camioneta a través de diferentes alturas de suspensión de acuerdo con el rango de revoluciones o ángulo de apertura del cuerpo de aceleración.

Estas pruebas se repetirán cada una cinco veces para obtener diferentes resultados y realizar una comparación mediante cuadros estadísticos y determinar el porcentaje de consumo de acuerdo con las pruebas realizadas.

#### 3.2.3.1. Pruebas Suspensión Original

Los resultados del consumo de combustible en la suspensión original del vehículo se realizaron ajustando la altura de la suspensión es así como a continuación se muestran las medidas en este experimento. (Figura 15)

**Figura 15**

*Vehículo con Suspensión y Altura Original*



#### **Puntos de Medición:**

1. Medición del suelo a lateral (Parte Posterior /P1) = **39.5cm**

- |  |               |
|--|---------------|
| 2. Medición de la llanta a guardafangos (Posterior / P2) = | <b>16.5cm</b> |
| 3. Medición del suelo a lateral (Centro / P3) =            | <b>30cm</b>   |
| 4. Medición de la llanta a guardafangos (Delantero / P4) = | <b>16cm</b>   |
| 5. Medición del suelo al parachoques (Delantero / P5) =    | <b>36.5cm</b> |

Todas las medidas fueron tomadas en un punto de referencia específico en el cual se realizarán toda la toma de medida.

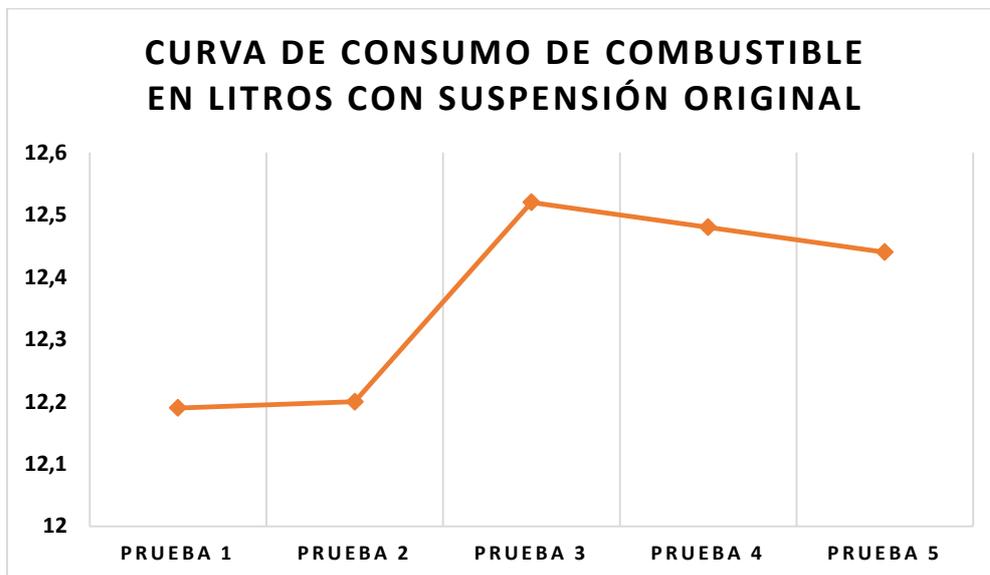
Se realizaron 5 diferentes pruebas en las cuales se obtuvo los siguientes resultados, se coloca en tabla tiempo del cronometraje realizado en las pruebas según el ciclo de manejo y fotografías del medidor de flujo con el consumo en litros obtenido por prueba. (Figura 16)

**Figura 16**  
Cuadro de Resultados de Pruebas con Suspensión Original

CICLO DE MANEJO	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	PRUEBA 5
TIEMPO CON MOTOR EN RALENTÍ LUEGO DEL ENCENDIDO DE MOTOR	00:30.3	00:30.1	00:30.3	00:30.0	00:29.9
AUMENTO DE VELOCIDAD DE 0 A 40KM/H	00:20.0	00:20.1	00:20.0	00:19.9	00:30.0
VELOCIDAD CONSTANTE DE 40KM/H	02:00.1	02:00.0	02:00.0	02:00.3	01:50.0
AUMENTO DE VELOCIDAD DE 40KM/H A 70KM/H	00:20.5	00:20.0	00:20.1	00:21.1	00:20.2
VELOCIDAD CONSTANTE DE 70KM/H	02:00.3	02:00.1	02:00.0	02:00.1	02:00.2
AUMENTO DE VELOCIDAD DE 70KM/H A 90KM/H	00:20.5	00:20.2	00:20.0	00:20.3	00:20.2
VELOCIDAD CONSTANTE DE 90KM/H	04:00.2	04:00.1	04:00.1	04:00.2	04:00.2
DISMINUCION DE VELOCIDAD DE 90KM/H A 70KM/H	00:20.4	00:20.1	00:20.1	00:20.8	00:20.0
VELOCIDAD CONSTANTE DE 70KM/H	02:00.1	02:00.1	02:00.3	02:00.2	02:00.2
DISMINUCION DE VELOCIDAD DE 70KM/H A 40KM/H	00:20.3	00:20.1	00:20.0	00:20.3	00:20.2
VELOCIDAD CONSTANTE DE 40KM/H	02:00.5	02:00.2	02:00.1	02:00.7	02:00.2
DISMINUCION DE VELOCIDAD DE 40KM/H A 0 KM/H	00:20.4	00:20.3	00:20.1	00:20.1	00:20.1
TIEMPO TRANSCURRIDO EN RALENTÍ ANTES DE APAGADO DE MOTOR	00:30.3	00:30.2	00:30.1	00:30.1	00:30.3

**Figura17**

*Curva de Consumo de Combustible en Litros con Suspensión Original*



### 3.3. Tipo de Estudio

#### 3.3.1. Investigación Exploratoria

Se realizará un estudio para resolver los problemas que se plantearon en la hipótesis para luego ser resueltos mediante las soluciones dadas sobre las comprobaciones de consumo de combustible según la altura.

#### 3.3.2. Investigación Aplicada

Mediante esta se puede poner en práctica las implementaciones de los nuevos sistemas de suspensión, que nos permitan variar la altura del vehículo donde daremos a conocer los factores a favor o en contra, en cuanto a consumo de combustible ante una variación de altura en este tipo de vehículos.

### 3.4. Desmontaje de Suspensión Original

Proceso de desmontaje de suspensión original.

### 3.5. Instalación de Suspensión Neumática Regulable Paso a Paso

Para el desarrollo del proyecto se utilizó un sistema de suspensión neumático de altura regulable que está compuesto por los siguientes componentes:

- 4 BOLSAS DE AIRE MARCA AIR MAX DE 700KG C/U, esto para poder soportar el peso del vehículo tipo camioneta. (Figura 18)

**Figura 18**

*Bolsas de Aire Airmax*



- 1 TANQUE DE 9 LITROS, (Figura 19), Este tanque es quien almacena la presión de aire, para suministrarlo a través de las mangueras a todas las bolsas de aire, colocadas sustituyendo la suspensión o amortiguadores originales. La capacidad de este tanque fue escogida para poder así alimentar a las bolas de 700KG, de manera más rápida y continua. (Datos técnicos adicionales se podrán encontrar en la paginas 31,21).

**Figura 19**  
*Tanque de 9 litros*



- *APROXIMADAMENTE 12 METROS DE MANGUERA PARA USO DE SISTEMAS NEUMATICOS DE 10MM*, (Figura 20), se utilizó una manguera con este diámetro para permitir la alimentación de todo el sistema neumático entre sí.
- Se selecciono este tipo de manguera debido a que la presión en el sistema va a ser alta y necesitamos que el flujo de aire sea mayor. (Datos técnicos adicionales se podrán encontrar en la paginas 31,21).

**Figura 20**  
*Manguera Neumática de 10mm*



- *2 COMPRESORES DE 400 CFM MARCA HKI*, (Figura 21 y 22) la selección de los compresores va de la mano con el sistema que se debe

alimentar, al haber seleccionado un tanque de capacidad de 9 litros necesitamos abastecer de la manera más rápida posible a este tanque, para que este pueda enviar la presión al resto del sistema, la idea de usar 2 compresores de 400 CFM (Pies cúbicos por minuto), se da con el fin de mantener el sistema siempre cargado, para así poder variar la altura de la suspensión las veces que deseemos sin tener que esperar momentos prolongados para que estos carguen al sistema. (Datos técnicos adicionales se podrán encontrar en la paginas 31,21).

**Figura 21**

*Compresor Neumático HKI 400 CF*



**Figura 22**

*Compresores HKI 400 CFM, Instalados*



- *1 MODULO Y CONTROL DE VALVULAS MARCA HKI*, (Figura 23), quien va a permitir la descarga de las bolsas, para variar la altura del vehículo, por medio de unas electroválvulas que como su nombre lo dice son accionadas electrónicamente por el módulo, el cual recibe una señal desde un control de mando inalámbrico o a su vez por una aplicación de la marca HKI descargada en un teléfono celular mediante una conexión vía bluetooth. Internamente este cuerpo de válvulas trabaja con una válvula de tipo cilindro, un pistón y un resorte, que son los encargados de dar paso o sellar permitiendo así la salida de aire o retener el mismo dentro del sistema de bolsas de aire para que no varíe la altura de la suspensión el accionamiento del mismo es electrónico este cuerpo de válvulas cuenta con 8 válvulas, y está alimentado por un terminal positivo y uno negativo. (Datos técnicos adicionales se podrán encontrar en la paginas 31,21).

**Figura 23**

*Cuerpo de Válvulas del Sistema Neumático Marca HKI*

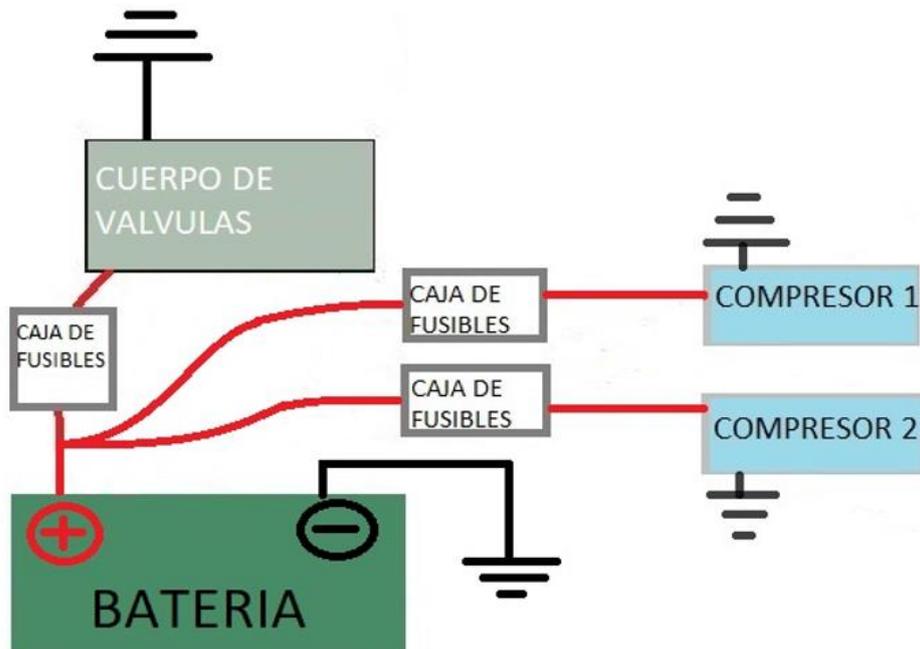


- *CABLEADO PARA CONEXIÓN DE MODULO N.8*, (Figura 24 y 25), utilizamos un cableado independiente para cada compresor accionado por un relé, el resto del cableado es quien alimenta con positivo y negativo al módulo y cuerpo de válvulas, por 2 bobinas de relé, adicional como parte del sistema eléctrico tenemos una válvula check o un trompo de presión colocado en el tanque de 9 litros, para que este comunique a los compresores cuando el tanque

necesite carga. (Datos técnicos adicionales se podrán encontrar en la paginas 31,21).

**Figura 24**

Cableado de Alimentación de Cuerpo de Válvulas

**Figura 25***Diagrama Eléctrico Dispositivos Eléctricos de la Suspensión Neumática*

### 3.6. Datos Adicionales

En un vehículo tipo sedán o auto se utilizaría normalmente unas bolsas de 500KG por lado con tanques de 3 a 4 litros debido a que no existe un peso excesivo en los mismos y por ende los compresores cargarían más rápido para este tipo de vehículos

por el flujo y presión de aire necesaria se suele utilizar una manguera de 8mm, se utiliza solo 1 compresor de 400CFM de igual manera, debido a que el sistema que este alimenta es un sistema de menor capacidad, la selección de estos sistemas van de acuerdo al peso que van a sostener las bolsas de aire.

### **3.7. Mantenimiento Preventivo**

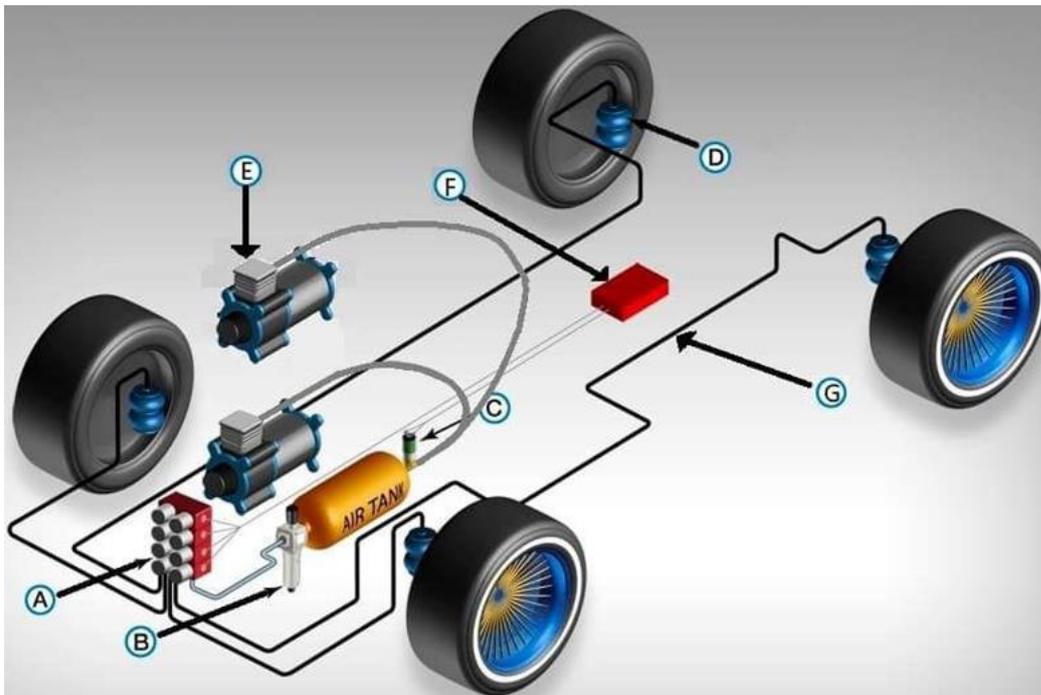
- Este es un sistema cerrado, el cual debe mantenerse con una alta estanqueidad o sellado, para que así no tengamos pérdida de presión de aire o sobre calentamiento en los compresores por un excesivo trabajo. Sin embargo, al ser un sistema neumático, está expuesto a la acumulación de agua en el interior, por ende, se recomienda realizar un mantenimiento cada 6 meses en el que debemos desmontar el tanque y limpiarlo por acumulación de agua, de igual manera este tanque cuenta con una válvula de purga por la que se recomienda eliminar el exceso de agua cada 1 o 2 semanas dependiendo del uso del sistema de variación de altura.

### **3.8. Datos Técnicos**

- Compresores del sistema neumático consumen de 15 a 20 amperios de corriente, la misma que esta suministrada directamente de la batería del vehículo. El mismo está protegido por 3 fusibles de 30 amperios encargados de proteger al sistema en caso de sobre cargas.
- 1 era carga normal consume 10 AMPERIOS.
- 2da carga consume 15 AMPERIOS
- 3era y 4ta carga consumen 20 AMPERIOS.
- Suspensión neumática de altura regulable nos permite variar la altura 10 pulgadas, entre 20 – 25 cm.
- Compresor trabaja a 700 u 800 rpm.

- Carga de compresores desde 0 tarda 45 minutos aproximadamente para llenar la capacidad del tanque de 9 litros.
- Segunda Carga luego de haber variado la altura del vehículo en un par de ocasiones tardara de 5 a 10 minutos.
- Las modificaciones que se deba realizar en el vehículo.

**Figura 26**  
*Diagrama Neumático*



- A. Cuerpo de Válvulas Electrónico
- B. Filtro Secante con Purga
- C. Válvula Check
- D. Bolsa de Aire
- E. Compresor Electrónico
- F. Módulo Electrónico de Cuerpo de Válvulas
- G. Mangueras Flexibles

### 3.9. Inicio del Proceso

Se realiza el desmontaje de la suspensión original del vehículo

Se procede inicialmente con la distribución y cruce de mangueras por la carrocería del vehículo, para esto se realizó el desmontaje de componentes internos (asientos, alfombra y tapizado de piso. Para poder direccionar las mangueras desde el cuerpo de válvulas hasta la ubicación donde se alojarán las bolsas de aire se realizó diferentes perforaciones a la carrocería. (Figura 27, 28, 29 y 30)

**Figura 27**

*Distribución de Mangueras de Aire en el Habitáculo*



**Figura 28**

*Perforación de Orificios para Cruce de Mangueras en Piso de Cabina*



**Figura 29**

*Cruce de Mangueras Desde el Interior de la Cabina con Protección*

**Figura 30**

*Cruce de Mangueras en el Exterior por Travesaños de Chasis*



Para evitar que las mangueras de aire se perforen o estén expuestas a contacto con otros componentes, se direcciona las mismas de manera interna por travesaños de chasis, y subchasis, dejando visibles solamente la manguera que va directamente conectada a la bolsa de aire. (Figura 31)

**Figura 31***Montaje de Bolsa de Aire de Suspensión Neumática de Altura Regulable*

Procedemos embancando la camioneta para realizar el desmontaje de la suspensión delantera, la cual es una suspensión tipo McPherson de tipo independiente.

El desmontaje se realiza de manera normal, se retiró llantas delanteras.

Se realiza desmontaje y despiece de terminales de barra estabilizadora, esto para tener más accesibilidad, se retira la mesa de suspensión superior, permitiéndonos esto desmontar la suspensión original, y reemplazarla por una bolsa de aire, la cual cumplirá la función que cumplía anteriormente el amortiguador de tipo McPherson.

Además de permitirnos variar la altura del vehículo.

Para ensamblar esta bolsa de aire, no fue necesario realizar variaciones en los anclajes de suspensión, debido a que las bases de esta se acoplan perfectamente tanto en carrocería como en mesas de suspensión. (Figura 32)

**Figura 32**  
*Bolsa de Aire Airmax Instalada*



Una vez realizado el desmontaje de suspensión original y ensamblaje de las bolsas de aire de suspensión neumática de altura regulable delantera LH Y RH, procedemos a realizar el desmontaje de la suspensión posterior, este vehículo cuenta con una suspensión posterior de ballestas y amortiguadores de tipo telescopio, estos amortiguadores son los encargados de absorber las irregularidades de la carretera, y los muelles o ballestas son quienes sostienen el peso de la unidad como tal, se realiza el desmontaje de los amortiguadores de tipo telescopio de manera normal, retirando sus pernos de anclaje, al retirar los amortiguadores podemos observar que las ballestas siguen manteniendo el peso del vehículo y no permiten que este baje en su totalidad, por lo que es necesario retirar 4 hojas o muelles de suspensión dejando solo 1 que pueda ayudar a las bolsas de aire a mantener el peso del vehículo, para esto procedemos a desmontar muelles y retirar las 4 hojas necesarias. (Figura 33 y 34)

**Figura 33**  
*Desmontaje de Ruedas Posteriores*



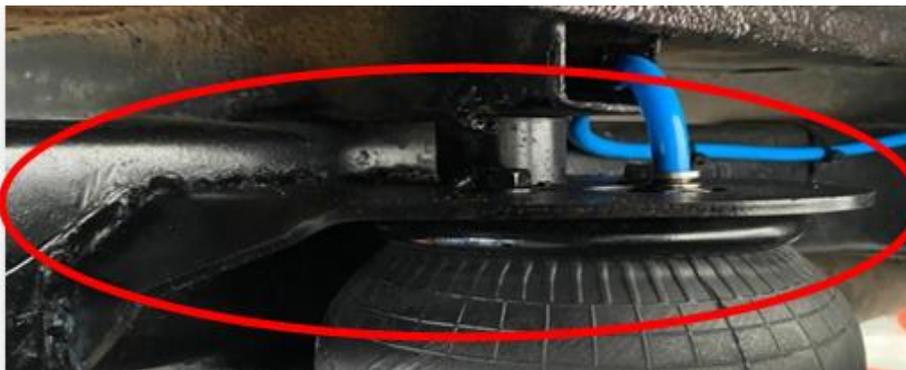
**Figura 34**  
*Montaje de Muelle de Suspensión Posterior Modificado*



Para la instalación de las bolsas de aire, en la parte posterior, es necesario fabricar bases de sujeción o de anclaje de las mismas, estas bases se fabricaron con platinas de acero reforzado de 8mm, soldadas en la misma posición en la que estaban

colocadas las bases originales del vehículo utilizando suelda eléctrica. No hubo variación en las medidas de las bases colocadas, la variación se presenta en los orificios de anclaje para las bolsas de aire, tanto en la parte superior como la parte inferior que se acopla a los muelles. (Figura 35)

**Figura 35**  
*Bases de Suspensión Posterior Instaladas*



Una vez realizada la suelda y fijación de las nuevas bases de suspensión posterior procedemos a realizar la instalación de las bolsas de aire. (Figura 36 y 37)

**Figura 36**  
*Acople de Bolsa de Aire en Base de Suspensión Superior*



**Figura 37**  
*Acople de Bolsa de Aire en Base de Suspensión Inferior*



Una vez montadas las bolsas de aire en los 4 puntos (Delantero LH Y RH, posterior LH Y RH), procedemos con la instalación eléctrica del módulo y cuerpo de válvulas. La alimentación de este módulo es directa con la batería, dirigimos cableado desde el positivo de batería hacia el positivo del módulo y hacia cada compresor de manera independiente, en esta línea se colocaron 3 fusibles de 30 amperios, uno para proteger al módulo y una para cada compresor, lo cual nos ayudara a proteger el sistema de sobre cargas de corriente.

El módulo por seguridad se colocó en la parte interna central de la cabina del vehículo, y los compresores en la parte posterior, dentro del balde en conjunto con el tanque de 9 litros, esto para evitar tener presencia de contaminación auditiva dentro del habitáculo por el encendido y trabajo de los compresores. (Figura 38 y 39)

**Figura 38**  
*Conexión Cuerpo de Válvulas*



**Figura 39**  
*Compresores y Tanque de 9 Litros*



Compresores y tanque de 9 litros fueron instalados en la parte posterior del vehículo dentro del balde, por medio de pernos de sujeción o anclaje de los mismos, que nos permiten mantener fijos estos componentes, se realizó orificios para el cruce de estos pernos de sujeción y también para el cableado de alimentación de corriente de los mismos y el cableado que conecta a la válvula check del tanque de 9 litros.

### **3.6. Vehículo con Suspensión Neumática de Altura Regulable ya Instalada**

Se puede observar la Figura 40.

**Figura 40**

*Vehículo con Suspensión Neumática Instalada y Colocada a su Mínima Altura*



### 3.7. Pruebas con Suspensión Neumática de Altura Regulable

#### 3.7.1. Pruebas con Suspensión Elevada

Los resultados del consumo de combustible en la suspensión neumática con altura máxima del vehículo se realizaron ajustando la altura de la suspensión al máximo, es así que a continuación se muestran las medidas en este experimento. (Figura 41)

#### 3.7.2. Puntos de medición:

**Figura 41**

*Vehículo con Suspensión en su Máxima Altura*

**P1****P2****P3****P4****P5**

1. Medición del suelo a lateral (Parte Posterior /P1) = **48cm**
2. Medición de la llanta a guardafangos (Posterior / P2) = **21cm**

3. Medición del suelo a lateral (Centro / P3) = **41cm**
4. Medición de la llanta a guardafangos (Delantero / P4) = **19cm**
5. Medición del suelo al parachoques (Delantero / P5) = **39.5cm**

Todas las medidas fueron tomadas en un punto de referencia específico en el cual se realizarán toda la toma de medidas.

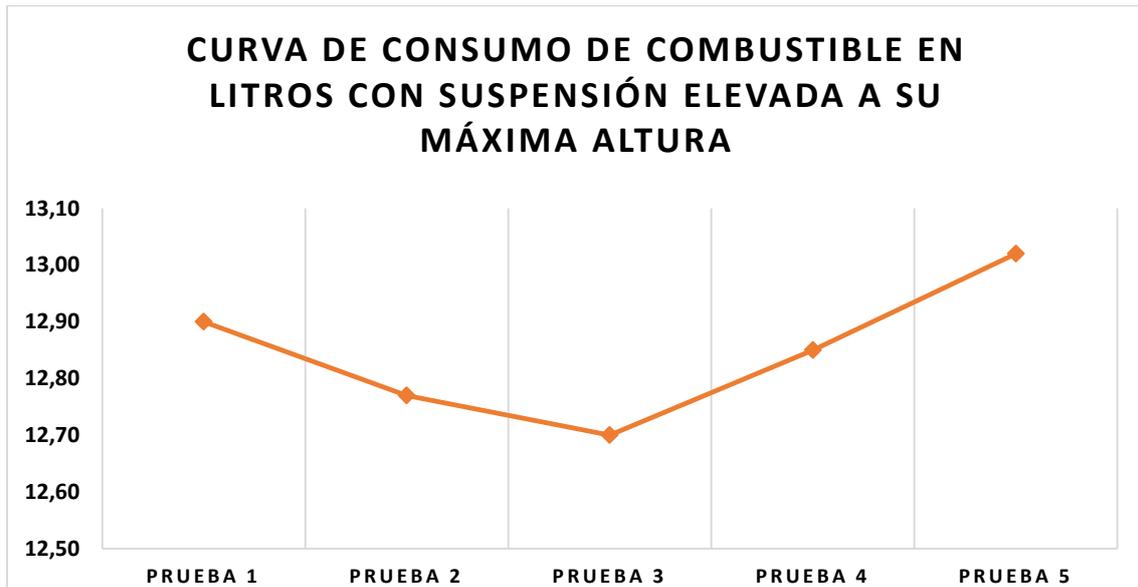
Se realizaron 5 diferentes pruebas en las cuales se obtuvo los siguientes resultados, se coloca en tabla tiempo del cronometraje realizado en las pruebas según el ciclo de manejo y fotografías del medidor de flujo con el consumo en litros obtenido por prueba (Figura 42).

**Figura 42**  
Cuadro de Resultados de Pruebas con Suspensión Elevada en su Máxima Altura

CICLO DE MANEJO	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	PRUEBA 5
TIEMPO CON MOTOR EN RALENTÍ LUEGO DEL ENCENDIDO DE MOTOR	00:30.2	00:30.1	00:30.2	00:30.3	00:29.9
AUMENTO DE VELOCIDAD DE 0 A 40KM/H	00:20.1	00:20.1	00:20.0	00:21.0	00:30.0
VELOCIDAD CONSTANTE DE 40KM/H	02:00.1	02:00.1	02:00.3	02:00.1	01:50.0
AUMENTO DE VELOCIDAD DE 40KM/H A 70KM/H	00:20.1	00:19.9	00:20.2	00:20.1	00:20.2
VELOCIDAD CONSTANTE DE 70KM/H	02:00.2	02:00.3	02:00.1	02:00.2	02:00.2
AUMENTO DE VELOCIDAD DE 70KM/H A 90KM/H	00:20.0	00:19.9	00:20.3	00:20.3	00:20.2
VELOCIDAD CONSTANTE DE 90KM/H	04:00.2	04:00.2	04:00.0	04:00.2	04:00.2
DISMINUCION DE VELOCIDAD DE 90KM/H A 70KM/H	00:20.1	00:20.0	00:20.4	00:20.3	00:20.0
VELOCIDAD CONSTANTE DE 70KM/H	02:00.4	02:00.2	02:00.2	02:00.2	02:00.2
DISMINUCION DE VELOCIDAD DE 70KM/H A 40KM/H	00:20.3	00:20.0	00:20.1	00:20.2	00:20.2
VELOCIDAD CONSTANTE DE 40KM/H	02:00.3	02:00.2	02:00.3	02:00.2	02:00.2
DISMINUCION DE VELOCIDAD DE 40KM/H A 0 KM/H	00:20.2	00:20.2	00:20.0	00:20.4	00:20.1
TIEMPO TRANSCURRIDO EN RALENTI ANTES DE APAGADO DE MOTOR	00:30.1	00:30.1	00:30.2	00:30.3	00:30.3

**Figura 43**

*Curva de Consumo de Combustible en Litros con Suspensión Elevada en su Máxima Altura*



### 3.8. Pruebas con Suspensión Abajo en su Mínima Altura

Los resultados del consumo de combustible en la suspensión neumática con altura mínima del vehículo se realizaron ajustando la altura de la suspensión al mínimo, es así como a continuación se muestran las medidas en este experimento. (Figura 44)

#### Puntos de medición:

**Figura 44**

*Vehículo con Suspensión en su Mínima Altura.*



1. Medición del suelo a lateral (Parte Posterior /P1) = **32cm**

2. Medición de la llanta a guardafangos (Posterior / P2) = **6.5cm**
3. Medición del suelo a lateral (Centro / P3) = **26cm**
4. Medición de la llanta a guardafangos (Delantero / P4) = **5.5cm**
5. Medición del suelo al parachoques (Delantero / P5) = **25cm**

Todas las medidas fueron tomadas en un punto de referencia específico en el cual se realizarán toda la toma de medidas.

Se realizaron 5 diferentes pruebas en las cuales se obtuvo los siguientes resultados, se coloca en tabla tiempo del cronometraje realizado en las pruebas según el ciclo de manejo y fotografías del medidor de flujo con el consumo en litros obtenido por prueba (Figura 45 y Figura 46).

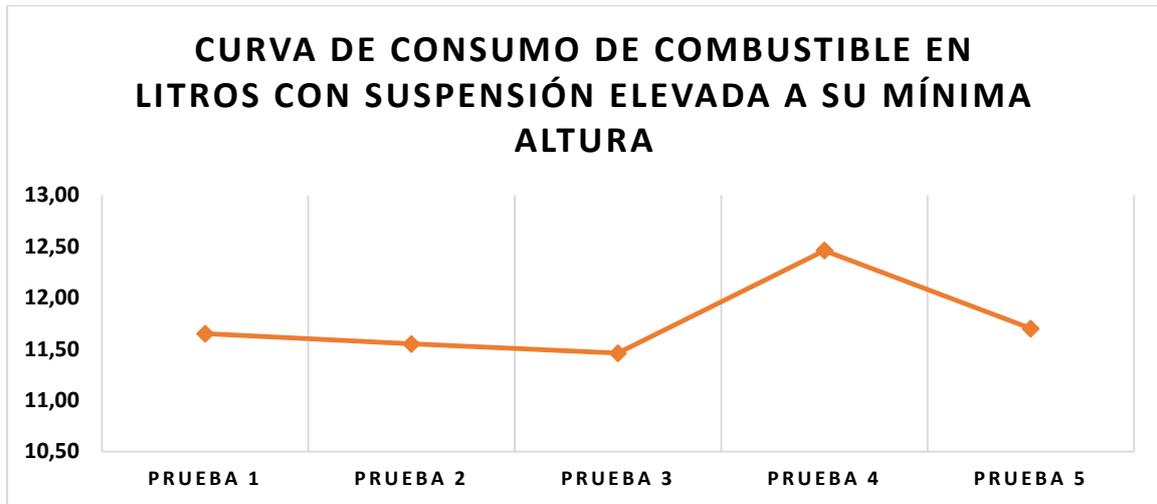
Figura 45

Cuadro de Resultados de Pruebas con Suspensión Elevada en su Mínima Altura

CICLO DE MANEJO	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	PRUEBA 5
TIEMPO CON MOTOR EN RALENTÍ LUEGO DEL ENCENDIDO DE MOTOR	00:30.0	00:30.0	00:30.0	00:29.9	00:30.1
AUMENTO DE VELOCIDAD DE 0 A 40KM/H	00:20.2	00:20.2	00:19.9	00:20.0	00:20.1
VELOCIDAD CONSTANTE DE 40KM/H	02:00.0	02:00.1	02:00.1	02:00.0	02:00.2
AUMENTO DE VELOCIDAD DE 40KM/H A 70KM/H	00:20.0	00:20.1	00:20.1	00:20.1	00:20.2
VELOCIDAD CONSTANTE DE 70KM/H	02:00.1	02:00.2	02:00.1	02:00.1	02:00.1
AUMENTO DE VELOCIDAD DE 70KM/H A 90KM/H	00:20.0	00:20.0	00:20.1	00:20.2	00:20.6
VELOCIDAD CONSTANTE DE 90KM/H	04:00.1	04:00.3	04:00.2	04:00.1	04:00.0
DISMINUCION DE VELOCIDAD DE 90KM/H A 70KM/H	00:20.2	00:20.1	00:20.1	00:20.1	00:20.2
VELOCIDAD CONSTANTE DE 70KM/H	02:00.2	02:00.0	02:00.0	02:00.2	02:00.2
DISMINUCION DE VELOCIDAD DE 70KM/H A 40KM/H	00:20.1	00:20.1	00:20.1	00:20.1	00:20.1
VELOCIDAD CONSTANTE DE 40KM/H	02:00.3	02:00.1	02:00.4	02:00.3	02:00.2
DISMINUCION DE VELOCIDAD DE 40KM/H A 0 KM/H	00:20.1	00:20.0	00:20.2	00:20.1	00:20.2
TIEMPO TRANSCURRIDO EN RALENTÍ ANTES DE APAGADO DE MOTOR	00:30.0	00:30.1	00:30.1	00:30.1	00:30.1

**Figura 46**

*Curva de Consumo de Combustible en Litros con Suspensión Elevada en su Mínima Altura*



## Capítulo IV

### 4. Análisis de Datos

#### 4.1. Pruebas y Cálculos para Obtener Consumo Promedio

Se realiza prueba de consumo de combustible promedio, con un recorrido de 30km aplicando 2 veces el ciclo de manejo establecido para las pruebas, cabe recalcar que el medidor de flujo con el que se realizan las pruebas empieza a contar el consumo desde el encendido del motor, es decir esta toma lectura tanto con el vehículo en movimiento como en ralentí, esto para obtener el consumo más aproximado posible, se realizan las pruebas obteniendo el siguiente resultado de consumo: (Figura 47)

#### Figura 47

*Consumo Promedio Recorrido de 30Km – 30.71 Litros*



Obteniendo un consumo base de 30.71 litros de combustible por un recorrido de 30km aplicando el ciclo de manejo establecido de forma repetida. Aplicamos la siguiente regla de 3 usando el valor obtenido en las pruebas para así obtener un consumo promedio según el recorrido de 15km establecido en ciclo de manejo bajo el cual se realizarán las pruebas de consumo. (Ecuación 1)

**Ecuación 1***Consumo de Combustible*

$$\frac{30km}{15 km} \frac{30L}{x} = x = \frac{30Km \times 30L}{15Km} = 15L$$

El resultado de consumo promedio obtenido para el recorrido de 15km establecido en ciclo de manejo es de 15 litros. Una vez obtenido este resultado se procede a realizar pruebas de consumo de combustible con variaciones de altura del vehículo.

**4.2. Recolección de Datos**

Luego de las pruebas realizadas se pudo tener como resultado la siguiente información: (Figura 48)

**Figura 48***Consumos de Combustible con Variaciones de Altura*

<b>CONSUMO</b>	<b>SUSPENSION ORIGINAL</b>	<b>SUSPENSION ARRIBA</b>	<b>SUSPENSION ABAJO</b>
	12.29 L	12.90 L	11.65 L
	12.20 L	12.77 L	11.55 L
	12.52 L	12.70 L	11.46 L
	12.48L	12.85 L	12.46 L
	12.44 L	13.02 L	11.70 L

**4.3. Resultados Pruebas Con Suspensión Original**

Una vez realizadas las pruebas siguiendo el ciclo de manejo especificado pudimos obtener el siguiente promedio de consumo:

**Consumo Promedio con Suspensión Original:****12.38 litros**

El Margen de error del cronometraje es de 4 segundos, el tiempo promedio de realización de las pruebas es de:

**15:03.50 Mm/s/ms**

#### **4.4. Resultados Pruebas con Suspensión Elevada a su Altura Máxima**

Una vez realizadas las pruebas que siguieron el ciclo de manejo especificado pudimos obtener el siguiente promedio de consumo:

**Consumo Promedio con Suspensión Elevada a su Altura Máxima:**

**12.84 litros**

El Margen de error del cronometraje es de 3 segundos, el tiempo promedio de realización de las pruebas es de:

**15:02.52 Mm/s/ms**

#### **4.5. Resultados Pruebas con Suspensión de Altura Regulable en su Mínima Altura**

Una vez realizadas las pruebas que siguieron el ciclo de manejo especificado pudimos obtener el siguiente promedio de consumo:

**Consumo Promedio con Suspensión de Altura Regulable en su Mínima Altura:**

**11.76 litros**

El Margen de error del cronometraje es de 2 segundos, el tiempo promedio de realización de las pruebas es de:

**15:01.39 Mm/s/ms**

#### **Figura 49**

*Cuadro de Promedios*

<b>VARIACION DE ALTURA</b>	<b>SUSPENSION ORIGINAL</b>	<b>SUSPENSION ARRIBA</b>	<b>SUSPENSION ABAJO</b>
<b>CONSUMO PROMEDIO (Litros)</b>	12.38 L	12.84 L	11.76 L
<b>TIEMPO PROMEDIO (Min/sg/ms)</b>	15:03.5	15:02.5	15:01.4
<b>MARGEN DE ERROR DE CRONOMETRO</b>	2 segundos		

#### 4.6. Recursos

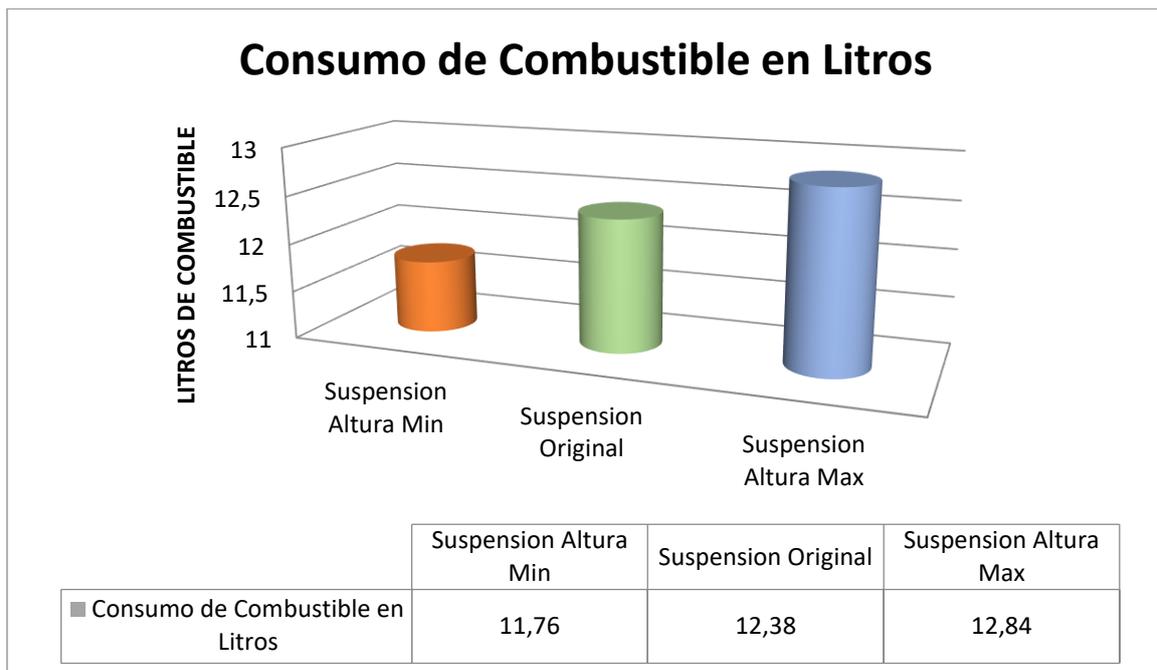
- Físicos: Medidor electrónico de flujo de combustible, scanner automotriz Launch crp123, 4 metros de manguera de 9.5mm de 200psi de presión, 4 abrazaderas de un flexómetro y teflón fino.
- Tecnológico: Microsoft office, internet, computadora
- Académicas: Normas APA, modelo de tesis, Reglas ortográficas., clases tutoriales, blogs, revistas y libros digitales.

#### 4.7. Análisis Estadístico

Los resultados se muestran en la Figura 50.

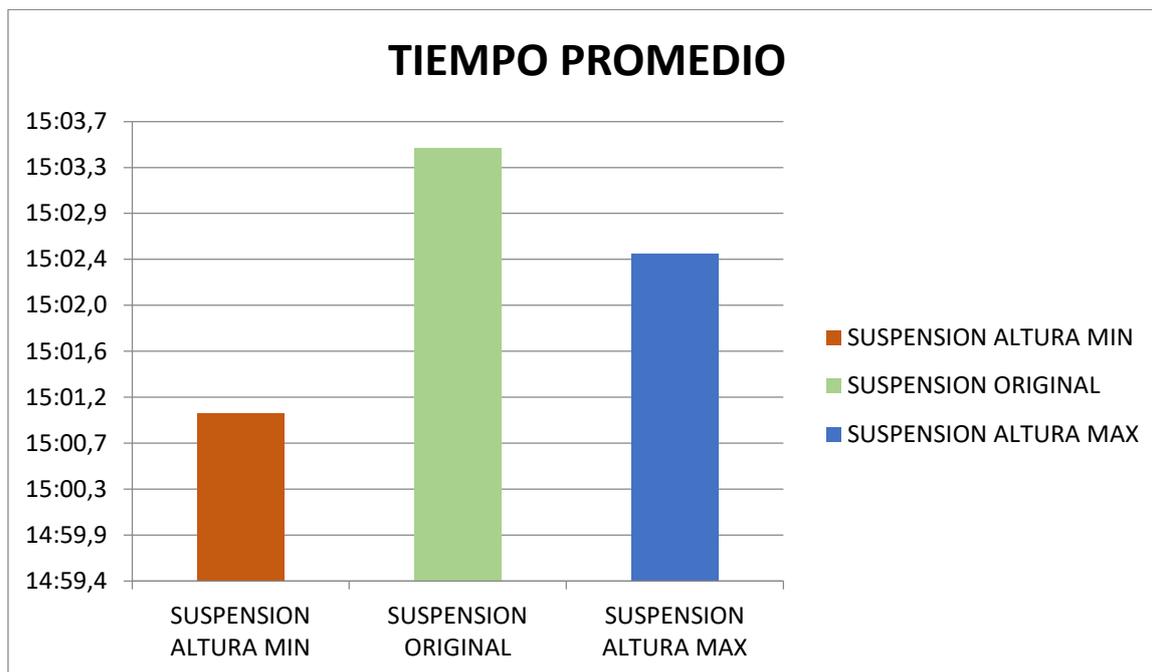
**Figura 50**

*Gráfico de Consumo de Combustible*



**Figura 51**

*Gráfico de Tiempo Promedio de Pruebas*



#### 4.8. Análisis de Resultados

Una vez concluidas las pruebas podemos realizar comparaciones en cuanto al consumo de combustible generado por el vehículo. Obteniendo como resultado un menor consumo con la suspensión de altura regulable implementada en el vehículo, a su menor altura como se puede verificar en las figuras n.45 Y n.46 de la pág. 51.

La diferencia de consumo entre la altura mínima y la altura máxima es de:

**1.08 litros es decir un 10%**

Es decir, el vehículo consumió 1.08 litros más, al estar con la suspensión elevada en su totalidad. (Figura 50 y 51)

Esta condición es causada gracias al efecto fuerza choque antepuesto en contra del vehículo, por parte del viento, lo cual ocasiona una resistencia al avance y por ende que el mismo tenga que generar un mayor empuje, es decir mayor esfuerzo del motor y por ende un mayor consumo de combustible.

## Conclusiones

Se realizó la selección de la suspensión neumática de altura regulable según las características del vehículo y las prestaciones necesarias.

Gracias a las pruebas de consumo de combustible realizadas aplicando ciclo de manejo establecido y con el vehículo en diferentes alturas, se obtuvo como resultado una variación de consumo de combustible.

Al realizar la instalación de la suspensión neumática de altura regulable es importante antes de desmontar la suspensión original crear planos de como quedara instalada la suspensión neumática, esto para evitar daños en las bolsas de aire por fricción o rozamiento con otros componentes, en el caso de las mangueras de flujo de aire estas deben ser repartidas por zonas donde no sufran aplastamiento, estiramiento ni tampoco ningún tipo de fatiga, las mangueras deben ser direccionadas en una misma dirección para cada bolsa, con una misma distancia para que así no haya variación en la entrega de la presión de aire.

Es importante realizar pruebas de carga en el sistema neumático para medir la capacidad de los compresores, en el caso de nuestro proyecto, por el peso necesario a levantar del vehículo, se instaló dos compresores de 400CFM, para que estos abastezcan más rápidamente al tanque de 9 litros, y n haya tiempo muy prolongado de espera para poder alimentar de aire las bolsas. Al realizar el proceso de selección del tipo de suspensión a utilizar se podrá deducir cuantos compresores van a ser necesarios en la unidad.

Se obtuvo como resultado un 10% menos en el consumo de combustible al mantener la suspensión neumática de altura regulable en su altura mínima

Se puede concluir que esto se debe a una influencia del efecto fuerza choque generado por el viento en contra del vehículo, el cual a mayor altura se incrementa,

ocasionando resistencia a la rodadura y la necesidad de un mayor empuje por parte del vehículo, por ende, mayor esfuerzo de motor y consumo de combustible.

Para realizar las pruebas de consumo de combustible es necesario seleccionar los recursos físicos bajo un previo estudio de las características del vehículo, como por ejemplo caudal de combustible a medir según la previsión del sistema, el medidor de flujo de combustible debe estar dentro del rango de tolerancia de medición para que no existan inconvenientes o daños en el mismo, adicional realizamos previamente revisión de manual de fabricante del tipo vehículo para así conocer la presión a la que trabaja este sistema de alimentación de combustible, en el caso de nuestro proyecto la bomba de combustible genera una presión 45 a 60 psi lo cual es la base para la selección de medidor de flujo y manguera necesaria a utilizar para el proyecto.

### **Recomendaciones**

Una vez instalada a suspensión neumática de altura regulable, es recomendable hacer pruebas de funcionamiento de la misma, y una regulación de altura por lado del vehículo, esto es posible realizar mediante la aplicación HKI AIRE SUSPENSION, la cual nos permite variar la altura de cada bolsa, permitiéndonos regular las alturas de las ruedas para que estas estén al mismo nivel, esta regulación se la realiza en conjunto en la parte delantera tendremos una misma altura establecida, una vez realizada la regulación al variar la altura mediante el sistema de electroválvulas, las alturas van a subir o bajar pero se mantendrán alineadas tanto en tren delantero con tren posterior.

Se recomienda tomar las medidas de seguridad del caso, al realizar las pruebas e consumo de combustible, debido a que el medidor de flujo estará colocado internamente en la cabina del vehículo, es necesario revisar que exista un total estanquidad en el sistema de alimentación de combustible intervenido, que no exista pérdida ni fugas de combustible adicional mientras se realiza las pruebas de consumo llevar consigo un extintor de PQS por si llegara a presentarse una emergencia.

La posición del medidor de flujo de combustible en cada prueba debe ser la misma, para que así no exista variación en los resultados obtenidos en las pruebas de consumo.

Realizar las pruebas de consumo de combustible en una vía poco transitada o en un horario donde no exista un alto congestionamiento vehicular, para así cumplir con el cronograma de manejo establecido para las pruebas de consumo.

## Bibliografía

Acelerando (2019, 11 marzo). *Test Drive nueva Chevrolet D-MAX 2.4 a gasolina.*

Acelerando. <https://acelerando.com.ec/test-drive-nueva-chevrolet-d-max-2-4-a-gasolina/>

Constitución de la República del Ecuador (2008). *Reglamento de regulación de precios de derivados de petróleo.* <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/MARCO-LEGAL-2016/Registro-Oficial-73-Decreto-Ejecutivo-338.pdf>

Duarte, J. (2021, 23 julio). *Suspensión Neumática: Cómo Funciona, Componentes, Tipos Y Más.* Mundo del motor. <https://www.mundodelmotor.net/suspension-neumatica/>

Oliva, C. G. (2018, 29 octubre). *Suspensión neumática: Sus ventajas y desventajas.* Autonocion.com. <https://www.autonocion.com/suspension-neumatica-ventajas-desventajas/>

García, F. (2016). *Diseño de suspensión hidráulica para un vehículo todo terreno.* Universidad de Sevilla- Escuela Técnica Superior de Ingeniería: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut73/anx2tut73.pdf>

García, F. (2016, 7 julio). *Tipos de suspensión.* . . Doctor Auto. <https://www.doctorauto.com.mx/2016/06/16/tipos-de-suspension-automotriz/>

Gustafsson, Miguel; Derichs, Robert. (2018). *Corrección del inyector en función de la altura en sistemas CRDI.* Facultad de Mecánica Automotriz. UIDE. Quito. 18p. <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2799>

Iglesias, R. E., Espinoza, J. F., & Cantos, A. A. (2017). *Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción Epa Ftp75 y Epa*

*Hwfet, en dinamómetro de chasis. Casos de estudio: vehículos Chevrolet Spark lt 1.0 2010 y Mitsubishi l200 2.5 lt diésel, 2009.* Universidad del Azuay.

[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000300137&script=sci\\_arttext&lng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000300137&script=sci_arttext&lng=en)

Iñiguez, F. (2013, 3 de junio). Implementación de una suspensión neumática con control eléctrico en un vehículo. Universidad San Francisco de Quito. [Tesis de grado]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2725/1/107718.pdf>

Lapuerta, Magín; Armas, Octavio; Agudelo, John R y Sánchez, Carlos A. Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento. Inf. tecnol. [online]. 2006, vol.17, n.5 [citado 2021-10-21], pp.21-30. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642006000500005&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000500005&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000500005>

Maldonado, A. (2018, 18 julio). *Ruedas tiradas, eje de torsión o suspensión independiente. ¿De qué me estás hablando?* Motorpasion México. <https://www.motorpasion.com.mx/industria/tipos-de-suspension-en-autos>

Montalvo, H. (2020, 22 de octubre). *Análisis del sistema de frenos regenerativos aplicado en automóviles de combustible interna para la optimización del consumo de combustible.* <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14112>

Pachacama, D. (2017). *valuación del consumo de combustible de un camión con la implementación de un deflector de aire.* <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17539/1/CD-8044.pdf>

- Pachacama Gualotuña, D. P., & Simbaña Sango, J. L. (2017, 28 de julio). Evaluación del consumo de combustible de un camión con la implementación de un deflector de aire. 87 hojas. Quito: EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17539>
- Peñafiel Vega, Mario Andrés; Reinoso García, Marco Antonio. (2019). Estudio de la inyección de combustible controlada electrónicamente, en función a la altura, en motores diésel con sistemas Common Rail. Facultad de Mecánica Automotriz. UIDE. Quito. 137p. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/3573>
- Pesántez, F., Bravo, G., & Guerrero, A. (2017). *Análisis técnico para la adecuación de una grúa hidráulica en vehículos de hasta 3.5 toneladas, para mantenimiento de redes eléctricas. 2017.* <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7322>
- Reforma a la Ley de Caminos de la República del Ecuador. (2012). *REFORMA REGLAMENTO A LA LEY DE CAMINOS DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, Acuerdo Ministerial 80, Registro Oficial 567, 19/08/1965.* <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/DECRETO-EJECUTIVO-1137-REFORMA-REGLAMENTO-LEY-DE-CAMINOS.pdf>
- Rocha, J., Llanes, E., Celi, S., & Peralta, D. (2019). *Efecto de la adición de biodiésel en el Rendimiento y la opacidad de un motor Diésel.* [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000300137&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000300137&script=sci_arttext&tlng=en)
- Rodríguez, J. M., & Pereiro, L. O. (2006). Modelo de un muelle de ballestas considerando la fricción entre hojas. *Revista de Ingeniería Mecánica.* <https://www.redalyc.org/pdf/2251/225117931002.pdf>



**Anexos****Resumen del Presupuesto**

<b>RUBROS</b>	<b>FUENTES</b>	<b>TOTAL</b>
PERSONAL	\$500	\$500
EQUIPOS	\$2500	\$2500
MATERIALES	\$500	\$500
OTROS	\$150	\$150
<b>Total.</b>	<b>\$3650</b>	<b>\$3650</b>

Heredia y Mora, 2022



Suspensión en su Mínima Altura



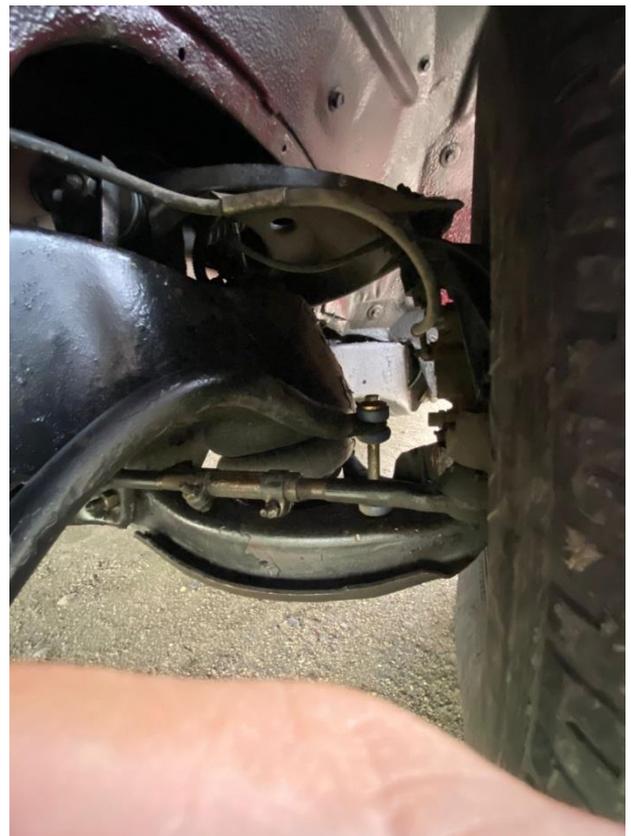
Suspensión en su Máxima Altura



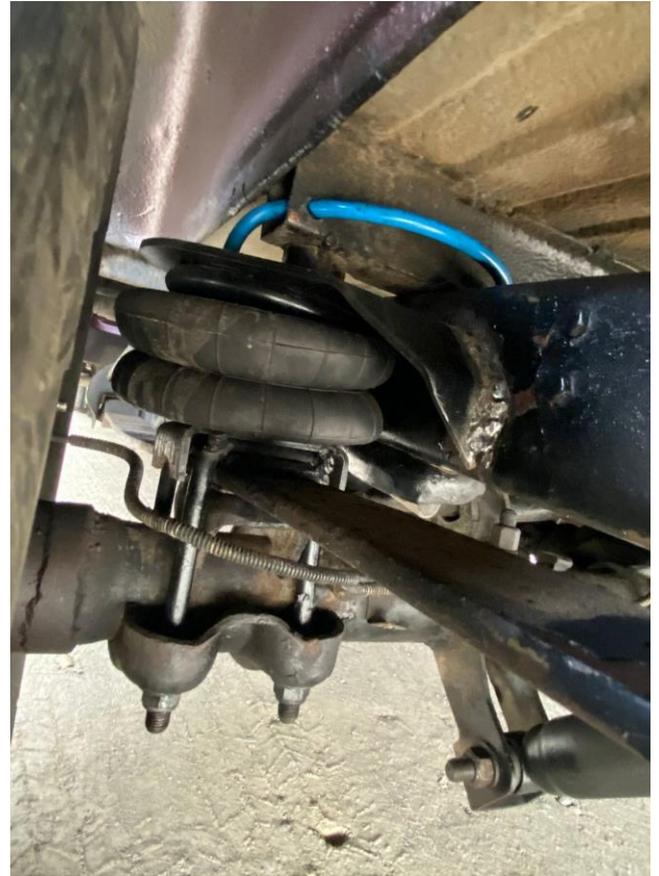
Vista de Suspensión Delantera y Posterior



Vista Lateral de Suspensión Delantera



Vistas Laterales de Suspension Delantera



Vista Lateral de Suspension Posterior en su Máxima Altura y en su Mínima Altura



## Scanner Launch CRP123



Implementos para Instalación de Medidor de Flujo Electrónico