



**Implementación de un Sistema de Dirección Electro asistida en el eje delantero para la estructura didáctica de entrenamiento de Mecánica de patio en la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L**

Jinez Ortiz, Johanna Maribel y Guatemal Churuchumbi, Klever Elian

Departamento de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

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

Ing. Carrera Tapia, Romel David Mgtr.

24 de febrero del 2022

Latacunga



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Implementación de un sistema de dirección electro asistida en el eje delantero para la estructura didáctica de entrenamiento de mecánica de patio en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L”** fue realizado por **Guatemala Churuchumbi, Klever Elian y Jinez Ortiz, Johanna Maribel**, 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, 25 de febrero del 2021



Firmado electrónicamente por:  
**ROMEL DAVID  
CARRERA**

---

Ing. Carrera Tapia, Romel David Mgtr.

C.C.: 0503393258

## REPORTE DE VERIFICACIÓN DE CONTENIDO



Sist. Dirección Electrónica\_Guatemala\_Jinez.pdf

Scanned on: 15:33 February 23, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	268
Words with Minor Changes	36
Paraphrased Words	341
Omitted Words	0



Firmado electrónicamente por:  
ROMEL DAVID  
CARRERA

Ing. Carrera Tapia, Romel David Mgtr.

C.C.: 0503393258



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

## RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Guatemal Churuchumbi, Klever Elian**, con cédula de ciudadanía N° 1727723452, y **Jinez Ortiz, Johanna Maribel**, con cédula de ciudadanía N° 1851054617, declaramos que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de un sistema de dirección electro asistida en el eje delantero para la estructura didáctica de entrenamiento de mecánica de patio en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L**, es de nuestra 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, 25 de febrero del 2021

Guatemal Churuchumbi, Klever Elian  
C.C.: 1727723452

Jinez Ortiz, Johanna Maribel  
C.C.: 1851054617



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, Guatemal Churuchumbi, Klever Elian, y Jinez Ortiz, Johanna Maribel, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: "Implementación de un sistema de dirección electro asistida en el eje delantero para la estructura didáctica de entrenamiento de mecánica de patio en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 25 de febrero del 2021

Guatemal Churuchumbi, Klever Elian  
C. C: 1727723452

Jinez Ortiz, Johanna Maribel  
C. C: 1851054617

### **Dedicatoria**

Cada esfuerzo y tiempo dedicado a un sueño es un ejemplo de quienes están detrás. El esfuerzo brindado para este trabajo e investigación va principalmente dedicado a mis padres que, gracias a su apoyo incondicional, a su amor y a todo su empeño en estos años gracias a ustedes he logrado llegar aquí y convertirnos en un excelente profesional y a su vez tener el más grande privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

De igual manera agradezco a mis familiares, profesores, compañeros de estudio, asesores técnicos que creyeron en mí y mis capacidades para lograr cumplir mi meta.

**Guatemala Churuchumbi, Klever Elian**

Esta tesis la dedico a Dios por darme la vida luego se la dedico a mis abuelos, tíos y mi madre ya que por el apoyo de ellos he logrado llegar a mi objetivo de estudio.

Dedico también a mis amigos y docentes ya que me han apoyado durante el tiempo de estudio y me han implantado valores académicos y sus experiencias de la vida gracias a eso he logrado culminar uno de mis objetivos en la vida.

**Jinez Ortiz, Johanna Maribel**

## **Agradecimiento**

Agradecemos a nuestro señor todo poderoso y ser mi guía en la trayectoria de mi existencia, ser el apoyo de los momentos más difíciles.

Gracias a mis padres: Luis Guatemal y Janeth Churuchumbi por ser mis principales promotores de mis metas y de este sueño, por creer y confiar mí, por los valores y principios inculcados.

Agradezco a los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe, por siempre haber compartido todos sus conocimientos en toda mi preparación académica y de manera especial al Ing. Romel Carrera tutor de mi proyecto de la investigación quien siempre ha guiado con paciencia y su gran capacidad como docente, y a los tutores técnicos que tuvieron un aporte valioso a la investigación.

**Klever Elian Guatemal Churuchumbi**

En especialmente agradezco a Dios por darme la capacidad de escribir este texto y por tener el apoyo de mis abuelos, mis tíos y mi mamá por darme una buena educación y darme todo lo que anhele tener en esta vida me sigo manteniendo firme y alcanzado mi meta final que es graduarme y llegar a triunfar en la vida para ser una persona de provecho para empeñarme en el campo de la mecánica automotriz.

**Johanna Maribel Jinez Ortiz**

**Tabla de contenidos**

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación.....</b>	<b>2</b>
<b>Reporte de verificación de contenido.....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación.....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla de contenidos.....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>14</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>18</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>19</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>20</b>
<b>Planteamiento del problema de investigación.....</b>	<b>21</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>21</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>22</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>23</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>24</b>
<b><i>Objetivo general.....</i></b>	<b>24</b>

<b>Objetivos específicos</b> .....	24
<b>Alcance</b> .....	25
<b>Marco Teórico</b> .....	26
<b>Sistema de dirección automotriz</b> .....	26
<b>Historia</b> .....	26
<b>Evolución del sistema</b> .....	27
<b>Sistema de dirección electro asistida</b> .....	28
<b>Introducción</b> .....	28
<b>¿Qué es el sistema de dirección electro asistida?</b> .....	28
<b>Características</b> .....	29
<b>Funcionamiento general del sistema</b> .....	30
<b>Funcionamiento específico del sistema</b> .....	31
<b>Maniobra de parqueo</b> .....	31
<b>Ventajas y desventajas del sistema de dirección asistida</b> .....	32
<b>Parte Mecánica de la dirección</b> .....	33
<b>Columna de Dirección</b> .....	33
<b>Tipos de direcciones eléctricas</b> .....	33
<b>Columna Drive</b> .....	33
<b>Características Técnicas:</b> .....	34

<i>Piñón Drive</i> .....	34
<b>Características Técnicas:</b> .....	35
<b>Rack Drive</b> .....	35
<b>Cremallera</b> .....	36
<b>Parte Eléctrica de la Dirección</b> .....	37
<i>Sensor de Ángulo de Dirección</i> .....	38
<i>Sensor par de la dirección</i> .....	38
<i>Sensor par inductivo</i> .....	39
<i>Sensor par de efecto hall</i> .....	39
<i>Sensor par resistivo</i> .....	39
<i>Sensor de región del motor eléctrico</i> .....	40
<i>Sensor de régimen de señal de velocidad</i> .....	40
<i>Sensor régimen de motor</i> .....	40
<i>Motor eléctrico</i> .....	40
<b>Tipos de direcciones asistidas</b> .....	42
<i>Dirección Hidráulica</i> .....	42
<b>Componentes del sistema hidráulico</b> .....	42
<b>Ventajas e Inconvenientes del Sistema de Dirección Hidráulica</b> .....	43
<i>Ventajas</i> .....	43

<i>Inconvenientes</i> .....	44
<b>Sistema Eléctrico</b> .....	44
<b>Diferencias entre la dirección electro asistida y la dirección hidráulica</b> .....	45
<b>Ángulos de la dirección</b> .....	45
<i>Ángulo de salida</i> .....	46
<i>Ángulo de caída</i> .....	46
<i>Ángulo de avance</i> .....	47
<i>Cotas conjugadas</i> .....	49
<i>Convergencia</i> .....	50
<b>Metodología e implementación del sistema de dirección electro asistida en el banco didáctico</b> .....	51
<b>Descripción de los componentes</b> .....	51
<i>Motor eléctrico</i> .....	51
<i>Función del motor</i> .....	52
<b>ECU</b> .....	54
<i>Sensor de par</i> .....	55
<i>Parámetros del sensor par</i> .....	56
<i>Señales del sensor par</i> .....	56
<i>Cables de la conexión</i> .....	58

<i>Cables con conexión a la batería</i> .....	58
<i>A: Sensor de torque</i> .....	59
<i>B: Cable blanco a fuente conmutada de 12V y C: Energía</i> .....	60
<i>D: Motor</i> .....	60
<i>Fusilera</i> .....	61
<i>Cremallera de la dirección</i> .....	62
Instalación del sistema de la dirección electro asistida.....	62
<i>Instalación de la cremallera en la estructura</i> .....	62
Montaje del eje de cruceta de la dirección y columna de dirección...	65
<i>Montaje del eje de la cruceta de la dirección</i> .....	65
<i>Montaje de la columna de la dirección</i> .....	67
<i>Unión de platinas la colocación de la dirección</i> .....	69
<i>Incorporación del volante</i> .....	71
<i>Conexión de la ECU</i> .....	73
<i>Cálculo de fusible para el circuito de la dirección electrónica.</i> ...	76
Ejercicio de cálculo de fusible.....	76
Funcionamiento del sistema.....	84
Pruebas de funcionamiento del sistema de dirección electro asistida del “Hyundai Acccent” .....	86
Funcionamiento.....	86

<b>Causas, Averías y Soluciones Del Sistema De Dirección Electro Asistida.....</b>	<b>92</b>
<b>Vehículos con dirección electro asistida.....</b>	<b>93</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>95</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>95</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>95</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>97</b>
<b>Anexo .....</b>	<b>99</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Eje tirado a caballos</i> .....	26
<b>Figura 2</b> <i>Coche con dirección electro asistida actual</i> .....	27
<b>Figura 3</b> <i>Vehículo de los años 40 y 50</i> .....	28
<b>Figura 4</b> <i>Dirección de asistencia electrónica</i> .....	29
<b>Figura 5</b> <i>Funcionamiento de la dirección electro asistida</i> .....	31
<b>Figura 6</b> <i>Funcionamiento asistencia electrónica con el vehículo parqueado</i> .....	32
<b>Figura 7</b> <i>EPS con montaje sobre la columna de dirección</i> .....	34
<b>Figura 8</b> <i>EPS con montaje sobre el piñón</i> .....	35
<b>Figura 9</b> <i>EPS con montaje sobre la cremallera</i> .....	36
<b>Figura 10</b> <i>Cremallera eléctrica</i> .....	36
<b>Figura 11</b> <i>Partes Mecánicas del Sistema de Dirección Electro asistida</i> .....	37
<b>Figura 12</b> <i>Sensor de Ángulo de Dirección</i> .....	38
<b>Figura 13</b> <i>Sensor par de la dirección</i> .....	39
<b>Figura 14</b> <i>Despiece de los componentes del EPS</i> .....	41
<b>Figura 15</b> <i>Tipos de direcciones asistidas</i> .....	42
<b>Figura 16</b> <i>Dirección Asistida Hidráulica</i> .....	43
<b>Figura 17</b> <i>Componentes del sistema de dirección eléctrica</i> .....	44
<b>Figura 18</b> <i>Diferencia entre Dirección Electro asistida yla Dirección</i> .....	45
<b>Figura 19</b> <i>Ángulo de salida</i> .....	46
<b>Figura 20</b> <i>Ángulo de caída de las ruedas</i> .....	47
<b>Figura 21</b> <i>Ángulo de avance</i> .....	48
<b>Figura 22</b> <i>Efecto del ángulo de salida</i> .....	48
<b>Figura 23</b> <i>Cotas conjugadas de las ruedas</i> .....	49

<b>Figura 24</b> <i>Convergencia de las ruedas delanteras</i> .....	50
<b>Figura 25</b> <i>Motor de la dirección electro asistida</i> .....	51
<b>Figura 26</b> <i>Motor eléctrico</i> .....	52
<b>Figura 27</b> <i>Motor eléctrico</i> .....	53
<b>Figura 28</b> <i>Cables y soccer de la dirección electro asistida</i> .....	54
<b>Figura 29</b> <i>ECU</i> .....	54
<b>Figura 30</b> <i>Referencia de la ECU</i> .....	55
<b>Figura 31</b> <i>Ubicación del sensor par</i> .....	55
<b>Figura 32</b> <i>Señales del sensor par</i> .....	56
<b>Figura 33</b> <i>Cables de la dirección</i> .....	58
<b>Figura 34</b> <i>Cables de la batería</i> .....	59
<b>Figura 35</b> <i>Ubicación del cable del sensor par</i> .....	59
<b>Figura 36</b> <i>Cable B Y C</i> .....	60
<b>Figura 37</b> <i>Cable del Motor</i> .....	61
<b>Figura 38</b> <i>Fusilera</i> .....	61
<b>Figura 39</b> <i>Instalación de la cremallera</i> .....	62
<b>Figura 40</b> <i>Ajuste de las abrazaderas de la cremallera</i> .....	63
<b>Figura 41</b> <i>Conexión del terminal con la mangueta</i> .....	64
<b>Figura 42</b> <i>Conexión tirante de la cremallera, terminal, mangueta</i> .....	65
<b>Figura 43</b> <i>Eje de la cruceta de la dirección</i> .....	66
<b>Figura 44</b> <i>Instalación del eje de crucetas en la dirección</i> .....	66
<b>Figura 45</b> <i>Eje articulado y junta universal</i> .....	67
<b>Figura 46</b> <i>Montaje del eje de crucetas y columna de la dirección</i> .....	68
<b>Figura 47</b> <i>Montaje de la tapa sobre la dirección</i> .....	68
<b>Figura 48</b> <i>Platinas soldadas para la sujetar la dirección</i> .....	69

<b>Figura 49</b> Unión del eje de cruceta con la caja de engranajes.....	69
<b>Figura 50</b> Ajuste de los pernos 13 con ayuda de una llave 13.....	70
<b>Figura 51</b> Instalación de la dirección en la carrocería pernos 8mx 20mm tuercas10.....	71
<b>Figura 52</b> Montaje de eje de crucetas en la caja de engranajes.....	71
<b>Figura 53</b> Instalación del volante con ayuda de una llave 10.....	72
<b>Figura 54</b> Fijación de la columna de la dirección.....	72
<b>Figura 55</b> Instalación del volante.....	73
<b>Figura 56</b> Incorporación de la ECU, sosteniendo con 2 pernos 10.....	74
<b>Figura 57</b> Instalación de la ECU.....	74
<b>Figura 58</b> Entrada A la ECU.....	75
<b>Figura 59</b> Conexión a la entrada de la ECU.....	75
<b>Figura 60</b> Cable del sensor par o torque.....	75
<b>Figura 61</b> Entradas B y C a la ECU.....	77
<b>Figura 62</b> Fusible de 40A.....	77
<b>Figura 63</b> Cables de las entradas a las ECU que son A, B y C.....	78
<b>Figura 64</b> Conexión de las entradas a la ECU (B y C).....	78
<b>Figura 65</b> Salida del cable de la batería.....	79
<b>Figura 66</b> Entrada D a la ECU.....	79
<b>Figura 67</b> Cables de las entradas de la ECU A, B, C, D.....	80
<b>Figura 68</b> Conexión de la entrada a la ECU (D).....	80
<b>Figura 69</b> Conexión de todas las entradas de la ECU.....	81
<b>Figura 70</b> Led de la dirección.....	81
<b>Figura 71</b> Led con salida del arnés de cables.....	82
<b>Figura 72</b> Instalación del interruptor.....	82

<b>Figura 73</b> <i>Instalación del Led y el interruptor</i> .....	83
<b>Figura 74</b> <i>Ubicación de los cables hacia la batería</i> .....	83
<b>Figura 75</b> <i>Conexión del positivo (+) y negativo (-) a la batería</i> .....	84
<b>Figura 76</b> <i>Funcionamiento del sistema a la derecha</i> .....	85
<b>Figura 77</b> <i>Funcionamiento del sistema a la izquierda</i> .....	85
<b>Figura 78</b> <i>Vehículo del Hyundai Accent</i> .....	86
<b>Figura 79</b> <i>Funcionamiento Aparcar</i> .....	88
<b>Figura 80</b> <i>Funcionamiento de la dirección circulando a velocidad media</i> .....	89
<b>Figura 81</b> <i>Funcionamiento a velocidad de cruce</i> .....	90
<b>Figura 82</b> <i>Funcionamiento retro activo</i> .....	91

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b>	<i>Causas, Averías y Soluciones del Sistema de Dirección Electro Asistida.....</i>	<b>92</b>
----------------	--	-----------

## Resumen

El objetivo de este proyecto es realizar un sistema de dirección asistida eléctrica en el eje delantero de la estructura educativa para el proceso de formación de mecánicos de excelencia a su vez incluyendo de técnicos superiores en ingeniería mecánica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L. A lo largo del trabajo investigativo se extrae el análisis de una serie de cuestiones que se presentarán en el instituto, a saber, que la falta de un diseño estructural con componentes reales podría ayudar a mejorar la calidad de la enseñanza en este campo a gran escala para las generaciones en el área automotriz. El proyecto llevó a cabo una investigación para adaptar a un sistema de dirección mecánica convencional una de las últimas tecnologías que es un sistema de dirección asistida eléctrica con un sistema de dirección eléctrica universal completo. Finalmente se fabrica la construcción de este sistema y se detalla las conexiones a las que se le instala cada pieza adicional, por lo que se trabajó en una prueba de funcionalidad, estableciendo la conexión más adecuada, empezando desde la batería hasta el componente adicional de este sistema y finalizando con la simulación el encendido del auto. Esto determina que el sistema tenga una función de dirección 100% electrónica.

Palabras clave:

- **DIRECCIÓN ELECTRO ASISTIDA**
- **SISTEMA EPS**
- **SISTEMA CONVENCIONAL ELECTRO ASISTIDA**
- **UNIDAD DE CONTROL - ECU**

### **Abstract**

The objective of this project is to carry out an electric power steering system on the front axle of the educational structure for the training process of excellent mechanics, including senior technicians in mechanical engineering at the University of the Armed Forces ESPE-L. Throughout the investigative work, the analysis of a series of issues that will be presented at the institute is extracted, namely, that the lack of a structural design with real components could help improve the quality of teaching in this field on a large scale. for generations in the automotive area. The project carried out research to adapt to a conventional mechanical steering system one of the latest technologies which is an electric power steering system with a complete universal electric steering system. Finally, the construction of this system is manufactured and the connections to which each additional piece is installed are detailed, for which a functionality test was carried out, establishing the connection that is the most appropriate starting from the battery to the additional components of this system and ending with the simulation of the ignition of the car. This determines that the system has a 100% electronic steering function.

Key words

- **ELECTRO-ASSISTED STEERING**
- **EPS SYSTEM**
- **CONVENTIONAL SYSTEM ELECTRO-ASSISTED**
- **CONTROL UNIT - ECU**

## Capítulo I

### 1. Planteamiento del problema de investigación

“Implementación de un sistema de dirección electro asistida en el eje delantero para la estructura didáctica de entrenamiento de mecánica de patio en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L”

#### 1.1. Antecedentes

El sistema de dirección en sus principios se accionaba con una palanca, en lo posterior por practicidad se adopta el volante redondo. Llivisaca, C. (2018), indican que la evolución generó un confort y seguridad, para lo que se implementó sistemas de primera marcha, generando precisión, suavidad y sensibilidad al conductor. De esta manera se evita que el conductor realice un sobre esfuerzo al maniobrar.

En los años 30 se utilizaban ejes rígidos, en la que una barra maciza transfería movimiento al timón, a la caja de dirección, brazos de dirección finalizando en las ruedas. Para los años 40 y 50 se introdujo los sistemas de asistencia de dirección, los mismos que generaron un problema, ya que era demasiado suave y sensible. Por esto se desarrolló dispositivos que endurecieran la dirección, además de ser capaz de retornar por sí solo las ruedas delanteras a la posición inicial de marcha recta al finalizar una curva.

Hoy en día los sistemas de dirección se han transformado, con el fin de mejorar la conductividad. Lavayen, B. (2016), indica que la implementación de los sistemas eléctricos, hidráulicos y mixtos, han beneficiado al conductor dando como resultado suavidad al momento de manejar, sin perder firmeza y la adherencia por la amortiguación.

El sistema de dirección asistido electrónicamente ha tenido avances considerables en cuanto a la seguridad activa en un automóvil. Esto disminuye la fuerza ejercida sobre el volante, también las necesidades del conductor se deben adaptar a cualquier régimen de velocidad. En conclusión, Falconi, N. & Tamba, L. (2015), mencionan que para realizar una maniobra se debería aplicar un similar par de giro en el volante, tanto a 0 Km/h como a 180Km/h.

Llivosaca (2018), nos recuerda que el desarrollo de la electrónica se inició desde el año 1950, con el fin de mitigar la contaminación. Se ha implementado sistemas de control electrónico para lograr los fines deseados. En el Ecuador desde el 2000, la totalidad del parque automotor ha incorporado sistemas electrónicos capaces de reducir el consumo de combustible. El presente estudio es de importancia ya que trata de una parte fundamental del vehículo, ya que es necesario que los estudiantes tengan claros los fundamentos teóricos y prácticos para el mundo laboral.

## **1.2. Planteamiento del problema**

La carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz tiene como objetivo, formar profesionales Tecnólogos en el campo amplio de la Ingeniería, Industria y Construcción. Para esto es necesario contar con material didáctico y práctico, con el fin de generar profesionales listos para desempeñarse en el mundo laboral. Además de ser

competitivos con alto nivel de calidad y productividad, por tal razón se ha generado el presente tema de estudio.

La presente monografía de implementación de un sistema de dirección electro asistida en el eje delantero para la estructura didáctica de entrenamiento de mecánica de patio en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, se basa en un mecanismo y sistema fundamental del automóvil, que está delegado a facilitar la maniobrabilidad de las ruedas delanteras, por la acción que el conductor realice sobre el volante.

El sistema de dirección debe contar con las siguientes cualidades: comodidad, facilidad de manejo, precisión, seguridad, suavidad y estabilidad. Estas características, debe conocer el profesional, con el fin de dar un buen servicio, además de tener un amplio conocimiento y experiencia. Es importante que los estudiantes tengan a la mano guías y estructuras actualizadas para enfrentarse en un mundo laboral competitivo.

### **1.3. Justificación**

Para alcanzar el objeto de estudio de la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, es necesario contar con material teórico y práctico actual y de fácil acceso para los docentes y estudiantes. Se pretende optimizar la enseñanza de cada asignatura, con la implementación de un sistema de dirección electro asistida en el eje delantero de la estructura de entrenamiento. Teniendo en cuenta que la práctica es indispensable para la formación académica.

La importancia del sistema de dirección, en la enseñanza de la carrera apoyará a la nueva generación de estudiantes. Para esto el presente estudio abarcará los componentes, característica, generalidades del sistema de dirección electro asistida.

También la construcción del mismo se tomará en cuenta que los instrumentos que compongan la dirección deben ser robustos y macizos con ajustes precisos.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Implementar un sistema de dirección electro asistida en el eje delantero para la estructura de entrenamiento de mecánica de patio, en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Investigar sobre el sistema de dirección electro asistido en el eje delantero, para dominar su definición, características, componentes necesarios, función del mecanismo y estructura de la dirección. De esta manera fortalecer los resultados de aprendizaje de la asignatura de mecánica de patio.
- Aplicar los componentes de la estructura del sistema de dirección y los materiales óptimos de construcción. Para integrarlos en la estructura de entrenamiento de mecánica de patio.
- Adaptar el sistema de dirección electro asistido, planificando su estructura y dimensiones, utilizando los materiales adecuados. Para integrar el sistema en la estructura de entrenamiento de mecánica de patio.
- Comprobar el funcionamiento del sistema de dirección electro asistido, para generar armonización con los otros sistemas de la estructura de entrenamiento de mecánica de patio que es el de frenado y suspensión.

### **1.5. Alcance**

La Implementación de un sistema de dirección electro asistida en el eje delantero para la estructura didáctica de entrenamiento de mecánica de patio en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, tiene como alcance la actualización y apoyo en la enseñanza. Con el fin de que los estudiantes tengan a la mano herramientas útiles para su formación académica. De esta forma los nuevos profesionales podrán diferenciar las partes, verificar el funcionamiento y la detección de fallas a tiempo.

La presente monografía entregará un material teórico y una estructura de un sistema de dirección electro asistida, adaptado al resto de sistemas del automóvil tipo sedán. Beneficiando a la comunidad universitaria, en especial a los alumnos para que tengan experiencia al integrarse al mundo competitivo y de esta forma fomentar a la economía del país.



la actualidad en los vehículos se ha venido incorporando sistemas más suaves y precisos para el uso correcto del conductor (Salan, B. 2016).

### **2.1.2 Evolución del sistema**

En finales del año 30 los vehículos utilizaban un eje delantero rígido, por esta razón optaron por un sistema con pivotes en los extremos del eje mejorando la movilidad del vehículo. El funcionamiento de esta dirección era mediante una barra encargada de enviar el movimiento al timón de la caja, luego a los brazos de la dirección y finalizar en las ruedas (Pozo, A. 2018).

#### **Figura 2**

*Coche con dirección electro asistida actual*



Con el paso del tiempo implementaron sistema de asistencia para la dirección. Con del tiempo el sistema de dirección con cremallera fue utilizada en los vehículos BMW, además fue usada con asistencia. Para los años 40 y 50 en los Estados Unidos se utilizó el sistema de dirección con asistencia que lograba una desmultiplicación, pero tenían una desventaja de ser peligroso por la suavidad. Debido a la falla de suavidad de la dirección se desarrollaron dispositivos que endurecían la dirección y quedaba de forma normal medida que se desplazaba la velocidad del vehículo (Ávila, D. & Arias, D, 2010).

### Figura 3

*Vehículo de los años 40 y 50*



*Nota.* Tomado de (Ávila, D. & Arias, D, 2010).

## 2.2 Sistema de dirección electro asistida

### 2.2.1 Introducción

El sistema de dirección asistida también es conocido como una dirección eléctrica que en la actualidad se ha venido utilizado más en los vehículos modernos. Este tipo de dirección venido desarrollando poco a poco que se está utilizado en vehículos de segmento medio como en los Hyundai Elantra o el Renault Mégane (Pozo, A. 2018).

En este tipo de sistema ya no se incorporan el circuito hidráulico y sus componentes como el depósito, válvula distribuidora, bomba de alta presión y las canalizaciones de las servodirecciones hidráulicas. El sistema hidráulico es reemplazado por un motor eléctrico que es un des multiplicador que acciona la cremallera de la dirección (Ordoñez, L. 2018).

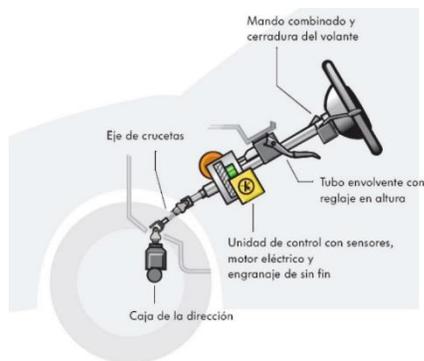
### 2.3 ¿Qué es el sistema de dirección electro asistida?

La dirección asistida es un tipo de sistemas de dirección eléctrica o EPS que los hacen más nuevos y modernos. Los sistemas de dirección electro asistida son dirigidas por un motor eléctrico que forman la asistencia de dirección haciendo más controlable. Una ventaja principal del sistema hidráulico frente al eléctrico es que el sistema eléctrico es manipular energía hidráulica que los hacen más ligeras y simples, y no requiere una bomba hidráulica. También la mayor divergencia del sistema hidráulico es que los

sistemas eléctricos tienen menor consumo de combustible y seguridad y confort (Ponluisa, E. 2020).

#### Figura 4

##### *Dirección de asistencia electrónica*



*Nota.* Tomado de (Ordoñez, 2018)

## 2.4 Características

Una de las principales características que se efectúa en el sistema de dirección electro asistida son las siguientes:

**Seguridad:** Es la calidad de los componentes mecánicos y eléctricos, además asegura tener una mejor seguridad y confort para el conductor.

**Suavidad:** Es montaje preciso para lograr una desmultiplicación para tener un buen engrase. Uno de los factores que provoca una mayor dureza en la dirección es la mala utilización del vehículo, colocar neumáticos en mal estado, o el chasis deformado.

**Precisión:** Este dato lo obtenemos cuando la dirección no llega a ser muy dura ni suave. Cuando la dirección está muy dura es debido a una pequeña desmultiplicación, y cuando se siente suave es por una desmultiplicación grande esto es debido a la mala conducción del conductor.

- ✓ La reducción de elementos mecánicos y espacio porque se incorpora componentes eléctricos que actúan directamente con la caja de la dirección.
- ✓ Menor consumo energético a diferencia de la dirección hidráulica utiliza un caudal volumétrico facilitando un mayor consumo energético, con la dirección asistida consume energía en tiempos necesarios.
- ✓ Se eliminan los componentes mecánicos por los eléctricos facilitando el funcionamiento del vehículo.
- ✓ La dirección eléctrica tiene un indicador que da aviso cuando el vehículo está trabajando en bajas, cuando señala amarillo da aviso y rojo ante una avería.

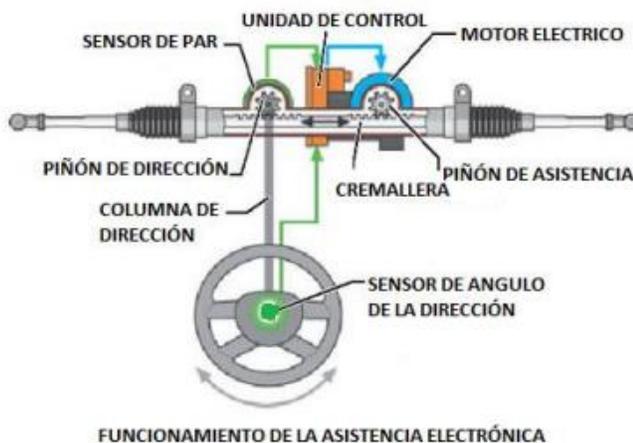
## **2.5 Funcionamiento general del sistema**

En el funcionamiento de la dirección electro asistida el motor eléctrico promueve la asistencia del par realizando el giro del volante. El movimiento de las ruedas es transmitido a la cremallera ya que es rectificado constantemente por las leyes de control de esta forma domina la manipulación del vehículo el conductor (Lianes, F. 2016).

Como se observa en la figura el sistema de dirección electro asistida está conformada por componentes mecánicos y eléctricos los cuales tienen la misión de dar movilidad al vehículo. El accionamiento de esta dirección mide el par sobre el piñón y el ángulo momentáneo informando a la unidad de control la cantidad de energía que emite el motor eléctrico, además está fuertemente en conjunto con la velocidad del vehículo. En si los mecanismos mecánicos y eléctricos trabajan de forma paralela, accionado a la asistencia eléctrica y guiando a los mecanismos mecánicos (Salan, B. 2016).

**Figura 5**

*Funcionamiento de la dirección electro asistida*



*Nota.* Tomado de (Lavayen, B. 2016)

## 2.6 Funcionamiento específico del sistema

### 2.6.1 Maniobra de parqueo

Quando el vehículo se encuentra estacionado la dirección gira normalmente aplicado una fuerza máxima, en este momento el sensor par emite la fuerza aplicada el mismo proceso también ocurre con el sensor de giro sobre el volante con una velocidad a 0 km/h. El motor eléctrico dispone una asistencia par en la maniobra efectuado un esfuerzo máximo a la dirección

**Figura 6**

*Funcionamiento asistencia electrónica con el vehículo parqueado*



*Nota.* Tomado de (Serrano, G. 2015)

## 2.7 Ventajas y desventajas del sistema de dirección asistida eléctrica

Las ventajas son las siguientes del sistema de dirección asistida eléctrica:

- ✓ Con respecto a los componentes mecánicos en la dirección hidráulica son reemplazados los mecanismos mecánicos por los eléctricos proporcionando mayor espacio.
- ✓ Menor ruido en el funcionamiento de la dirección eléctrica.
- ✓ No afecta al motor y no representa una amenaza al motor en el funcionamiento.
- ✓ Los componentes eléctricos ocupan un menor espacio en el interior del vehículo.
- ✓ El consumo de combustible es menor al maniobrar el vehículo lo cual el ahorro de combustible es de 0,2 litros cada 100 km recorridos.
- ✓ Este tipo de dirección es de diseño sencillo debido a su asistencia eléctrica.

La variedad de desventajas son las siguientes del sistema de dirección asistida eléctrica:

- ✓ Este sistema solo es incorporado en vehículos livianos que limita la asistencia del motor eléctrico, de hecho, si el motor eléctrico consume mucha corriente llegaría a averiarse todo el sistema eléctrico.
- ✓ Los elementos de este sistema son muy vulnerables a golpes y caídas debido a cualquier anomalía dejarían de cumplir con su función.
- ✓ La utilización de estos vehículos solo es en la ciudad debido a que si transita por lugares severos deberá tener precaución.

## **2.8 Parte Mecánica de la dirección**

### **2.8.1 Columna de Dirección**

La columna de la dirección es usada en los vehículos pequeños donde el peso sobre el tren es bajo, además suelen ser económicos. El motor eléctrico también se encuentra situada en la columna en el interior del habitáculo, de esta manera la temperatura se expande por debajo del capo (Pebe, D. 2018).

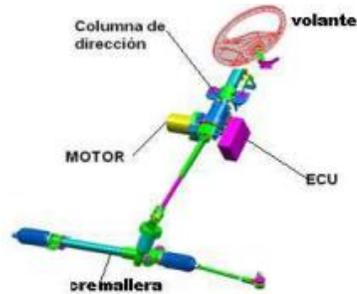
## **2.9 Tipos de direcciones eléctricas**

### **2.9.1 Columna Drive**

El sistema Columna Drive emplea una asistencia en la columna de la dirección, es más empleada y con un menor precio. Este sistema se encuentra en vehículos pequeños con el paso en el tren bajo. El motor eléctrico se coloca en la columna de dirección que se la puede encontrar en el habitáculo, con ello las temperaturas altas van alojadas debajo del capo (Pebe, D. 2018).

## Figura 7

*EPS con montaje sobre la columna de dirección*



*Nota.* Tomado de (Salan, B. 2016)

### **2.9.2 Características Técnicas:**

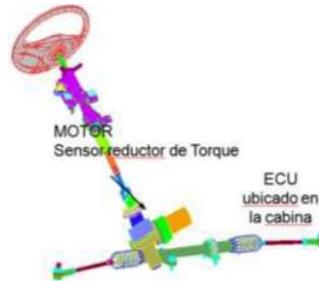
- ✓ Potencia Máxima: 405 W / 75 A / 12 v.
- ✓ El par en la columna 65 N m (Fuerza que tiene cremallera 7700 N).
- ✓ Rango de temperatura es desde los -40°C hasta 120°C.
- ✓ Peso máximo 7 Kg

### **2.9.3 Piñón Drive**

Dentro sistema de piñón drive es incorporado la asistencia del piñón, que es de un tipo simple. El motor eléctrico se encuentra localizado en la parte inferior de la dirección a la entrada de la cremallera, la columna y los cardanes no son afectados por el motor eléctrico al no estar sobredimensionadas (Serrano, G. 2015).

## Figura 8

*EPS con montaje sobre el piñón*



*Nota.* Tomado de (Serrano, G. 2015).

### 2.10 Características Técnicas:

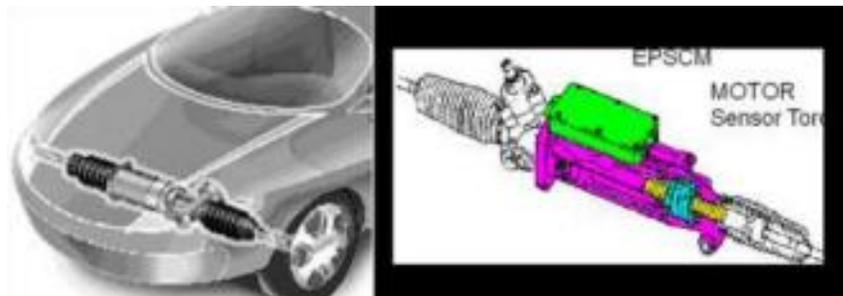
- ✓ Potencia Máxima : 405 W / 75 A / 12 v
- ✓ Par en la columna: 65 N m (Fuerza sobre la cremallera es 7700)
- ✓ Su rango de temperatura: -40°C hasta 120°C

### 2.11 Rack Drive

Este sistema es aplicado en la cremallera de la dirección. La instalación de este sistema es en vehículos de alta gama aplicando el peso sobre el eje delantero es superior a 1 tonelada. El motor eléctrico del rack drive se lo encuentra en la cremallera (Chuquiguanga, W. 2015).

**Figura 9**

*EPS con montaje sobre la cremallera*



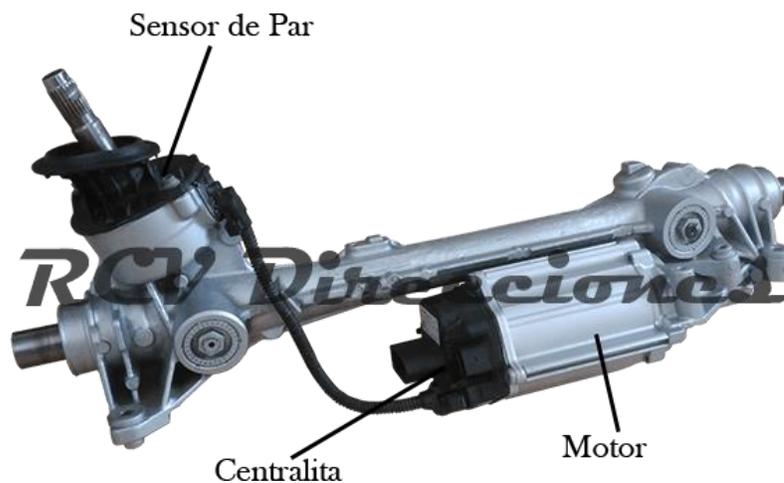
*Nota.* Tomado de (Carbay, V. 2017)

## 2.12 Cremallera

La cremallera de la dirección es similar a la columna de la dirección con una diferencia que el motor eléctrico, que en vez de estar la columna esta la cremallera. Su funcionamiento es similar al de la columna ya que solo se diferencian porque el piñón va situado a la entrada (Chuquiguanga, W. 2015).

**Figura 10**

*Cremallera eléctrica*



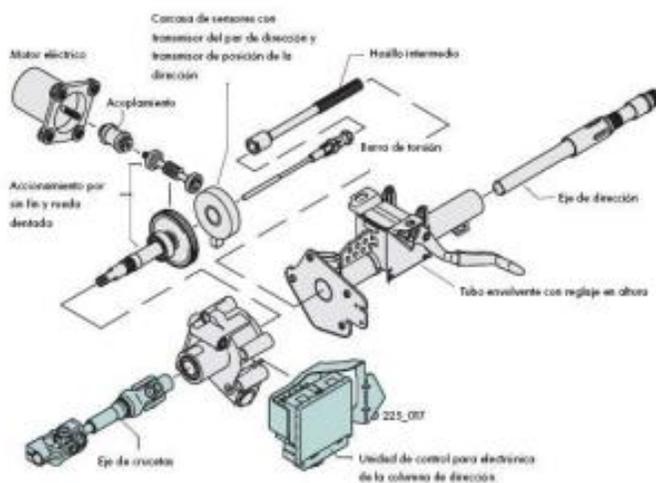
*Nota.* Tomado de (Chuquiguanga, W. 2015).

A continuación, se detalla los mecánicos de la dirección electro asistida:

- ✓ Tubo envolvente con reglaje en altura
- ✓ Eje de dirección
- ✓ Husillo intermedio
- ✓ Barra de torsión
- ✓ Accionamiento por sin fin y rueda dentada
- ✓ Eje de crucetas

**Figura 11**

*Partes Mecánicas del Sistema de Dirección Electro asistida*



*Nota.* Tomado de (Rocha, J. 2015)

### **2.13 Parte Eléctrica de la Dirección**

La parte eléctrica de este sistema es la más importante ya que en su mayoría dependen para su funcionamiento para todo el sistema de dirección electro asistida (Ordoñez, L. 2018).

### **2.13.1 Sensor de Ángulo de Dirección**

Este sensor va ubicado en la columna de la dirección, este componente se encuentra entre el mando combinado y el volante que emite una señal determinando el ángulo de la dirección (Falconi, N. & Tamba, L, 2015).

#### **Figura 12**

*Sensor de Ángulo de Dirección*



*Nota.* Tomado de Carrera, R., Alvarez, C., Rocha, J. & Zambrano, D.

### **2.13.2 Sensor par de la dirección**

El sensor par es del tipo magneto resistiva que tiene una dirección simple y económica, a diferencia de otras versiones es de tipo potenciómetro de resistencia variable. Este dispositivo está localizado en la carcasa de la dirección este mecanismo aplicado a la dirección enviando una señal par (Lavayen, L. 2016).

**Figura 13**

*Sensor par de la dirección*



*Nota.* Tomado de (Rocha, 2015)

### **2.13.3 Sensor par inductivo**

El sensor par inductivo induce corriente cuando gira la dirección y reemite las señales (Chafla, L. 2012).

### **2.13.4 Sensor par de efecto hall**

El sensor par de efecto hall permite el paso de corriente dependiendo de la velocidad de giro de la dirección (Armijos, 2019).

### **2.13.5 Sensor par resistivo**

El sensor par resistivo consiste con una resistencia variable, en si con su funcionamiento el voltaje va variando dependiendo de la posición de la dirección a la que esté siendo maniobrada (Carbay, V. 2017).

### **2.13.6 Sensor de región del motor eléctrico**

Es un componente que forma parte interna del motor eléctrico y no es visible para poder observar su funcionamiento debido a su interioridad (Ordoñez, L. 2018).

### **2.13.7 Sensor de régimen de señal de velocidad**

Cuando el vehículo está en funcionamiento emite una señal de velocidad, esta señal es enviada a la unidad de control del ABS mediante los captadores de las ruedas logrando cuyo objetivo es emitir señales (Falconi N. & Tamba, D. 2015).

### **2.13.8 Sensor régimen de motor**

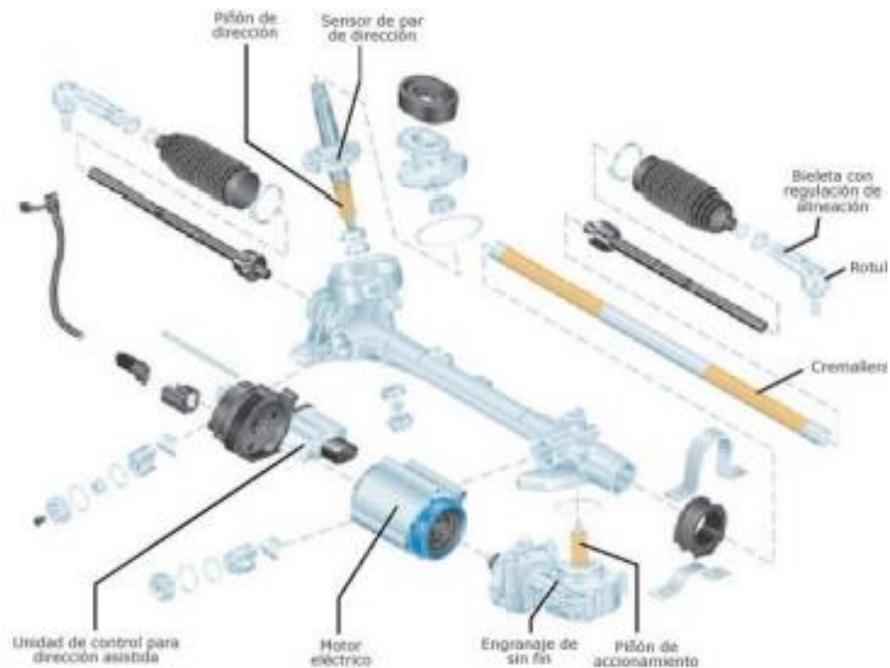
El sensor está localizado en la carcasa de salida cigüeñal, entregando señales de régimen de revolución del MCI por medio de la UCE de inyección (Serrano, G. 2015).

### **2.13.9 Motor eléctrico**

Es un motor asincrónico que tiene una potencia máxima y de construcción simple, su función es permitir el accionamiento de cortos y rápidos ya que de esta manera permite el movimiento de la asistencia de la dirección (Ordoñez, L. 2018).

**Figura 14**

*Despiece de los componentes del EPS*



*Nota.* Tomado de (Ordoñez, L. 2018).

El sistema de dirección EPS se representa de diversas formas según los fabricantes tomando en cuenta el espacio, seguridad, economía de recursos, mantenimiento entre otros (Pozo, A. 2018).

## 2.14 Tipos de direcciones asistidas

**Figura 15**

*Tipos de direcciones asistidas*



### 2.14.1 Dirección Hidráulica

La dirección hidráulica está compuesta por componentes mecánicos, que mediante adaptaciones permite suavizar la dirección manipulando en si el conductor el vehículo. En las direcciones hidráulicas se adaptaron los sistemas asistidos que al inicio no tenían mucha adaptación, por ello se están sustituyendo por direcciones hidráulicas y eléctricas. Para el funcionamiento se utiliza energía hidráulica por medio de la bomba hidráulica que es conectada al motor (Rodríguez, P. 2014).

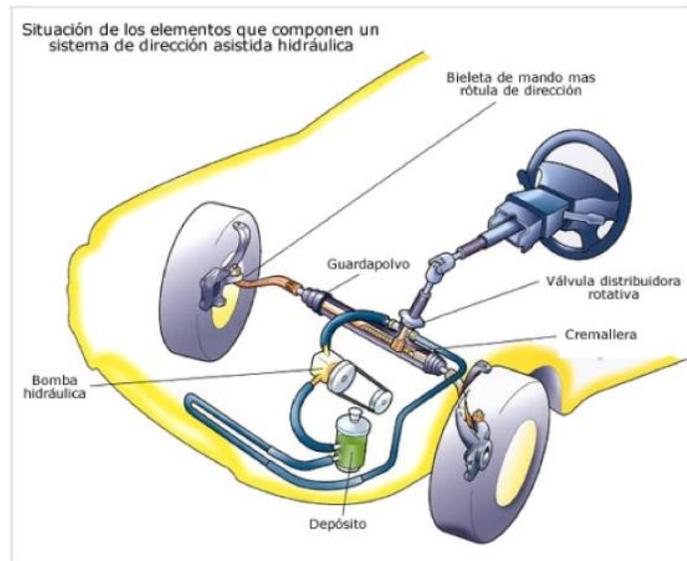
## 2.15 Componentes del sistema hidráulico

- ✓ Bomba de la dirección hidráulica
- ✓ Fluido de la dirección hidráulica.
- ✓ Deposito
- ✓ Válvula de control
- ✓ Cremallera y piñón
- ✓ Mangueras de la dirección hidráulica

- ✓ Enfriador de la dirección hidráulica

## Figura 16

### *Dirección Asistida Hidráulica*



*Nota.* Tomado de (Rodríguez, P. 2014)

## 2.16 Ventajas e Inconvenientes del Sistema de Dirección Hidráulica

### 2.16.1 Ventajas

- ✓ Reduce es el esfuerzo del volante en recorridos largos por la maniobra del conductor.
- ✓ Permite acoplar la dirección del vehículo de forma directa ya que el giro rápido de las ruedas esto es favorable en vehículos grandes y camiones.
- ✓ En el montaje de esta dirección no hay complicaciones, además es adaptable para cualquier tipo de vehículo en si no afecta la geometría.
- ✓ Cuando se avería un neumático los mecanismos automáticamente corrigen a dirección en sentido contraria al neumático averiado haciendo girar al vehículo.

### 2.16.2 Inconvenientes

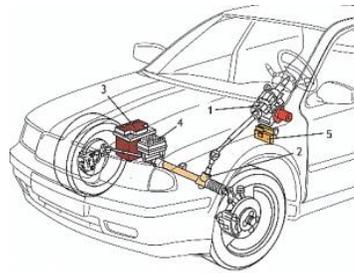
- ✓ En el mantenimiento del sistema se requiere personal especializado lo que posee un costo elevado.
- ✓ Los componentes del sistema tienen un costo elevado según el tipo y marca del vehículo.

### 2.17 Sistema Eléctrico

En la actualidad no todos los vehículos usan dirección eléctricamente asistida ya que han sido reemplazadas por el circuito hidráulico. La dirección eléctrica se compone de elementos eléctricos y electrónicos en su gran mayoría son sensores que emiten señales a cualquier situación a la unidad de control (Serrano, G. 2015).

#### Figura 17

*Componentes del sistema de dirección eléctrica*



*Nota.* Tomado de Circuitos de fluidos, Macmillan Edición 2014

## 2.18 Diferencias entre la dirección electro asistida y la dirección hidráulica

Mediante un cuadro se mostrará las diferencias entre la dirección hidráulica y la dirección electro asistida de un vehículo.

### Figura 18

*Diferencia entre Dirección Electro asistida y la Dirección*

	Hidráulica	Electroasistida
<b>Peso</b>	16,3 Kg.	11,3 Kg.
<b>Potencia absorbida en ciudad</b>	400 W	25 W
<b>Potencia absorbida en autopista</b>	800 – 1.000 W	10 W
<b>Mayor consumo en comparación con la caja de dirección mecánica</b>	0,71 ltr./100 km	0,01 ltr./100 km

## 2.19 Ángulos de la dirección

Los ángulos y cotas de la dirección son las condicionales del funcionamiento, mediante este método se puede verificar el correcto funcionamiento de la dirección. Con los ángulos de giro se logra que las ruedas sigan su trayectoria en línea recta o curva esto se da debido a la irregularidad del terreno (Landeo, R. 2016).

Los ángulos de la dirección son los siguientes:

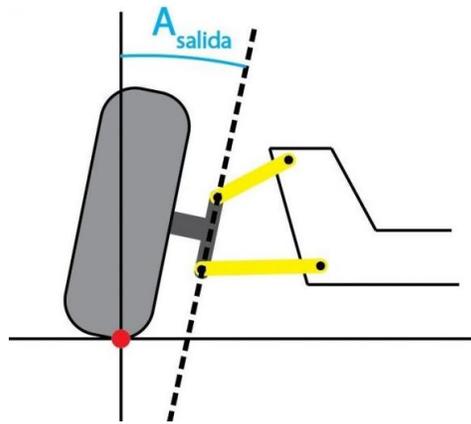
- Ángulo de salida
- Ángulo de caída
- Ángulo de avance
- Cotas conjugadas

### 2.19.1 Ángulo de salida

Este ángulo está formado por una prolongación del pivote que al girar la rueda comprende un ángulo entre de  $5^\circ$  a  $10^\circ$  pero en su gran mayoría de vehículos es de  $6^\circ$  a  $7^\circ$ . Con la ayuda del pivote el cual mueve la mangueta reduce el esfuerzo orientando las ruedas.

#### Figura 19

*Ángulo de salida*



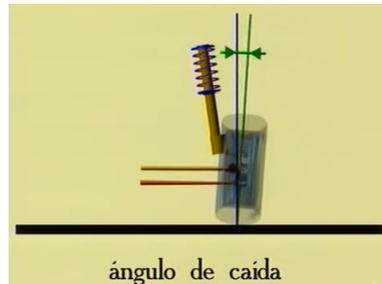
*Nota.* Tomado de (Chafía, L. 2012)

### 2.19.2 Ángulo de caída

Este ángulo es conformando por las manguetas, que forman un ángulo debajo esta acción es la caída de despunte. La acción de la caída hace que la rueda vaya entrado en convergencia a las ruedas delanteras (Armijos, O. 2019).

## Figura 20

### *Ángulo de caída de las ruedas*

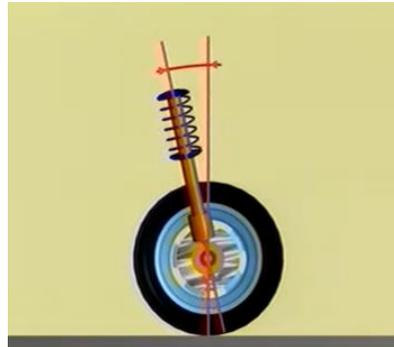


*Nota.* Tomado de (Armijos, O. 2019).

El ángulo de caída procura reducir el brazo de palanca, al inclinarse la rueda llega a un punto de reacción y se desplaza hacia el pivote, además el este esfuerzo es anclado al rodamiento de la mangueta. El ángulo de caída está comprendido entre  $1/4^\circ$  y  $2^\circ$  disminuyendo la salida y manteniendo ciertos límites (Armijos, O. 2019).

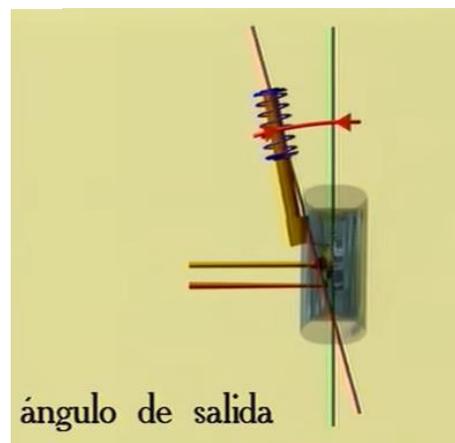
### **2.19.3 Ángulo de avance**

Este ángulo se forma entre el eje vertical del centro de la rueda con la prolongación del eje del pivote. El ángulo de avance varía según la ubicación del motor, por ejemplo  $0^\circ$  y  $4^\circ$  en un vehículo con el motor delantero y de  $6^\circ$  a  $12^\circ$  en un vehículo con motor trasero (Bacü, 2019).

**Figura 21***Ángulo de avance*

*Nota.* Tomado de (Bacü, D. 2019).

El avance de este ángulo proporciona firmeza, si el ángulo es pequeño en el avance de la dirección no tiene una posición fija y en caso de ser el avance excesivo puede tirar la dirección e ir a cualquier lado de la dirección. Cuando se gira la dirección y se toma una curva como se puede ver en la imagen con el punto B para el avance queda fija hacia el punto A y recorriendo a A' se crea las fuerzas y las ruedas terminan en una posición de línea recta (Ramírez, J. 2018).

**Figura 22***Efecto del ángulo de salida*

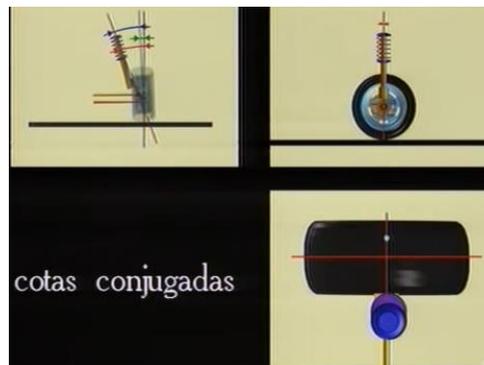
*Nota.* Tomado de (Ramírez, J. 2018)

### 2.19.4 Cotas conjugadas

Las cotas conjugadas son de avance y salida cuya misión es que el corte la línea en el avance y se desplace por delante y hacia la derecha del punto A. Los vehículos con tracción delantera transmiten la fuerza hacia las ruedas por medio del pivote para ganar la fuerza de rodadura, mientras que los vehículos con tracción delantera aplican el empuje a la rueda no ejerciendo ningún tipo de efecto. Ante todos los avances debe tener cotas de salida y caída para tener una convergencia positiva o negativa (Carbay, V. 2017).

#### Figura 23

*Cotas conjugadas de las ruedas*



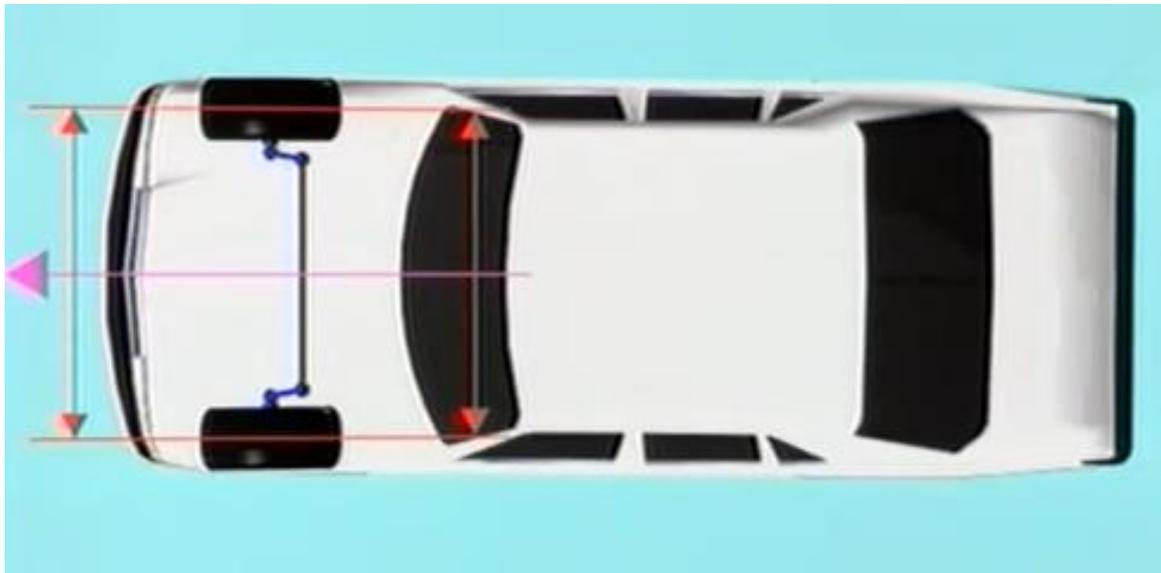
*Nota.* Tomado de (Carbay, V. 2017)

### 2.19.5 Convergencia

La convergencia es llamada paralelismo en las ruedas delanteras, desde un punto superior se puede visibilizar la convergencia de las ruedas. En las ruedas delanteras del vehículo se mide en milímetros teniendo una diferenciación de 1 a 6 con propulsión delantera de 0 a 2 milímetros en tracción trasera (Rameix, E. 2019).

#### Figura 24

*Convergencia de las ruedas delanteras*



*Nota.* Tomado de (Rameix, E. 2019)

La convergencia tiene como misión compensar las ruedas a abrirse con la marcha y contrarrestar el esfuerzo de los pivotes. La convergencia excesiva, produce un desgaste irregular de los neumáticos que se dan por el desgaste lateral que se da en su banda de rodadura. Además, una convergencia insuficiente provoca el desgaste lateral en el interior de los neumáticos (Serrano, G. 2015).

## Capítulo III

### 3. Metodología e implementación del sistema de dirección electro asistida en el banco didáctico

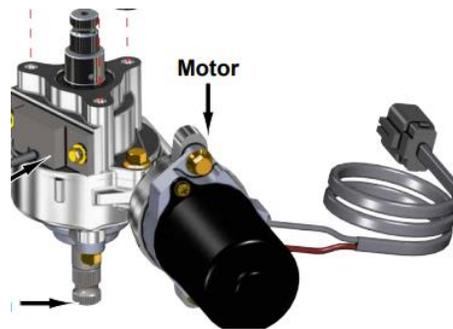
#### 3.1 Descripción de los componentes

##### 3.1.1 Motor eléctrico

El motor eléctrico tiene el objetivo de hacer girar un mecanismo de la dirección, con una fuerza aplicada que reduce el par requerido del conductor. El motor eléctrico es impulsado por un engranaje que es conectar al eje de la columna de dirección. Los sensores tanto el par como el de ángulo se encuentran localizados junto a la columna de la dirección (Isah, A. 2019).

#### Figura 25

*Motor de la dirección electro asistida*



Nota. Tomado de (Valverde, 2018).

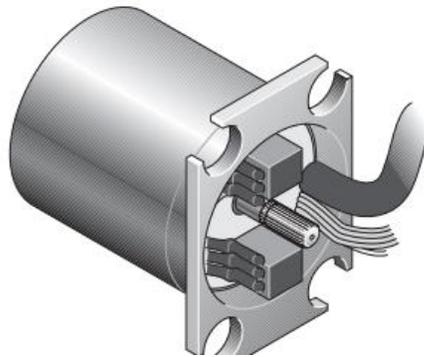
El motor eléctrico recibe la orden del módulo para entrar en movimiento, la corriente que es recibida es enviada por la ECU mediante transistores de potencia haciendo en si circular corriente dependiendo de las señales de los sensores (Isah, A. 2019).

### 3.1.2 Función del motor

El motor está atornillado a la carcasa y el gusano por medio de los engranajes y topes de goma, para que no transmita vibraciones entre el motor y la columna de la dirección. El eje del motor está conectado al tornillo sinfín a través de una goma flexible, de este modo el par de arranque transmite suavemente al engranaje helicoidal. El consumo de energía del motor es de 720W y desarrolla 2Nm de par con este consumo permite el movimiento del volante (Ljungberg, M. 2014).

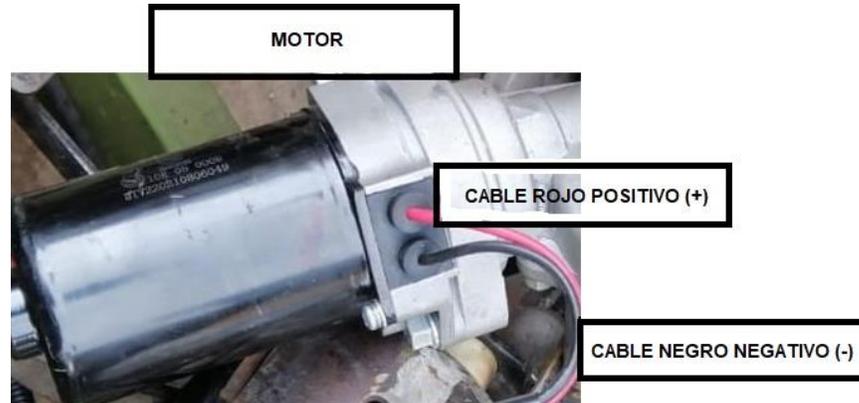
**Figura 26**

*Motor eléctrico*



*Nota.* Tomado de (Valverde, 2018).

El motor es controlado por la ECU ya que trabaja con una corriente máxima de 24 A y 12 V de DC, su velocidad máxima es de 200 rpm. En la figura 26 se puede observar el conector del motor con los pines 23 y 24 los que controlan al motor, el pin 21 que es la alimentación de la batería y el pin 22 es la masa de la batería (Jimenez, E. 2020).

**Figura 27***Motor eléctrico*

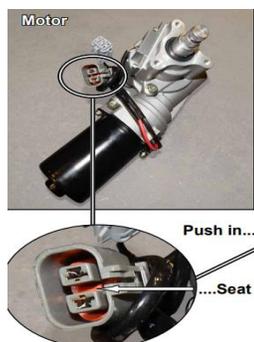
El motor eléctrico tiene dos cables en su conector como en la figura 50 los cuales son:

- Cable negro: motor +
- Cable rojo: motor –
- Las características principales de este motor son las siguientes:
- Potencia máxima: 405W/24A/12V
- Par en la columna: 65Nm
- Rango de temperatura: -40°C hasta 120°C
- Peso neto: 7kg
- Es un motor de corriente continua DC

En el lado posterior de la estructura con la dirección electro asistida tiene incorporado un soccer con dos cables uno de color rojo y negro que son la entrada y salida de corriente (Casa, D. 2018).

**Figura 28**

*Cables y soccer de la dirección electro asistida*



Nota. Tomado de (Valverde, 2018).

### 3.2 ECU

La ECU es el elemento eléctrico e importante ya que procesa información. Los sensores comunican a la unidad central enviando órdenes a las actuadoras para cumplir con su función.

**Figura 29**

*ECU*



Nota. Tomado de (Valverde, 2018).

La ECU también es la encargada de calcular la asistencia de dirección requiriendo datos de los sensores, haciendo tolerancia a la velocidad de la carretera. En la figura 29 se puede observar las referencias de la ECU que cuentan con entradas de señal que son las siguientes:

- A: Sensor de torque
- B: Fuente conmutada de 12 V
- C: Energía
- D: Motor.

### Figura 30

*Referencia de la ECU*



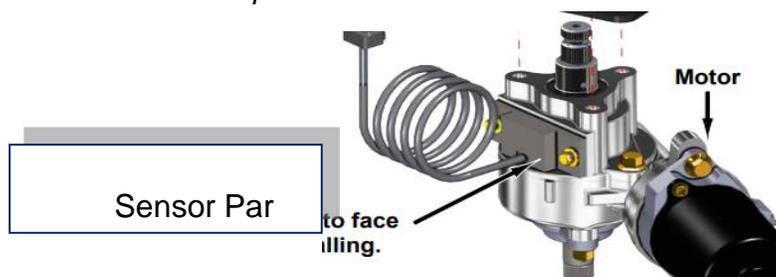
Nota. Tomado de (Valverde, 2018).

#### 3.2.1 Sensor de par

El sensor par es un elemento que controla el par del sistema giratorio de la dirección. Este sensor se encuentra localizado en la parte interna de la estructura de la dirección mediante una tapa. En la figura 31 nos indica que en la parte izquierda está ubicado el sensor de par con la cara arriba.

### Figura 31

*Ubicación del sensor par*



Nota. Tomado de (Valverde, 2018).

El sensor par tiene misión de enviar la señal a la ECU cuando se realiza el movimiento al volante haciendo en si haciendo girar la dirección. El sensor par cuenta con dos sensores que son internamente un primario y secundario, esto es para que los dos sensores controlen las señales estén en concordancia en el caso de estar la ECU bloquea el motor y el sistema deja de funcionar (Yepez, L. 2020).

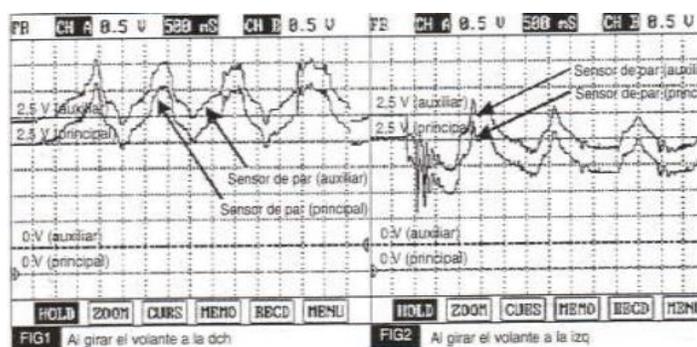
### 3.2.2 Parámetros del sensor par

- Rango de par de escala completa: +/-8 Nm a +/-10Nm
- Velocidad máxima de rotación: hasta +/-1800°/s (300rpm)
- Par de sobre carga y sin daños: +/-200 Nm
- Rango de temperatura: -40° a 85°C (montaje en cabina) / -40° a 125°C (soporte compartimiento del motor)

### 3.2.3 Señales del sensor par

**Figura 32**

*Señales del sensor par*



*Nota.* Tomado de (Rameix, 2019)

En la siguiente figura 32 se puede observar las señales del sensor par, estas son producidas porque el eje de la dirección se ha torcido produciendo en si el campo magnético en la bobina que rodea el eje en la bobina del sensor.

El sensor par produce un tipo de señal auxiliar de 0 a 2.5V. Cuando la volante gira a la derecha se incrementa dos señales a un máximo de 4V y 2.5V, y cuando el giro es a la izquierda el voltaje desciende desde 1V hasta 2.5V. La alimentación del sensor es de 5V con una temperatura de -40°C y 80°C cuando el sensor llega a la fallar la dirección se apaga y se convierte en dirección mecánica (Jimenez, E. 2020).

Este sensor tiene cuatro cables en su conector los cuales son:

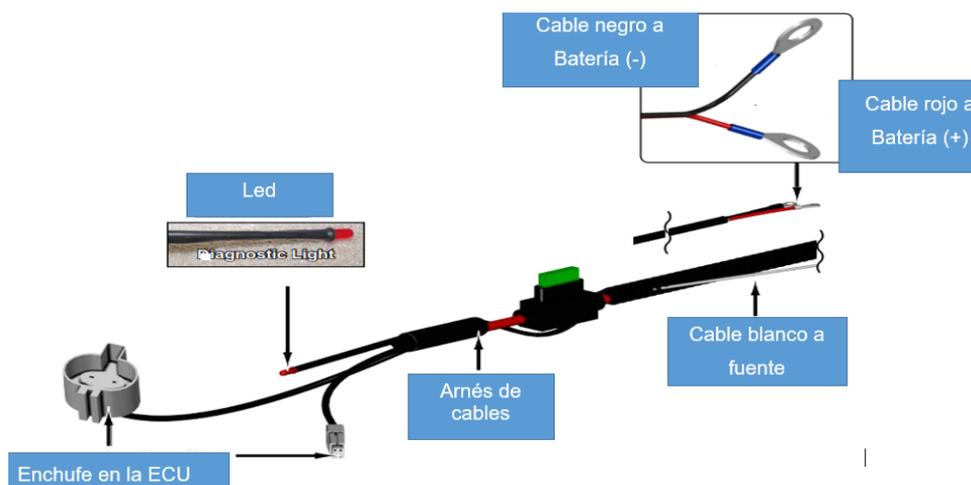
- Cable rojo: positivo.
- Cable negro: negativo (masa del sensor).
- Cable lila: señal principal.
- Cable azul: señal auxiliar

### 3.2.4 Cables de la conexión

Los cables que vienen incorporados en la dirección son muy importantes, ya que cada uno cumple con una función importante para la activación del sistema de dirección eléctrica. En la figura 33 podemos apreciar que indica todos los cables de conexión que van a ir conectados tanto a la Centralita como a la columna de la dirección y el motor.

**Figura 33**

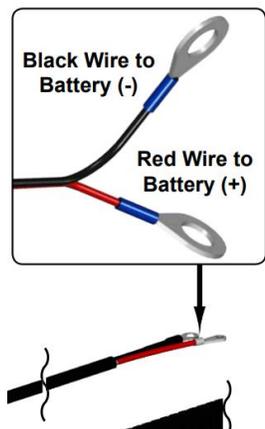
*Cables de la dirección*



*Nota.* Tomado de (Valverde, 2018).

### 3.2.5 Cables con conexión a la batería

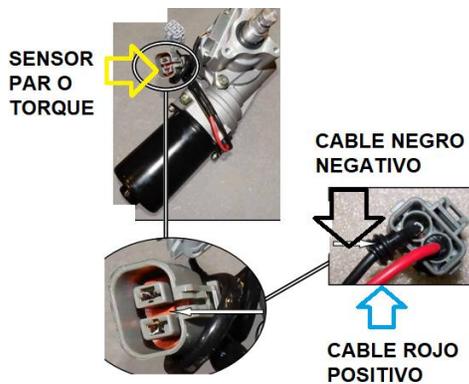
En la siguiente figura se puede observar dos cables, uno de color rojo y negro. El cable de color rojo va conectado al positivo (+) de la batería. El cable de color negro va conectado al negativo (-) de la batería. Con estas especificaciones se realiza la conexión pertinente de la batería, así evitando que la batería se averíe.

**Figura 34***Cables de la batería*

*Nota.* Tomado de (Valverde, 2018).

### **3.2.6 A: Sensor de torque**

El sensor de torque está ubicado en la estructura del motor se diferencia por un cable rojo y negro que son positivo (+) y negativo (-), tiene la misión de detectar la torsión e informar a la ECU de que se está aplicando al volante un par de dirección intenso (Lavayen, L. 2016).

**Figura 35***Ubicación del cable del sensor par*

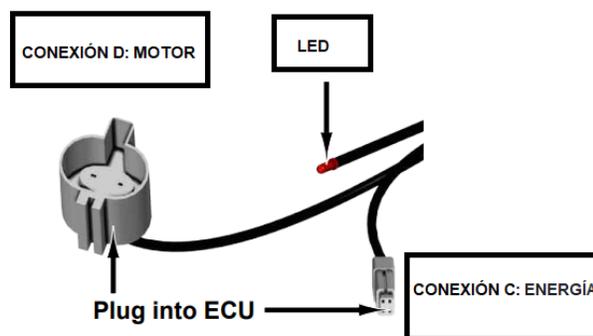
*Nota.* Tomado de (Valverde, 2018).

### 3.2.7 B: Cable blanco a fuente conmutada de 12V y C: Energía

El cable blanco es la fuente conmutada de 12V, este cable es el encargado de regular el paso de corriente. El cable conmutado de 12 V va en conjunto con el cable de energía (C), estos dos cables con interferidos por una fusilera que evita que el sistema eléctrico se obstruya.

#### Figura 36

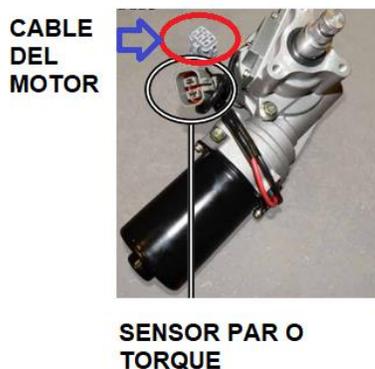
Cable B Y C



Nota. Tomado de (Valverde, 2018).

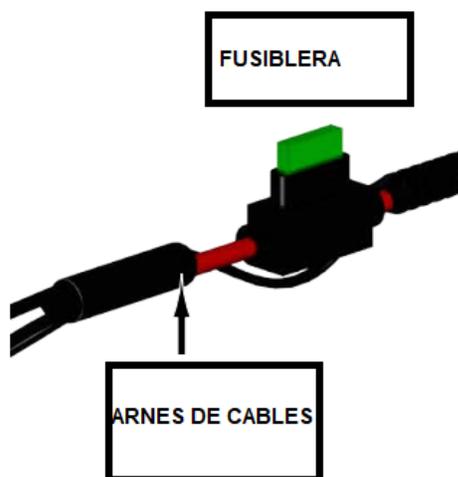
### 3.2.8 D: Motor

El cable D: Motor está ubicado en el lado posterior del motor que es el encargado de recibir una señal de la ECU para entrar en funcionamiento cuando el sistema de dirección entre en un funcionamiento.

**Figura 37***Cable del Motor*

### 3.2.9 Fusilera

La fusilera es el lugar donde se aloja el fusible, en el caso de la dirección electro asistida se utilizó un fusible de 20A. El fusible tiene la misión de interrumpir el paso de corriente. El fusible en si protege el sistema eléctrico y evita daños severos.

**Figura 38***Fusilera*

*Nota.* Tomado de (Valverde, 2018).

### **3.2.10 Cremallera de la dirección**

La cremallera de la dirección tiene incorporado un juego de engranajes, que convierte el movimiento circular en un movimiento lineal. La cremallera tiene incorporado un piñón que gira de izquierda a derecha sobre la cremallera, este movimiento rinde cuando el vehículo está en accionamiento con el volante.

### **3.3 Instalación del sistema de la dirección electro asistida**

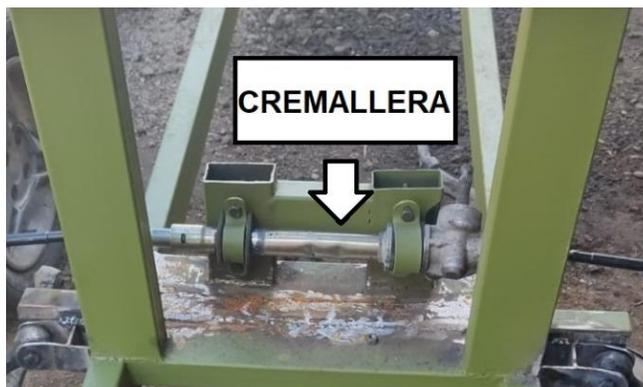
La instalación del sistema de dirección electro asistida EPS implica crear un banco didáctico en una estructura metálica para las prácticas respectivas con respecto al sistema dirección y tipos del sistema de dirección.

#### **3.3.1 Instalación de la cremallera en la estructura**

En el interior de la estructura o chasis se procede a la instalación de la cremallera. Para nuestro sistema se utilizó de una cremallera convencional para adaptarla con los componentes eléctricos, debido que el sistema de dirección electro asistida es universal que se puede adaptar a todo tipo de vehículos.

#### **Figura 39**

*Instalación de la cremallera*



**Figura 40***Ajuste de las abrazaderas de la cremallera*

Como se puede apreciar en la figura 40 está la colocación de la cremallera. Para la instalación de la cremallera en su interior va con el apoyo hacia el chasis y cogida con dos abrazaderas y dos pernos y tuercas 13 para la sujetar el componente mecánico.

En la figura 41 se puede apreciar la conexión del terminal con la mangueta para esta conexión lo realizaremos con la ayuda de una llave 17 ya lograr un mayor ajuste en el sistema de la dirección.

**Figura 41**

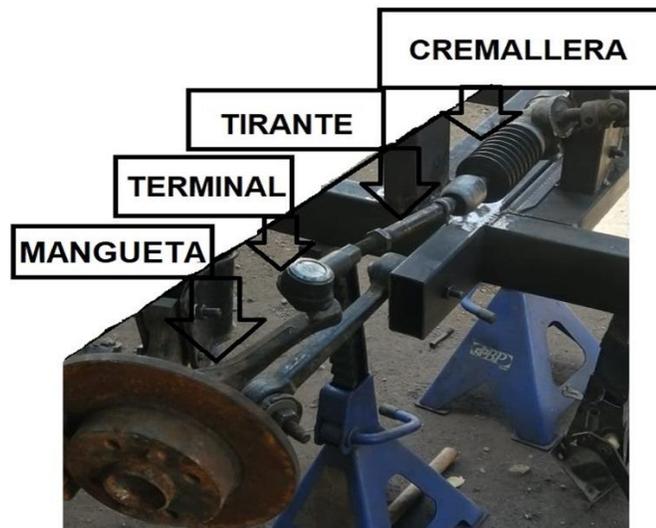
*Conexión del terminal con la mangueta*



Instala la cremallera se procede a la conexión con los terminales y a la unión con la mangueta. En los extremos de la cremallera se une el tirante con los terminales y de ahí a la conexión con la mangueta el cual une tanto elemento de la dirección con la de la suspensión.

**Figura 42**

*Conexión tirante de la cremallera, terminal, mangueta*



### **3.4 Montaje del eje de cruceta de la dirección y columna de dirección**

#### **3.4.1 Montaje del eje de la cruceta de la dirección**

En la figura 43 nos muestra el eje de la cruceta de dirección que va acoplada en la parte inferior de la dirección. Este componente mecánico va conectado a la caja de engranajes de cremallera piñón. Los engranajes de la dirección piñón cremallera realizan rotaciones del piñón desde en el extremo del eje principal que apoyan a los dientes de la cremallera transformando en si el movimiento original en el de izquierda a derecha.

**Figura 43**

*Eje de la cruceta de la dirección*

**Figura 44**

*Instalación del eje de crucetas en la dirección*

**EJE DE CRUCETAS DE LA DIRECCION**



### 3.4.2 Montaje de la columna de la dirección

En la figura 45 se muestra la junta universal y el eje articulado, estos dos componentes transmiten el movimiento desde el volante a la dirección electro asistida movilizándolo en sí la dirección del vehículo.

#### Figura 45

*Eje articulado y junta universal*



En la figura 46 se muestra la conexión del eje articulado y la junta universal que está incorporada hacia la dirección electro asistida. Ya lista la conexión se procede a la carrocería para instalarla con la cremallera y observar si tiene movilidad desde el volante hacia las ruedas delanteras.

**Figura 46**

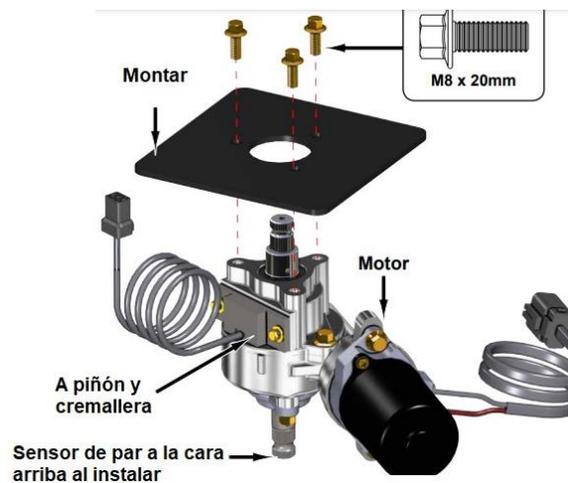
*Montaje del eje de crucetas y columna de la dirección*



Para el montaje de la tapa sobre el sistema de dirección para colocar la tapa se utilizó 3 pernos de M8 x 20 mm. En la figura 47 se muestra la colocación de los pernos para sujetar con en la estructura metálica.

**Figura 47**

*Montaje de la tapa sobre la dirección*



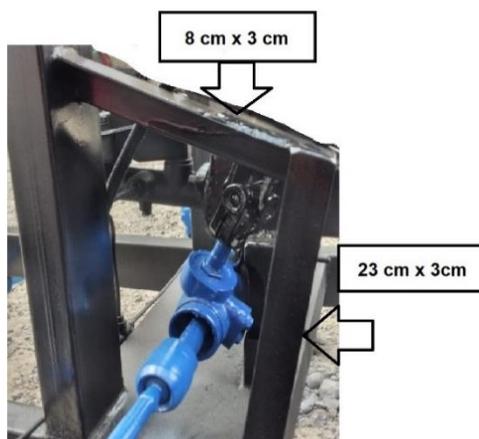
*Nota.* Tomado de (Valverde, 2018).

### 3.4.3 Unión de platinas la colocación de la dirección

En la figura 48 muestra las platinas soldadas para colocar la dirección, una platina con un largo de 23 cm y de ancho 3 cm y la otra de 8 cm de largo y de ancho por 3 cm. Estas platinas van colocadas para poder sujetar la dirección con el motor.

**Figura 48**

*Platinas soldadas para la sujetar la dirección*



Colocada las platinas y armada la dirección electro asistida con todos los componentes mecánicos, se procede a la instalación dentro de la carrocería. Se une la caja de engranajes con el eje de crucetas como se muestra en la figura 49.

**Figura 49**

*Unión del eje de cruceta con la caja de engranajes*



Con ayuda de la platina de dirección colocamos 6 pernos 10, 3 pernos de enumeración M8 x 20mm son colocados en la parte de arriba y en la parte inferior colocamos las 3 pernos y tuercas de la misma enumeración mencionada anterior mente para la sujetar la dirección y no pueda caer.

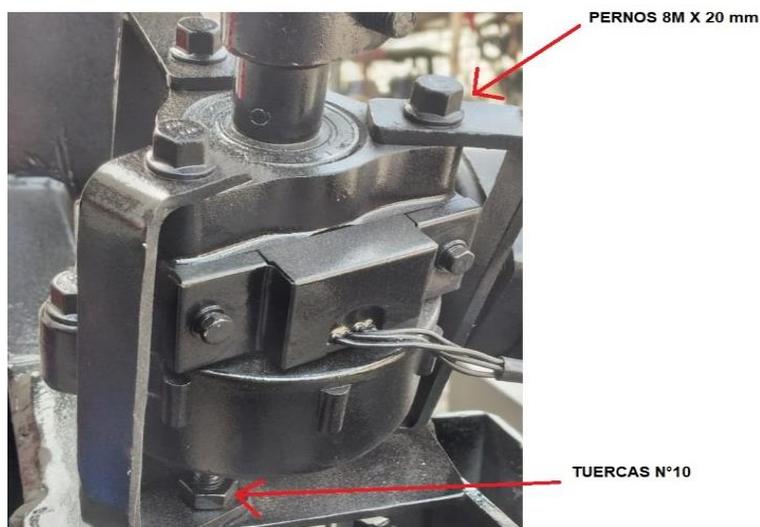
### Figura 50

*Ajuste de los pernos 13 con ayuda de una llave 13*



### Figura 51

*Instalación de la dirección en la carrocería pernos 8m x 20mm y tuercas 10*



En la figura 52 se muestra la unión de la caja de engranajes de cremallera y piñón con la del eje de crucetas de la dirección. Estos componentes se encargarán de transmitir del movimiento de izquierda a derecha transmitiendo la movilidad a las ruedas del banco didáctico.

### Figura 52

*Montaje de eje de crucetas en la caja de engranajes*



#### 3.4.4 Incorporación del volante

Para la instalación del volante se utilizó un volante con la misma ceja de la columna de dirección, para que tenga una mejor movilidad hacia los lados tanto izquierdos como derechos. En la figura 55 se muestra la instalación del volante que está siendo apoyada a la carrocería, y cogida con 2 abrazasas y 4 pernos 12 para que se mantenga estática la columna y se pueda maniobrar desde el volante.

**Figura 53**

*Instalación del volante con ayuda de una llave 10*

**Figura 54**

*Fijación de la columna de la dirección*



**Figura 55**

*Instalación del volante*



#### **3.4.5 Conexión de la ECU**

Bajo una platina de 3 cm x 5 cm se instaló la ECU usando 2 pernos M6 x 16mm para sostener a la ECU. En la figura 56 se puede observar la ECU que esta acoplada a la carrocería con la fijación de los 2 pernos.

**Figura 56**

*Incorporación de la ECU, sosteniendo con 2 pernos 10*

**Figura 57**

*Instalación de la ECU*



En la figura 58 se muestra la entrada A la ECU que es el sensor par o tanque que va a recibir señales directas del ángulo de la dirección. El cable del sensor par se encuentra en la dirección electro asistida como se muestra en la figura 60.

**Figura 58**

*Entrada A la ECU*

**Figura 59**

*Conexión a la entrada de la ECU*

**Figura 60**

*Cable del sensor par o torque*



### 3.4.6 Cálculo de fusible para el circuito de la dirección electrónica.

Para la utilización del fusible se realizó el siguiente cálculo tomando los datos de la potencia de motor eléctrico y el voltaje de la batería.

1. Determinar el voltaje que manejaremos esto se encuentra en la fuente de poder.

➤ **Fuente de poder:** Batería 12V

2. Determinar cantidad de vatios en el circuito.

➤ **Fuente:** Motor de 405W

3. Con ayuda de la calculadora dividir el número de vatios para el voltaje. Dando como resultado 33.75 amperios. Y se realizar el circuito con el fusible de 40 amperios para la protección del mismo.

### 3.5 Ejercicio de cálculo de fusible

**DATOS:**

**V:** 12

**W:** 405

**A:?**

#### 3.5.1 Resolución:

**Ecuación 1** Cálculo para la utilización del fusible

$$A = \frac{W}{V} = A$$

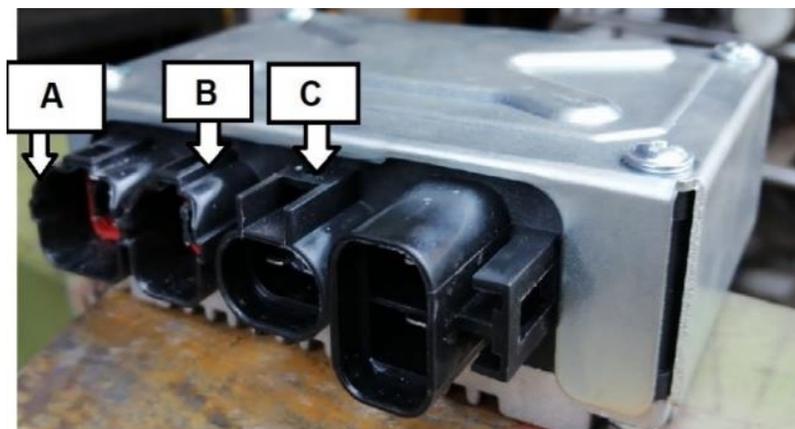
$$A: \frac{405w}{12v} = 33,75 A$$

En la figura 61 se muestra la entrada B que es la fuente conmutada de 12 V, y la C que es de energía. Estas entradas regulan la cantidad de corriente que es enviada a la

ECU por medio de un fusible de 40A que regula la cantidad de corriente. Este cable va desde la batería hacia la ECU que regulan la cantidad de corriente hacia al ECU.

**Figura 61**

*Entras B y C a la ECU*



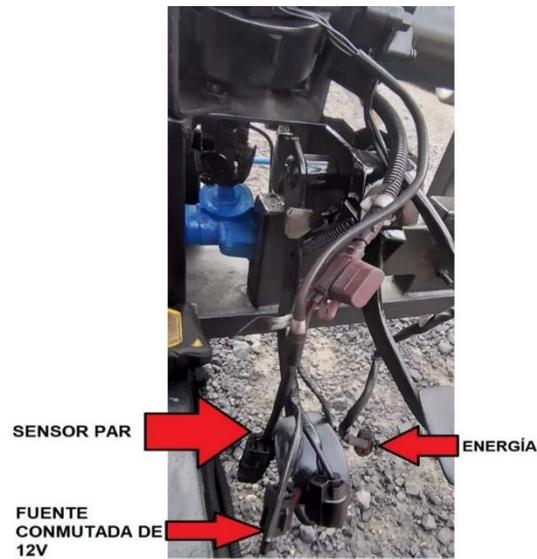
**Figura 62**

*Fusible de 40A.*



**Figura 63**

*Cables de las entradas a las ECU que son A, B y C*

**Figura 64**

*Conexión de las entradas a la ECU (B y C)*



En la figura 65 se muestra la salida del cable de la batería que son dirigidas hacia las entradas B y C que va directamente desde la batería por las líneas de la carrocería que pasa por el motor y va directamente a la fusilera que regula el paso de corriente enviando la cantidad respectiva a la ECU.

**Figura 65**

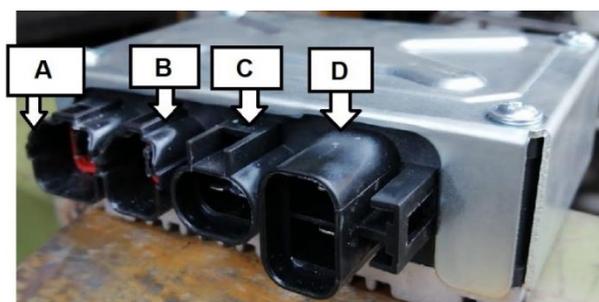
*Salida del cable de la batería*



En la figura 66 se muestra la entrada D que es del motor hacia la ECU que envía una señal al motor. La entrada D es la encargada de enviar una señal al motor para ponerla en funcionamiento cuando entra en contacto con la batería. Cuando esta entrada falla o es motor se encuentra averiado automáticamente deja de funcionar y se convertiría en una dirección mecánica.

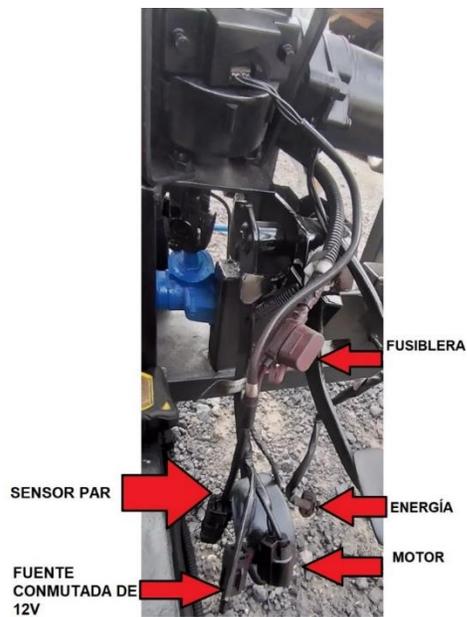
**Figura 66**

*Entrada D a la ECU*



**Figura 67**

*Cables de las entradas de la ECU A, B, C, D*

**Figura 68**

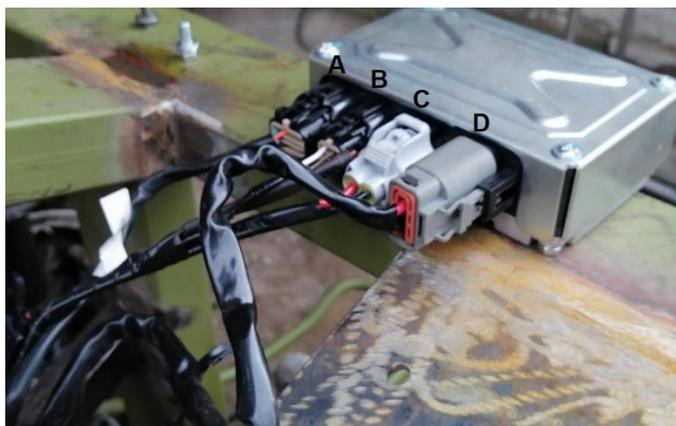
*Conexión de la entrada a la ECU (D)*



En la figura 69 se muestra se muestra todas las entradas conectadas a la ECU que son A: del sensor par o torque, B: fuente conmutada de 12 voltios, C: energía y D: Motor.

### Figura 69

*Conexión de todas las entradas de la ECU*

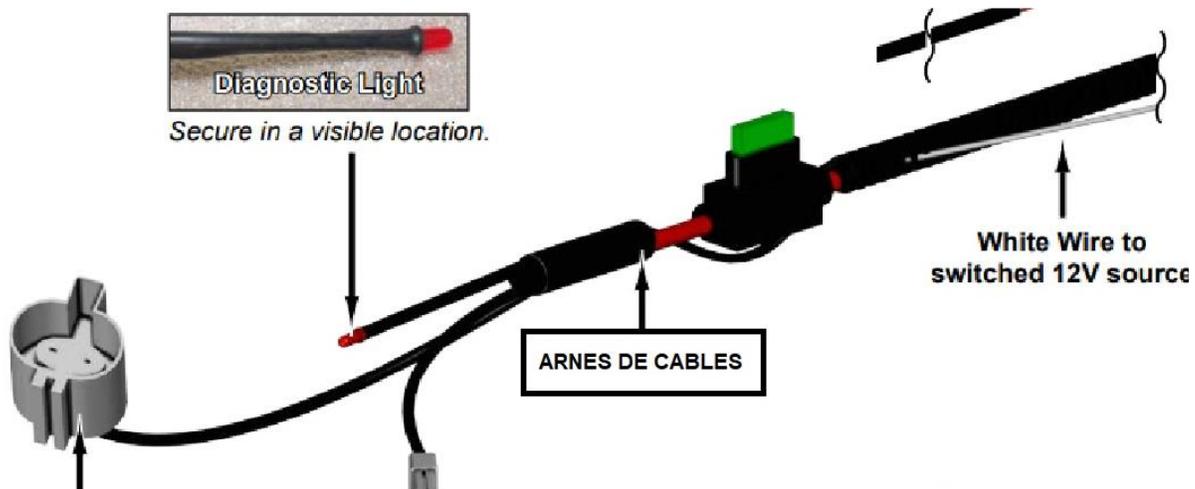


En la figura 70 se muestra el Led que se accionara cuando el sistema de dirección entre en funcionamiento, para que se encienda el Led se puso un interruptor. Este Led sale del cable del arnés del cable como se muestra en la figura 71.

### Figura 70

*Led de la dirección*



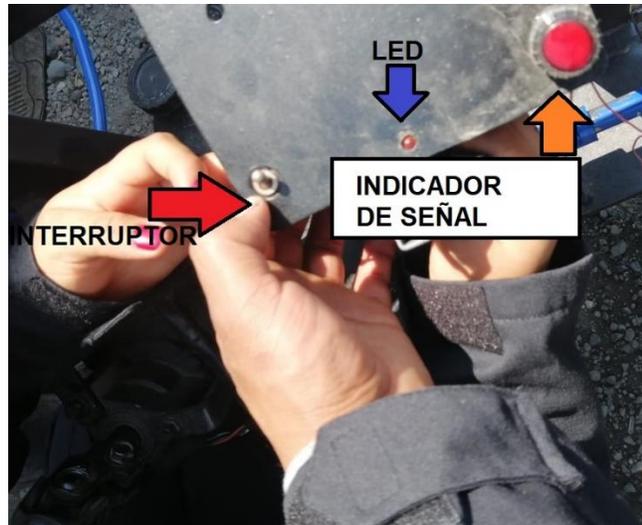
**Figura 71***Led con salida del arnés de cables*

Finalizada la conexión de la ECU se procede a la instalación de un foco Led y un interruptor. El Led indicará cuando el sistema de dirección electro asistida entra en funcionamiento, este Led se acciona con la ayuda de un interruptor que cuando se accione el interruptor el Led se encenderá y el sistema de dirección entra en funcionamiento.

**Figura 72***Instalación del interruptor*

**Figura 73**

*Instalación del Led y el interruptor*



Para probar el funcionamiento del sistema se realizó la conexión a la batería con las salidas de la ECU que son B y C. En las figuras 74-75 se observa la conexión y ubicación de los cables hacia la batería para poder evidenciar el funcionamiento del sistema eléctrico.

**Figura 74**

*Ubicación de los cables hacia la batería*



**Figura 75**

*Conexión del positivo (+) y negativo (-) a la batería*

**3.6 Funcionamiento del sistema**

En las figuras 76 y 77 se puede evidencia el funcionamiento del sistema de dirección electro asistida de izquierda a derecha. Realizada todas las conexiones a la ECU y a la batería se pone en práctica el funcionamiento. El Led se enciende y la dirección al hacer manipulada es suave y conforme, pero cuando el sistema el eléctrico se apaga o se avería llega hacer una dirección mecánica.

**Figura 76**

*Funcionamiento del sistema a la derecha*

**Figura 77**

*Funcionamiento del sistema a la izquierda*



### 3.7 Pruebas de funcionamiento del sistema de dirección electro asistida del “Hyundai Accent”

#### Figura 78

*Vehículo del Hyundai Accent*



*Nota.* Tomado de (Patiotuerca, 2021)

Las pruebas de funcionamiento del (HYUNDAI ACCCENT) determinan el ángulo a la velocidad que el vehículo está siendo maniobrado por el conductor. La dirección eléctrica drive (Hyundai Accent) tiene un tipo de asistencia de Column Drive como se puede ver en la figura 78, este sistema a diferencia de otros sistemas ya que es menos costoso, liviano, y su funcionamiento no es complejo. Estos sistemas vienen incorporados en vehículos de alta gama como Hyundai Accent, Skoda, Toyota RAV4, Toyota Corolla, Volkswagen en modelos del 2008, tomando 4 señales principales en su funcionamiento (Ordoñez, L. 2018).

### 3.8 Funcionamiento

El sistema de dirección electro asistida del Hyundai Accent trabaja con cuatro señales que son las siguientes:

- ✓ Señal de velocidad del vehículo

- ✓ Señal de regímenes del motor de combustible (rpm)
- ✓ Señal principal del sensor par de dirección
- ✓ Señal auxiliar del sensor de par de dirección

Cuando el vehículo entra en funcionamiento la ECU de la dirección toma las señales mencionadas anteriormente.

La señal de velocidad del vehículo: Esta señal es generada por el sensor VSS, es el encargado de comunicar a la ECU de la dirección cuando el vehículo se encuentra en movilidad (Casa, D. 2018).

**La señal de regímenes del motor de combustible (rpm):** Esta señal es generada por el sensor CKP, en el vehículo Hyundai Accent toma la señal del sensor CMP (Lavayen, B. 2016).

Las señales de velocidad y regímenes del motor de combustibles (rpm) ingresan a la ECU de la dirección para hacer una comparación de los datos y curvas características que son implementadas en la unidad de control (Lavayen, B. 2016).

Señal principal del sensor par de dirección: Cuando el sistema de dirección entra en funcionamiento y el conductor gira el volante a la izquierda o derecha, el sensor que está ubicado en la columna capta la torsión y la magnitud dependiendo al lado que gire la dirección generando la **señal principal o auxiliar**. Al igual que las señales anteriores ingresan a la ECU de la dirección y son comparadas las curvas específicas, y la misma unidad de control excita al motor eléctrico de la dirección general una fuerza de asistencia necesaria para las condiciones de manejo (Casa, D. 2018).

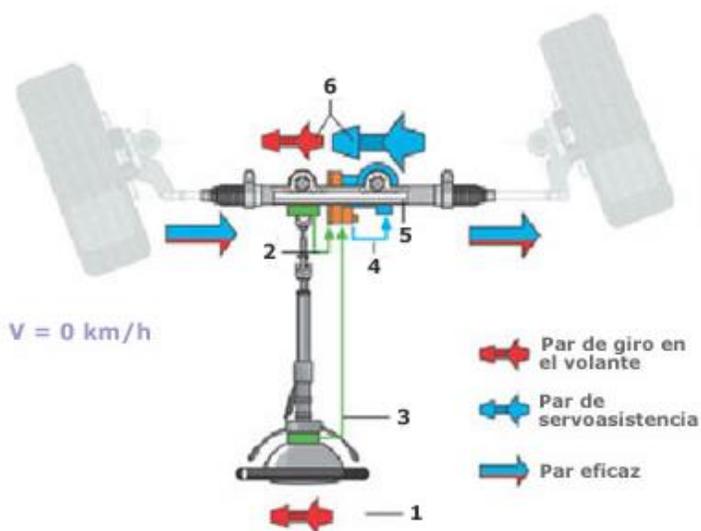
La fuerza de asistida aplicada en la columna de la dirección del Hyundai Accent tienen incorporado el sistema columna drive, que tiene acoplada a la columna de la dirección con el sistema de tornillo sin fin con bolas circulares (Rameix, E. 2019).

La columna de la dirección tiene 2 fuerzas de asistencia que son transmitidas a la cremallera de asistencia, estas fuerzas son generadas por el motor eléctrico y por el conductor. Cabe recalcar que el sensor par, el motor y la unidad de control forman un mismo conjunto (Serrano, G. 2015).

**Funcionamiento de la dirección al aparcar:** Cuando el vehículo esta en fruncionamiento y el conductor gira el volante a un angulo mayor de 180° para aparcar. En esta condición el sensor par detecta la torsión e informa a la unidad de control de la dirección, que se está aplicado una fuerza par al volante en esta parte genera la señal principal y auxiliar.

**Figura 79**

*Funcionamiento Aparcar*



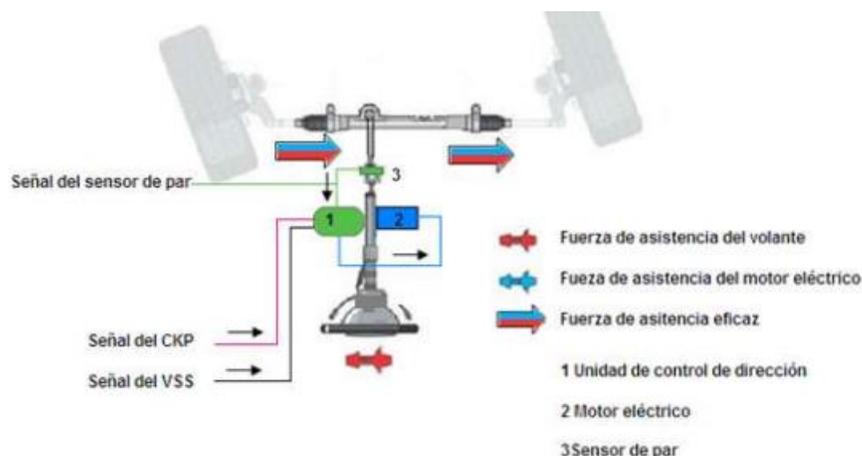
En la siguiente figura 66 indica que el sensor VSS comunicada a la a la ECU de la dirección que el vehículo está a 0kmm/m, y el sensor CMP informa que el motor está trabajando entre 700 a 800 rpm (ralentí). El análisis de los datos con las señales principales y auxiliar y con una velocidad 0 km/m, en función con las curvas

características implementan un control a la unidad de control aportar una fuerza intensa y excita al motor eléctrico (Charaja, J. 2015).

**Funcionamiento de la dirección circulando a velocidad media:** Cuando sistema entra en funcionamiento el conductor mueve el volante al recorrer una curva o línea recta a velocidad media entre 50 y 70 km/h, en este caso el sensor par informa a la ECU de la dirección informa que esta aplicado una torsión de mediana intensidad (Carbay, V. 2017).

### Figura 80

*Funcionamiento de la dirección circulando a velocidad media*



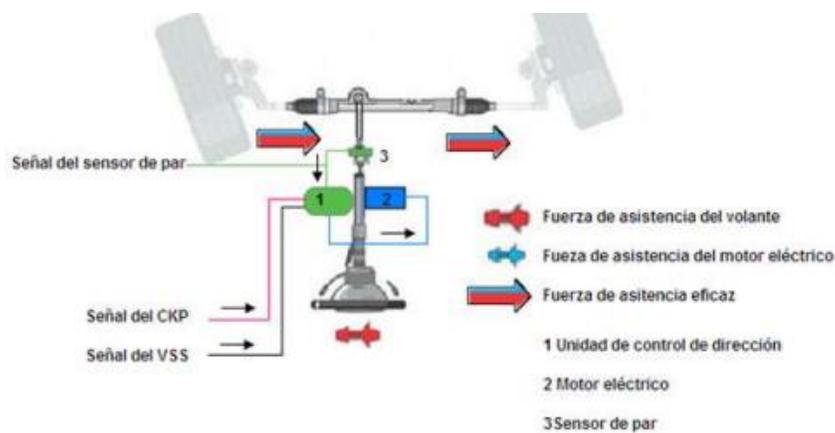
En el caso de que el vehículo está con una marcha de 50 a 70 km/h la unidad de control de la dirección, determina la necesidad de aportar un par de fuerza de asistencia de mediana magnitud excitando así al motor eléctrico. Cuando el vehículo recorre una curva produce una fuerza que a través del segundo piñón trabaja sobre la cremallera. Las fuerzas aplicadas del volante y el par de fuerza de asistencia media son eficaces para el movimiento de la cremallera cuando el vehículo se encuentre en una curva en un tráfico urbano (Ljungberg, M. 2014).

**Funcionamiento de la dirección circulando a velocidad crucero:** En este caso la condición de conducción del vehículo se encuentra en una velocidad comprendida de 90 a 100 km/h, el conductor gira el volante a una pequeña magnitud (Mamani, E. 2015)

En este caso el sensor par informa a la unidad de control que el conductor esta aplicado un leve movimiento a la dirección y que está en una baja magnitud estado el vehículo en una marcha de 90 a 100 km/h. Las curvas características implementadas en la ECU para  $V= 90^a 100$  km/h determina si hay necesidad de aportar un par de fuerza de asistencia leve en si excitando al motor (Mamani, E. 2015).

**Figura 81**

*Funcionamiento a velocidad de crucero*

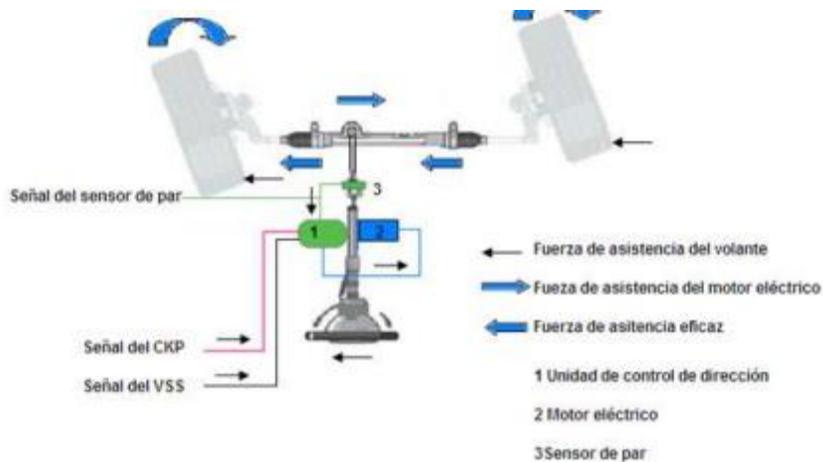


Cuando el vehículo está circulando en carretera se forma una fuerza de asistencia baja en magnitud ya que no se aporta ninguna asistencia del piñón a través del motor eléctrico. En este caso cabe decir que la fuerza par de giro sobre el volante es eficaz que al maniobrar la velocidad crucero (Charaja, J. 2015).

**Funcionamiento de la dirección en "retro giro activo":** En este caso cuando la se encuentra en funcionamiento la dirección y el vehículo sale de una curva corta o larga.

## Figura 82

### Funcionamiento retro activo



Cuando el conductor reduce la fuerza par en una curva la torsión se relaja. La geometría produce fuerzas de retro giro a los neumáticos virados. La fricción del sistema de dirección hace que las fuerzas de retro giro estén bajas para que las ruedas vuelvan a la posición recta. Cuando el vehículo está en marcha envía una señal a la ECU de la dirección y las curvas características son analizadas y calculan si deben aportar al motor el retro giro de las ruedas, el motor excita y regresan las ruedas a la posición normal (Chuquiguanga, W. 2015).

### 3.9 Causas, Averías y Soluciones Del Sistema De Dirección Electro Asistida

**Tabla 1**

*Causas, Averías y Soluciones del Sistema de Dirección Electro Asistida*

<b>Causas</b>	<b>Averías</b>	<b>Soluciones</b>
<p><b>Ruido de fricción: Movimiento brusco con los componentes mecánicos y eléctricos</b></p>	<p>Desgaste u obstrucción de los casquillos de goma. En estos casos hay interferencia entre el volante y las componentes cernos a la EPS.</p>	<p>Inspeccionar el sistema de dirección con los componentes eléctricos y verificar el funcionamiento de la EPS.</p>
<p><b>Ruido de roce: Este tipo de ruido es cuando el vehículo gira a una velocidad y se produce un ruido procedente de la columna de dirección o la ECU.</b></p>	<p>En el interior del sensor par tiene un desgaste anormal en el cepillo.</p>	<p>Desmontar la columna de la dirección y la EPS y verificar su estado para un respectivo mantenimiento.</p>
<p><b>Ruido de taqueo</b></p>	<p>Escuchar ruidos de taqueo en la dirección no es normal verificar los componentes pegados a la ECU. Además, verificar componentes montados en la carrocería, así como observar los pernos que estén en buen estado y en funcionalidad.</p>	<p>Inspeccionar el sistema EPS y en caso de estar algún componente averiado sustituirlo inmediatamente.</p>

Causas	Averías	Soluciones
<p><b>Ruido anormal en el funcionamiento del motor del sistema EPS</b></p>	<p>Es normal que el motor tengo un ruido por el funcionamiento, pero al tener un ruido brusco es debido que el motor presenta fallas como en el sistema eléctrico.</p>	<p>Verificar el estado el motor del sistema EPS y en el caso de estar con anomalías cambiarlo.</p>
<p><b>Esfuerzo al girar la dirección</b></p>	<p>Cuando la dirección está en funcionamiento es poco usual que la temperatura descienda. Pero cuando la DTC 1630 y el motor se ve un poco tiempo de vida útil esto es debido a fallas en el sistema EPS.</p>	<p>Borrar el DTC 1630 y esperar un tiempo de 30 – 40 minutos hasta que la temperatura del motor descienda y el sistema EPS entre en normalidad.</p>

### 3.10 Vehículos con dirección electro asistida

Vehículo con dirección electro asistida vendidos en Latinoamérica:

- ✓ Kia Picanto Mec Vibrant
- ✓ Kia Optima Hibrid Zenith 2000cc At Aa
- ✓ Mercedes-benz Clase A 1.4 A 200
- ✓ Audi A3 1.2 Tfsi Ambition
- ✓ Suzuki Jimny 1.3 Campero
- ✓ Volksgen Jetta 1.4 Tsi Highline

Unos de los vehículos con dirección electro asistida son los siguientes:

- ✓ Nissan March
- ✓ Nissan Versa

- ✓ Nissan X-Trail Intelligent
- ✓ Kia Picanto Picanto Mec Vibrant
- ✓ Bmw Serie 3 M340I X-drive 2020

## Capitulo IV

### 4. Conclusiones y Recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones

- En el sistema de dirección electro asistida implementado en el eje delantero nos muestra una mejor movilidad y maniobrabilidad del volante sin tener ninguna dificultad en el funcionamiento.
- Esta implementación de la dirección electro asistida tiene un resultado satisfactorio para la en la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe-L ya que ayudará a mejorar la calidad de estudio y enseñanza de las futuras generaciones del campo automotriz.
- Los componentes de la dirección electro asistida adquiridos son de excelente funcionamiento ya que el sistema adquirido es universal que puede ser adaptable para toda clase de vehículo y su instalación no lleva mucha dificultad.
- Se concluye que el sistema de dirección electo asistida funciona correctamente con una mejor suavidad o con un menor esfuerzo por parte del manipulante del volante en si teniendo una mejor movilidad del coche.

#### 4.2 Recomendaciones

- En la conexión de las entradas a la ECU tener cuidado al conectar porque al realizar una mala conexión podría llegar a averiarse la ECU. Por ello se debe observar detenidamente los cables y las entradas de la ECU para que encajen de forma correcta.
- En la instalación de la dirección electro asistida tener cuidado con el cable del sensor de par, de no dejarlo caer al suelo y que no exista el ingreso de impurezas

al conector porque pueden llegar a obstruirse o averiarse por la mala manipulación o un descuido del mismo.

- Cuando se realiza la unión de los ejes de las crucetas con la caja de piñón cremallera tener cuidado y colocarlo bien, un mal encargue en los dientes puede remorderse o atascar entre ellos provocando una grave avería.
- Un mantenimiento de este es revisar constantemente que no haya impurezas como polvo o más aun agua en la ECU del sistema, debido a estas causas el sistema electrónico puede llegar a averiarse causando cortos circuitos u obstrucción de ellas mismo generando pérdidas económicas. Este sistema tiene que tener cuidado de posibles contactos con el agua, debido a que es un sistema electrónico que al contacto con el agua puede llegar a generar cortos circuitos en su sistema y quedar inhabilitado.

## Bibliografía

- Ángel, L., & Santiago, M. (2012). *Construcción e implementación de un tablero didáctico del sistema de dirección asistida eléctricamente (EPS) para la Escuela de Ingeniería Automotriz*. . Obtenido de <https://doi.org/http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/1234>
- Álvarez Veintimilla, C. E., & Carrera Tapia, R. D. (2015). Artículo Científico-Diseño, construcción e implementación de un sistema de dirección asistida hidráulicamente a las cuatro ruedas de un vehículo automotor.
- Armijos, O. . (2019). *Geometría de La Dirección*.
- Bacü, D. (2019). *Ángulos de La Dirección*.
- Carbay, V. (2017). *Electricamente Sistema Esp Funcionamiento PDF*.
- Casa, D. (2018). *Sistema de dirección* .
- CHARAJA, J. (2015). *Práctica de laboratorio de sistema de dirección*.
- Chuquiguanga, W. (2015). *Dirección Asistida*.
- Falconi, N. & Tamba, L. (2015). *Construcción de una maqueta del sistema de dirección electrónica de un Hyundai Accent 2008*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Isah, A. (2019). *Dirección asistida por energía eléctrica: una revisión*.
- Jimenez, E. (2020). *Sistema de Dirección Electrónica*.
- LAINES, F. (2016). *Construcción de un módulo didáctico del sistema de dirección electro-asistida del hyundai accent 2010*.
- Landeo, R. (2016). *Ángulos de La Dirección*.
- Lavayen, B. (2016). *Análisis de funcionamiento y detección de fallas del sistema de dirección electro asistida del vehículo Toyota Prius 2010*. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador.

- Ljungberg, M. (2014). *Sistema de dirección de asistencia de energía eléctrica*.
- Lluisaca Aucapiña, C. (2018). *Diseño y construcción del sistema de dirección de un vehículo de competencia de fórmula SAE eléctrico*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- MAMANI, E. (2015). *Diseño y construcción de una maqueta funcional de sistema de dirección asistida electricamente (EPS)*.
- Ordoñez, L. (2018). *Sistema de Dirección Asistida Electrica*.
- Pebe, D. (2018). *Tipos de Dirección Asistida*.
- Ponluisa, E. (2020). *Implementación de un sistema de dirección para un vehículo biplaza tipo buggy para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la unidad de gestión de tecnologías ESPE*. Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24893/1/M-ESPEL-mat-0110.pdf>  
R: (2020)
- Pozo, A. (2018). *Dirección Electro Asistida*.
- Rameix, E. (2019). *Ángulos de Dirección*.
- Ramírez, J. P. (2018). *Ángulos Geometría de La Dirección*.
- Carrera, R. & Álvarez, C. (2015). *"Diseño, construcción e implementación de un sistema de dirección asistida hidráulicamente a las cuatro ruedas de un vehículo automotor"*.
- Rodríguez, P. (2014). *Dirección Hidráulica*.
- Serrano, G. (2015). *Dirección Asistida Ford R14S05*.
- Yopez, L. M. (2020). *Dirección Asistida Electricamente*.

# ANEXOS