

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE TECNOLOGIA
CARRERA DE MECANICA AUTOMOTRIZ



TRABAJO DE APLICACIÓN

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUETA FUNCIONAL DE SISTEMA DE
DIRECCION ASISTIDA ELECTRICAMENTE (EPS)**

PARA OPTAR AL TITULO DE LICENCIATURA EN MECANICA AUTOMOTRIZ

POSTULANTE: EDWIN QUISPE MAMANI

LA PAZ- BOLIVIA

2015

DEDICATORIA

Este trabajo de aplicación la dedico primeramente a Dios por haberme dado la vida para seguir luchando en esta dura vida, luego a mi padre por haberme brindado su apoyo incondicional; a mi madre lo más importante en mi vida, quien me ha enseñado a luchar para conseguir mi objetivo.

Dedico también a mis amigos porque ellos han estado cuando más los necesité, a mis profesores por ser el apoyo fundamental en toda mi vida estudiantil, gracias a todos aquellos los que me ayudaron a levantar cuando estuve caído.

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Universidad Mayor de San Andrés, en especial a la Facultad de Tecnología, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad y en la vida.

Agradecer también a nuestros docentes de la carrera Mecánica Automotriz, quien con su gran personalidad y el suficiente conocimiento en el tema contribuyeron en el desarrollo y culminación total de este trabajo de aplicación.

INDICE GENERAL

1.	INTRODUCCION.....	1
2.	ANTECEDENTES.....	2
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3.1.	Identificacióndel problema.....	2
3.2.	Formulacióndel problema.....	2
4.	OBJETIVOS.....	3
4.1.	Objetivo General.....	3
4.2.	Objetivos Específicos.....	3
5.	JUSTIFICACION.....	3
5.1.	Justificación Técnica.....	3
5.2.	JustificaciónEconómica.....	3
5.3.	JustificaciónSocial.....	3
6.	FUNDAMENTO TEORICO.....	4
6.1.	Disposiciónde los elementos sobre el vehículo.....	4
6.1.1.	Volante de dirección.....	5
6.1.2.	Columna de dirección.....	6
6.1.3.	Caja o mecanismo de dirección.....	6
6.1.3.1.	Piñón y cremallera.....	7
6.1.3.2.	Cremallera de relación variable.....	8
6.1.3.3.	Tornillo sinfín y rodillo.....	8
6.1.3.4.	Tornillo sinfín y dedo.....	9
6.1.3.5.	Tornillo sinfín y tuerca.....	9
6.1.3.6.	Tornillo sinfín y sector dentado.....	10
6.1.3.7.	Tomillo sinfín y bolas circulantes.....	10
6.1.4.	Palancas de dirección.....	11
6.1.4.1.	Palanca de ataque.....	11
6.1.4.2.	Barra de mando.....	11
6.1.4.3.	Brazo de acoplamiento.....	12
6.1.4.4.	Barra de acoplamiento.....	12
6.1.4.5.	Rotulas de dirección.....	12

6.2.	Geometría de la dirección.....	13
6.2.1.	Angulo de caída.....	14
6.2.2.	Angulo de salida.....	15
6.2.3.	Angulo de avance.....	16
6.2.4.	Angulo de convergencia.....	17
6.2.5.	Cotas conjugadas.....	19
6.3.	Cualidades que debe reunir un sistema de dirección.....	21
6.4.	Direcciones asistidas.....	21
6.4.1.	Dirección asistida hidráulicamente.....	22
6.4.2.	Dirección asistida neumáticamente.....	23
6.4.3.	Dirección asistida eléctricamente.....	24
6.4.3.1	Arquitecturas mecánicas del sistema.....	25
6.4.3.1.1.	Montaje de EPS sobre la Columna de Dirección.....	25
6.4.3.1.2.	Montaje de EPS sobre el piñón.....	26
6.4.3.1.3	Montaje de EPS sobre la cremallera.....	26
6.4.3.2	ventajas y desventajas de una dirección asistida eléctricamente.....	27
6.4.3.3.	Componentes del sistema EPS.....	28
6.4.3.3.1.	Sensor de ángulo de dirección.....	28
6.4.3.3.2.	Sensor de par de dirección.....	30
6.4.3.3.3.	Sensor de velocidad del motor.....	31
6.4.3.3.4.	Sensor de velocidad del vehículo.....	32
6.4.3.3.5.	Módulo de control del EPS.....	33
6.4.3.3.6.	Motor eléctrico del EPS.....	34
6.4.3.3.7.	Testigo luminoso de averías.....	35
6.4.3.4.	Principio de funcionamiento de una EPS.....	35
6.4.3.4.1.	Asistencia principal.....	36
6.4.3.4.2.	Retorno activo.....	37
6.4.3.4.3.	Compensación de inercia.....	37
7.	MARCO PRÁCTICO.....	38
7.1.	Diseño de la estructura.....	38
7.2.	Construcción de la estructura.....	50

7.3.	Simulación de la señal de revoluciones del motor y velocidad del vehículo	52
7.4.-	Descripción general de Suzuki Wagon.....	57
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
8.1.	Conclusiones.....	64
8.2.	Recomendaciones	64
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	65
10.	ANEXOS.....	66

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de componentes del sistema de dirección.....	5
Figura 2. Volante de dirección	5
Figura 3. Columna de dirección	6
Figura 4. Piñón y cremallera.....	7
Figura 5. Cremallera de relación variable	8
Figura 6. Tornillo sinfín y rodillo.....	8
Figura 7. Tornillo sinfín y dedo.....	9
Figura 8. Tornillo sinfín y tuerca.....	9
Figura 9. Tornillo sinfín y sector dentado	10
Figura 10. Piñón y cremallera	10
Figura 11. Piñón y cremallera	11
Figura 12. Geometría de la dirección	13
Figura 13. Angulo de caída.....	14
Figura 14. Angulo de salida.....	15
Figura 15. Angulo de avance.....	16
Figura 16. Angulo de convergencia.....	17
Figura 17. Angulo de convergencia.....	17
Figura 18. Convergencia positiva y negativa de las ruedas.....	18
Figura 19. Angulo de convergencia positivo y negativo	18
Figura 20. Angulo comprendido.....	19
Figura 21. Cotas conjugadas.....	20
Figura 22. Dirección asistida hidráulicamente	22
Figura 23. Dirección asistida neumáticamente.....	23
Figura 24. Dirección asistida electrónicamente.....	24
Figura 25. Dirección asistida EPS con montaje sobre la columna de dirección	25
Figura 26. Dirección asistida EPS con montaje sobre el piñón.....	26
Figura 27. Dirección asistida EPS con montaje sobre la cremallera	26
Figura 28. Dirección asistida eléctricamente.....	28
Figura 29. Sensor de ángulo de dirección.....	29
Figura 30. Esquema de sensor de ángulo de dirección.....	29

Figura 31. Principio de funcionamiento del sensor de ángulo de dirección.....	30
Figura 32. Sensor de Par de dirección	31
Figura 33. Esquema del sensor de revoluciones del cigüeñal	32
Figura 34. Esquema del sensor de velocidad del vehículo.....	32
Figura 35. Módulo de control EPS	33
Figura 36. Relación: corriente, torque y velocidad del vehículo.....	34
Figura 37. Motor Eléctrico	34
Figura 38. Luz de testigo de averías del sistema EPS	35
Figura 39. Asistencia principal de EPS	36
Figura 40. Retorno activo de EPS	37
Figura 41. Dinamómetro	38
Figura 42. Proyección isométrica de diseño de la estructura	40
Figura 43. Dimensiones de la estructura en (mm).....	40
Figura 44. Cargas puntuales en la estructura.....	41
Figura 45. Superficie de contacto con el suelo / Restricción fija	41
Figura 46. Proceso de soldadura de la estructura	49
Figura 47. Armado de elementos en la estructura	50
Figura 48. Maqueta terminado y ubicado cada uno de los elementos.....	50
Figura 49. Diagrama general del sistema de dirección EPS.....	51
Figura 50. Diagrama esquemático de luces de velocidad variable.....	53
Figura 51. Luces de velocidad variable armado en protoboard.....	53
Figura 52. Circuito impreso de luces de velocidad variable para la simulación.	53
Figura 53. Circuito de simulación de señales de régimen de motor y velocidad de vehículo	54
Figura 54. Señales digitales simuladas en proteus.	54
Figura 55. Sistema de dirección asistida eléctricamente.	57
Figura 56. Diagrama del cableado.....	58

RESUMEN

Los objetivos que englobaron en este trabajo de aplicación se basaron en general, en dar una explicación detallada y simplificada de lo que significa la dirección asistida eléctricamente EPS, a través del diseño y construcción de una maqueta funcional. Este trabajo de aplicación podrá servir para enseñar al estudiante de la Carrera de Mecánica Automotriz, en las clases prácticas de esta, el uso de este tipo de dirección.

En la introducción, se describe un panorama general del desarrollo e implementación de nuevas tecnologías en el sistema de dirección. Así mismo se exponen las ventajas y desventajas que proporciona el sistema de dirección asistida, el cómo está dispuesto la estructura, los componentes y finalmente el cómo estos trabajan en conjunto para que el sistema funcione.

Dentro del fundamento teórico, se detallan cuáles son los elementos que conforman el sistema de dirección y como estos trabajan en el sistema, logrando que la dirección se convierta en asistida, a través del intercambio de información entre la computadora principal y los sistemas que intervienen con la dirección; para que finalmente el resultado de ese cruce de información, logre que los elementos mecánicos actúen.

La metodología se realizó de manera experimental, con el desarrollo y construcción de la maqueta funcional, se realizó primeramente la modificación y adecuación del sistema de dirección asistida eléctricamente EPS, se adaptaron los implementos necesarios para simular las señales que necesita la dirección asistida para funcionar.

De las conclusiones y recomendaciones se dedujo que la dirección constituye una parte esencial dentro del vehículo, y que el sistema de dirección más adecuado para el usuario será aquel que no reste potencia al motor de combustión interna y que brinde mayor seguridad a altas velocidades.

1. INTRODUCCION

En los últimos años, se han introducido en el mundo de la industria automotriz, una serie de innovaciones tecnológicas que han dado como resultado un nuevo concepto de automóvil a nivel de: mayor maniobrabilidad, mayor confort, mayor seguridad tanto pasiva como activa, reducción del peso, reducción del consumo de combustible, reducción de emisiones de gases contaminantes, etc.

Uno de los sistemas que influye en la seguridad, maniobrabilidad y estabilidad del vehículo, es el sistema de dirección, el cual a la par de las innovaciones tecnológicas ha sufrido cambios y mejoras, por un lado en su funcionamiento y también en su forma constructiva.

Las direcciones asistidas electrónicamente o EPS (Electrical Powered Steering) son el tipo más reciente de dirección asistida, que se encuentran cada día más utilizados en vehículos de pasajero. Su nombre se debe a que utilizan un motor eléctrico para generar la asistencia en la dirección y un módulo electrónico que calcula la asistencia sin necesidad de quitar la potencia del motor. Al controlar el torque del motor eléctrico, de acuerdo a las condiciones de conducción produce un óptimo control de las características de la dirección, un menor consumo de combustible. Además es una tecnología limpia (cuida el medio ambiente) debido a que no utiliza aceite de dirección, reduce el peso del sistema, así como se mejoran las condiciones para el servicio técnico ya que no se necesitan remover líneas de aceite además no resta potencia al desempeño del motor pues no necesita bandas de transmisión para mover una bomba. Recientemente se ha incrementado el uso de este sistema en los vehículos de turismo, se espera que reemplace a los sistemas de dirección asistida hidráulicamente definitivamente.

Bajo este concepto es fundamental conocer a profundidad el funcionamiento de los elementos que conforman el sistema de dirección asistida electrónicamente, para hacer uso correcto del mismo, por tal razón el tema del proyecto de aplicación responde a investigar, diseñar y construir una maqueta funcional de sistema de dirección asistida eléctricamente.

2. ANTECEDENTES

Desde el año 1950 la electrónica ha desarrollado e implementado varios sistemas de control electrónico cada vez más sofisticados y precisos con el objetivo principal de reducir la contaminación ambiental en todo el mundo debido al calentamiento global. Los primeros trabajos sobre el EPS se iniciaron cuando el sistema electrónico de antibloqueo de frenos ABS, se encontraba en fase de pruebas. Entonces, los técnicos intuyeron, correctamente, que aquel era el principio de la realización de un sueño pero en aquellos tiempos (1978) no había suficiente material electrónico ni medios para hacer lo que ellos tenían en mente. Con el paso del tiempo aparecieron nuevos dispositivos electrónicos que completaron por así decirlo el ciclo de trabajo de la idea principal. La efectividad del EPS ha sido refrendada por el Instituto de Seguridad del Automóvil, organización dependiente de la "Asociación de Aseguradoras Alemanas (GVD)", lo que considera un elemento altamente eficaz en la prevención de accidentes en 2001.

Respecto a nuestro trabajo de aplicación, hemos encontrado trabajos de investigación relacionados al tema en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Escuela Superior Politécnica del Ejército. Los cuales han contribuido positivamente para abrir camino en la ejecución de nuestro trabajo investigativo, mismo que aportara en el proceso de enseñanza aprendizaje.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Identificación del problema

Los componentes de sistema de dirección asistida eléctricamente EPS, pueden ser estudiados fácilmente con una maqueta funcional, sin embargo esta acción se dificulta, cuándo estos componentes están montados en el vehículo por la incomodidad, y peor cuando el vehículo está en movimiento.

3.2. Formulación del problema

¿Cómo podríamos facilitar al estudiante, un aprendizaje sólido tanto teórico y práctico sobre la dirección asistida eléctricamente EPS.?

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Diseñar y construir una maqueta funcional de sistema de dirección asistida eléctricamente EPS, para facilitar al estudiante un aprendizaje sólido tanto teórico y práctico.

4.2. Objetivos Específicos

- ◆ Conocer todos los elementos mecánicos y eléctricos que integran el sistema de dirección asistida eléctricamente.
- ◆ Analizar esquemas eléctricos de conexión en el sistema de dirección asistida y parámetros de funcionamiento.
- ◆ Determinar la ubicación adecuada de los componentes de sistema de dirección asistida eléctricamente en la maqueta.
- ◆ Realizar los cálculos y mediciones correspondientes para realizar la construcción de la estructura de la maqueta.

5. JUSTIFICACION

5.1. Justificación Técnica

Este proyecto de aplicación de diseño y construcción, sobre una maqueta funcional de dirección asistida eléctricamente EPS, servirá de práctica demostrativa para poder diagnosticar de manera técnica las fallas internas del sistema.

5.2. Justificación Económica

Ya que este sistema es más difundido en la actualidad, con este trabajo de aplicación se pretende reducir costos, y mejorar el equipamiento en los talleres de la facultad.

5.3. Justificación Social

Con la realización de este proyecto de aplicación, se mejorará el aprendizaje estudiantil y de esta manera corregir y disminuir las falencias en la formación profesional.

6. FUNDAMENTO TEORICO

La dirección no es más que la modificación del movimiento longitudinal que ejerce el conductor por medio del volante, y lo convierte en un movimiento transversal hacia las ruedas, el conjunto de mecanismos que componen la dirección tiene la misión de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor.

La dirección junto con la suspensión son los encargados de sobrellevar un manejo estable, eficaz y sobretodo suave. Para que el conductor no tenga que realizar esfuerzo en la orientación de las ruedas (a estas ruedas se las llama "directrices"), el vehículo dispone de un mecanismo desmultiplicador, en los casos simples (coches antiguos), o de servomecanismo de asistencia (en los vehículos actuales).

La dirección asistida constituye un componente esencial en la maniobrabilidad de los vehículos, su objetivo es reducir el par que el conductor ha de realizar sobre el volante, y con ello mejorar el confort y la seguridad en la conducción. Las direcciones asistidas convencionales son de tipo hidráulico. Sin embargo, en los últimos años han comenzado a cobrar gran auge las direcciones asistidas denominadas de tipo eléctrico, en ellas la asistencia se realiza mediante un motor eléctrico, lo cual reporta ventajas muy significativas respecto de las direcciones hidráulicas como la simplificación del sistema, reducción de peso y el consumo de combustible.

6.1. Disposición de los elementos sobre el vehículo

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

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

En funcionamiento, cuando el conductor acciona el volante unido a la columna de dirección transmite a las ruedas el ángulo de giro deseado. La caja de dirección y la

relación de palancas realizan la desmultiplicación de giro y la multiplicación de fuerza necesaria para orientar las ruedas con el mínimo esfuerzo del conductor.

Los brazos de mando y acoplamiento transmiten el movimiento desde la caja de dirección a las ruedas.

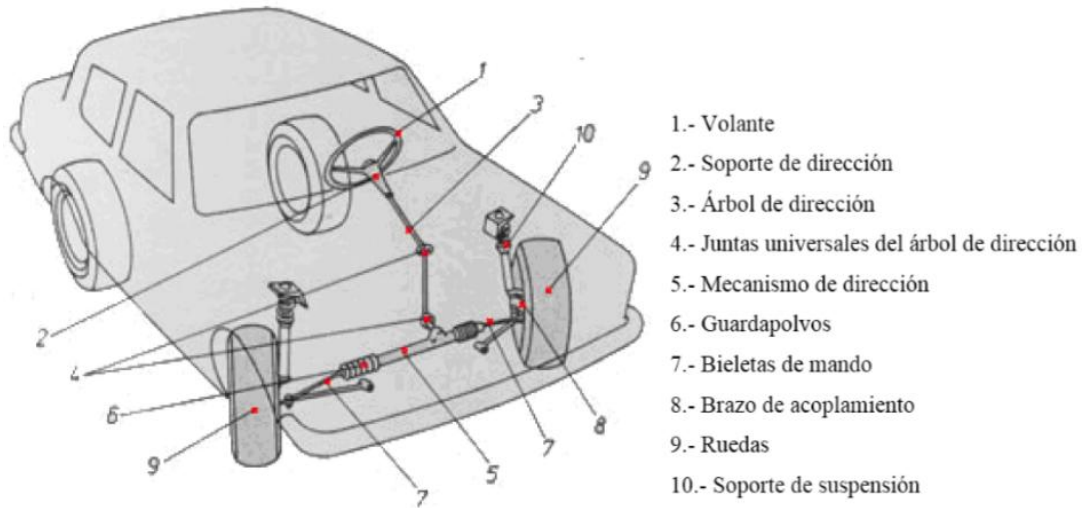


Figura 1. Esquema de componentes del sistema de dirección

6.1.1. Volante de dirección

Está diseñado con una forma ergonómica con dos o más brazos, con la finalidad de obtener mayor facilidad de manejo y comodidad. Su misión consiste en reducir el esfuerzo que el conductor aplica a las ruedas.

Ahora los volantes vienen incorporados con dispositivos de seguridad pasiva de protección del conductor (airbag).

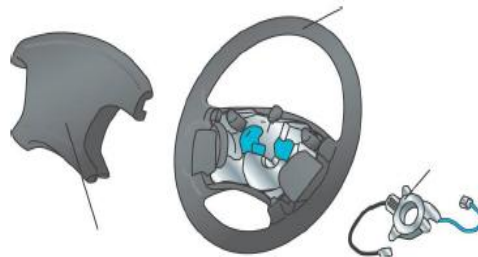


Figura 2. Volante de dirección

6.1.2. Columna de dirección

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

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

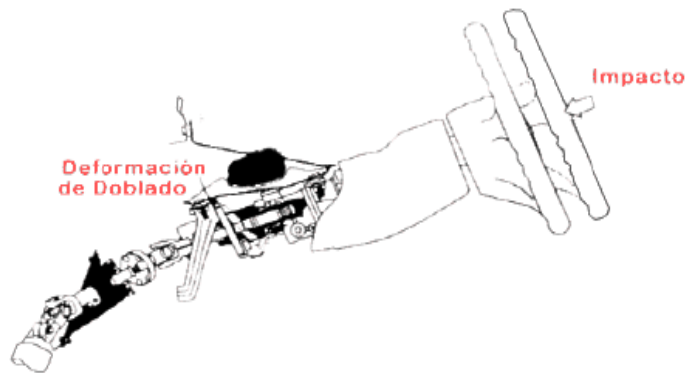


Figura 3. Columna de dirección

La columna de dirección permite la regulación del volante en altura y en algunos casos también en profundidad, para facilitar la conducción.

6.1.3. Caja o mecanismo de dirección

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

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

Existen los siguientes tipos de cajas o mecanismos de dirección:

- ◆ Piñón y Cremallera.
- ◆ Cremallera de relación variable
- ◆ Tornillo sinfín y rodillo
- ◆ Tornillo sinfín y dedo
- ◆ Tornillo sinfín y tuerca
- ◆ Tornillo sinfín y sector dentado
- ◆ Tomillo sinfín y tuerca con bolas circulantes o recirculación de bolas

6.1.3.1. Piñón y cremallera

Este tipo de dirección se caracteriza por su mecanismo des multiplicador (piñón-cremallera) y su sencillez de montaje. Elimina parte de la timonería de mando.

Está constituida por una barra en la que hay tallada un dentado de cremallera, que se desplaza lateralmente en el interior de un cárter apoyada en unos casquillos de bronce o nailon. Esta accionada por el piñón, montado en extremo del árbol del volante, engranando con la de cremallera.

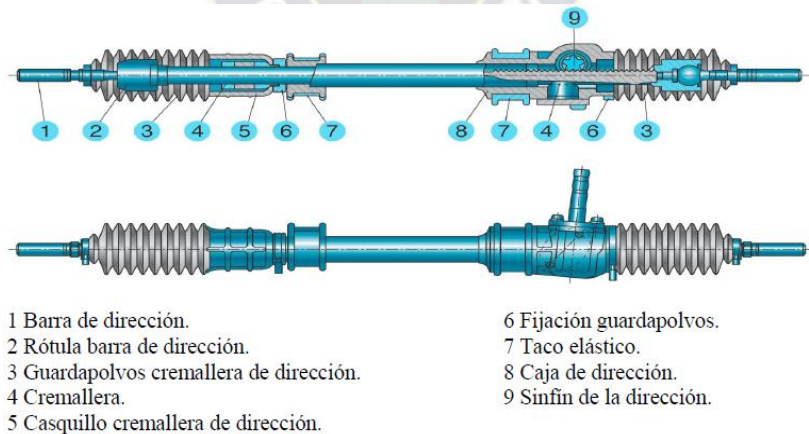


Figura 4. Piñón y cremallera

La cremallera se une directamente a los brazos de acoplamiento de las ruedas a través de dos bielass de dirección, en cuyo extremo se sitúan las rotulas que, a su vez son regulables para modificar la convergencia.

6.1.3.2. Cremallera de relación variable

En las direcciones mecánicas de cremallera con relación constante, se realiza el mismo esfuerzo sobre el volante tanto en maniobras de aparcamiento como en carretera.

La principal característica constructiva de esta dirección es la cremallera, la cual dispone de unos dientes con: Modulo variable. Con estas modificaciones en la cremallera conseguimos hacer menor esfuerzo cuando necesitamos aparcar y una dirección más firme cuando vamos por carretera.

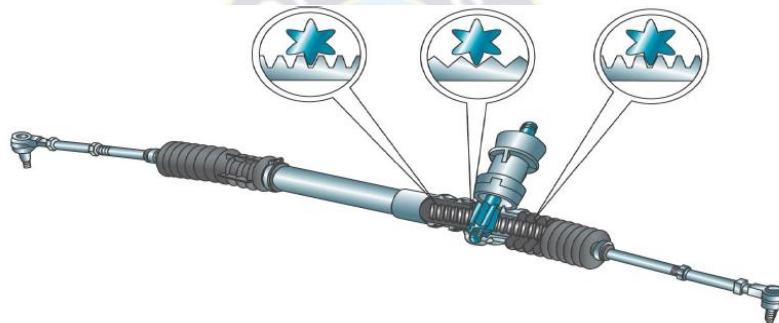


Figura 5. Cremallera de relación variable

6.1.3.3. Tornillo sinfín y rodillo

Formado por un sinfín globoide apoyado en cojinetes de rodillos cónicos. Un rodillo está apoyado en el tornillo sinfín, que al girar desplaza lateralmente el rodillo produciendo un movimiento angular en el eje de la palanca de ataque.

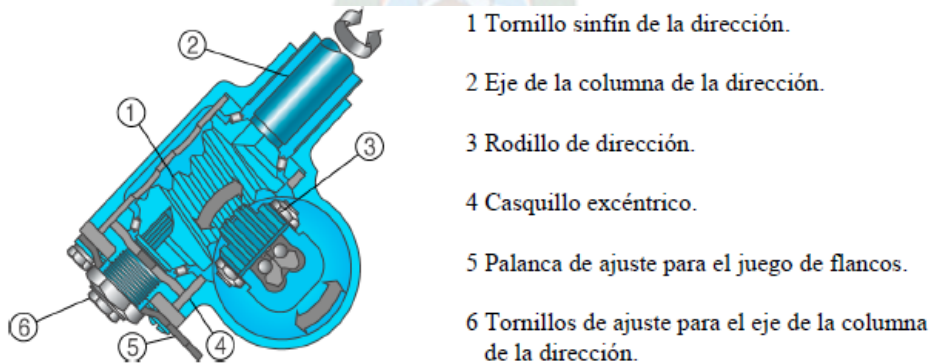
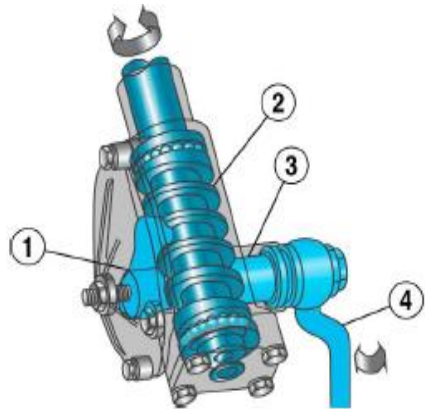


Figura 6. Tornillo sinfín y rodillo

6.1.3.4. Tornillo sinfín y dedo

Está formada por un sinfín cilíndrico y un dedo o tetón. Al girar el sinfín, el dedo se desplaza sobre las ranuras del sinfín transmitiendo un movimiento oscilante a la palanca de ataque.

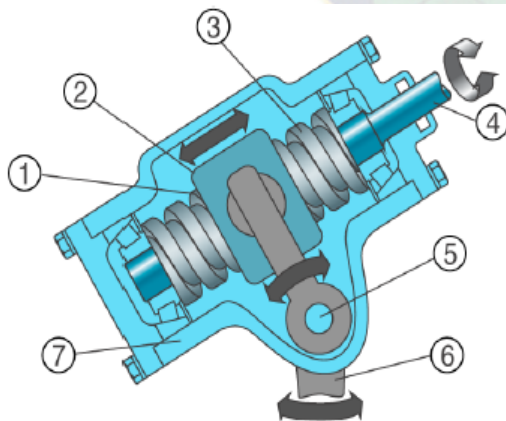


- 1 Dedo de rodadura.
- 2 Tornillo sinfín.
- 3 Eje de la biela de mando.
- 4 Biela de mando de la dirección.

Figura 7. Tornillo sinfín y dedo

6.1.3.5. Tornillo sinfín y tuerca

Está formada por un sinfín cilíndrico y una tuerca. Al girar el sinfín produce un desplazamiento longitudinal de la tuerca. Este movimiento es transmitido a la palanca de ataque unida a la tuerca.



- 1 Elementos deslizantes.
- 2 Tuerca de dirección.
- 3 Tornillo de dirección.
- 4 Eje de la columna de la dirección.
- 5 Eje de la biela de mando.
- 6 Biela de mando de la dirección.
- 7 Horquilla de dirección.

Figura 8. Tornillo sinfín y tuerca

6.1.3.6. Tornillo sinfín y sector dentado

Está formado por un sinfín cilíndrico, apoyado en sus extremos sobre dos cojinetes de rodillos cónicos.

El movimiento se transmite a la palanca de mando a través de un sector dentado, cuyos dientes engranan con el tornillo sinfín en toma constante.

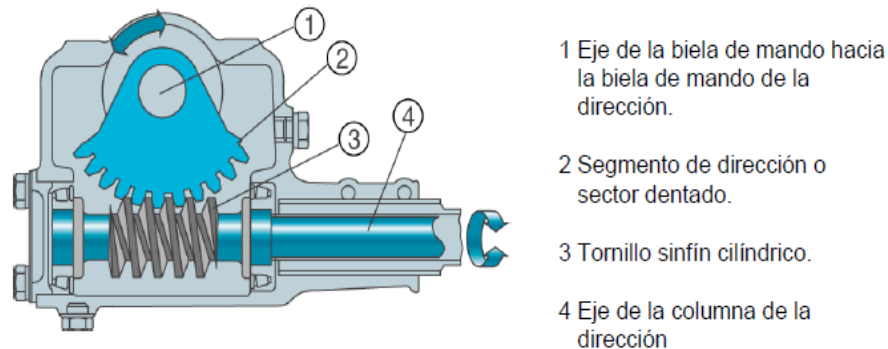


Figura 9. Tornillo sinfín y sector dentado

6.1.3.7. Tomillo sinfín y bolas circulantes

Este mecanismo consiste en intercalar una hilera de bolas entre el tornillo sinfín y una tuerca. Esta a su vez dispone de una cremallera exterior que transmite el movimiento a un sector dentado, el cual lo transmite a su vez a la palanca de ataque.

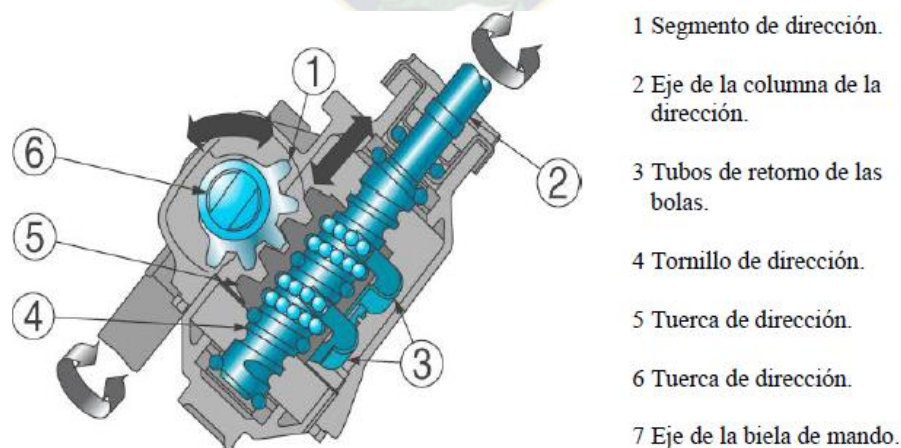


Figura 10. Piñón y cremallera

6.1.4. Palancas de dirección

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

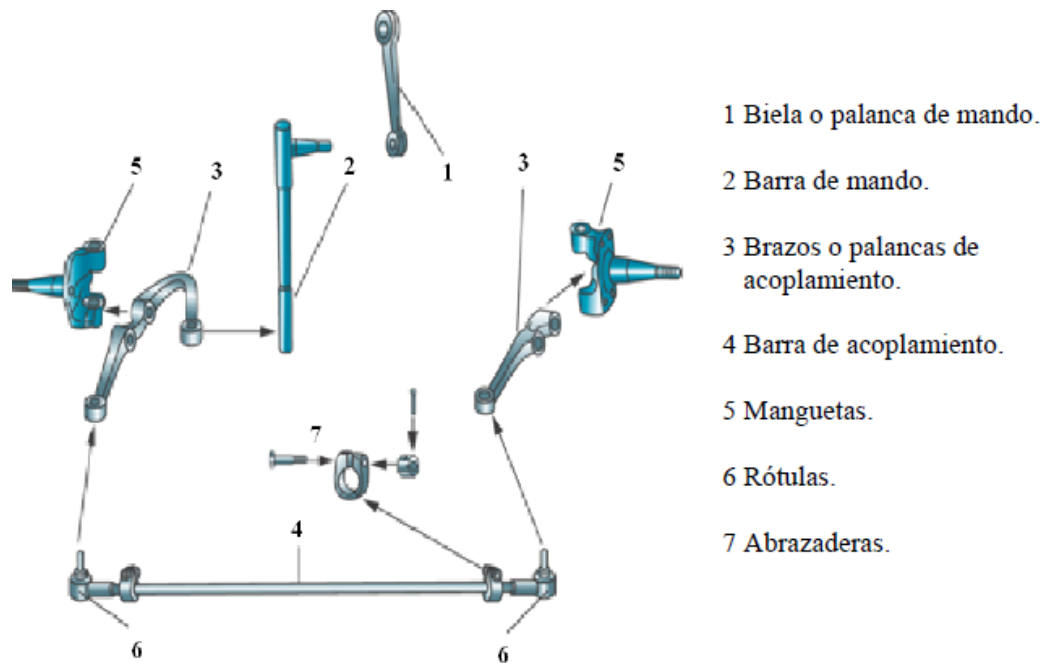


Figura 11. Piñón y cremallera

6.1.4.1. Palanca de ataque

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

6.1.4.2. Barra de mando

El movimiento direccional se transmite por medio de una barra de mando unida, por un lado, a la palanca de ataque y, por el otro, a las barras de acoplamiento de la dirección.

En otros sistemas el mecanismo de la dirección ataca directamente los brazos de acoplamiento de las ruedas, como ocurre en las direcciones de cremallera.

6.1.4.3. Brazo de acoplamiento

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

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

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

6.1.4.4. Barra de acoplamiento

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

Están formadas por un tubo de acero en cuyos extremos van montadas las rotulas, cuya misión es hacer elástica entre los brazos de acoplamiento de las ruedas y adaptarlas a las variaciones de longitud producidas por las incidencias del terreno. Sirven además para la regulación de la convergencia de las ruedas, acortando o alargando la longitud de las barras.

6.1.4.5. Rotulas de dirección

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

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

6.2. Geometría de la dirección

El vehículo debe tener el rendimiento adecuado en línea recta para que la conducción sea estable, el rendimiento correcto de viraje para conducir por las curvas, fuerza de recuperación para regresar a la línea recta, la capacidad de suavizar el choque que se transmite a la suspensión cuando las ruedas reciben un impacto, etc.

Por ello, las ruedas del vehículo están montadas formando ángulos específicos con el suelo y con suspensiones específicas para cada circunstancia. Esto se denomina alineación de las ruedas. La alineación de las ruedas cuenta con los cinco factores siguientes:

- ◆ Angulo de caída
- ◆ Angulo de salida
- ◆ Angulo de avance
- ◆ Angulo de convergencia
- ◆ Cotas conjugadas

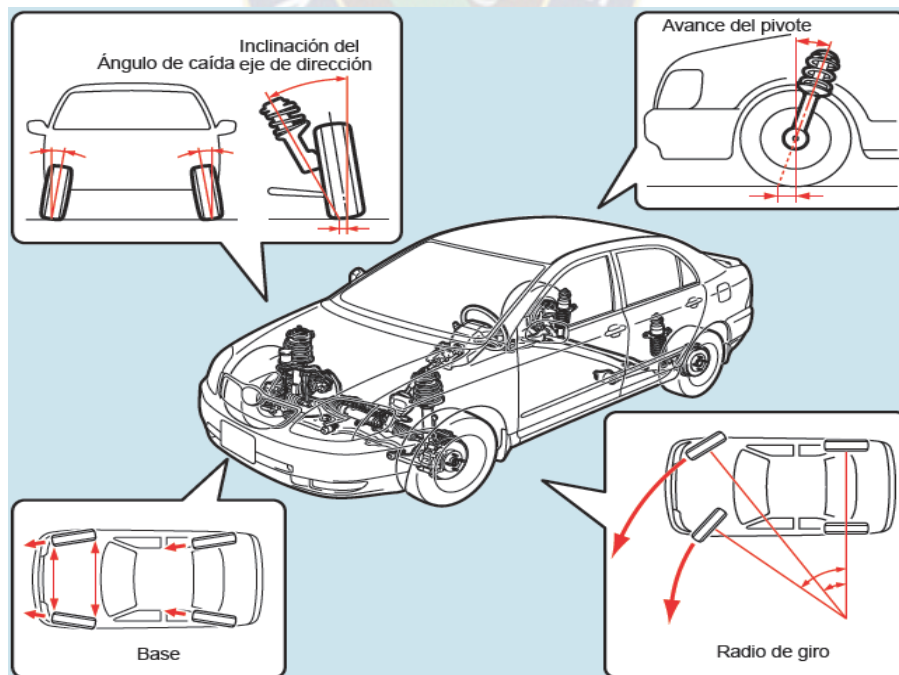


Figura 12. Geometría de la dirección

6.2.1. Angulo de caída

El ángulo de caída, está formado por la prolongación del eje de simetría de la rueda con el eje vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda.

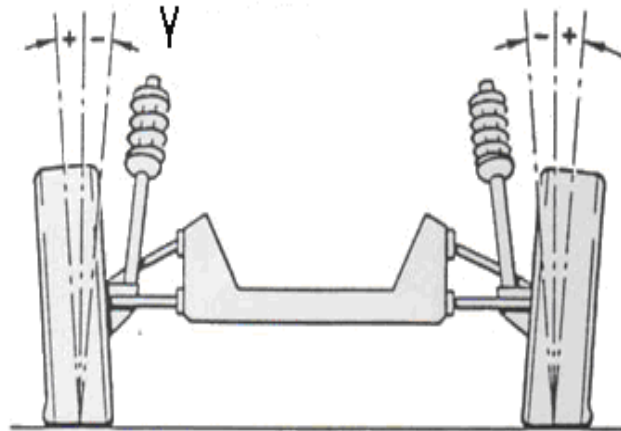


Figura 13. Angulo de caída

En el dibujo anterior se observa que cuando la parte superior de las ruedas se encuentran más alejadas, este ángulo toma valor positivo, y negativo en caso contrario.

La finalidad del ángulo de caída es hacer que la zona del neumático que está en contacto con el suelo quede lo más cerca posible de la línea que pasa por el eje de la articulación, visto el vehículo desde su parte delantera. Por lo que desplaza el peso del vehículo que gravita sobre este eje hacia el interior de la mangueta, disminuyendo así el empuje lateral de los cojinetes sobre los que se apoya la rueda. Reduciendo también los esfuerzos y oscilaciones excesivas producidas por el terreno que puedan influir en los elementos de dirección de manera perjudicial.

El desgaste del neumático también está ligado a este ángulo, si la caída es muy positiva, el desgaste se verá más favorecido por la zona exterior del neumático, y si es muy negativo, por la zona interior.

En vehículos de tracción delantera, este ángulo oscila entre los 0° y -1° , y en tracción trasera, entre $+1^\circ$ y $+3^\circ$.

6.2.2. Angulo de salida

El ángulo de salida, está formado por la prolongación del eje del pivote, sobre el que gira la rueda para orientarse, con la prolongación del eje vertical que pasa por el centro de apoyo de la rueda.

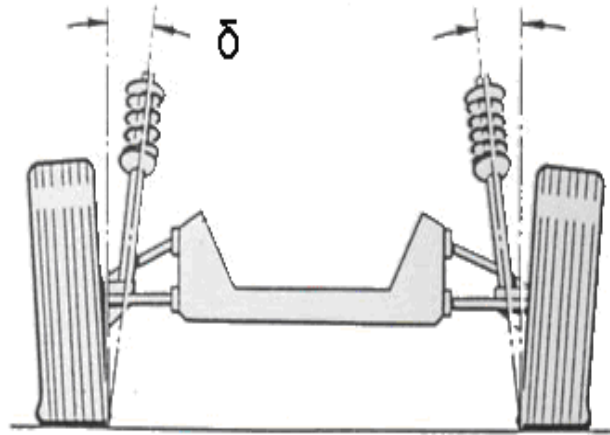


Figura 14. Angulo de salida

Este ángulo está íntimamente relacionado con el esfuerzo a realizar con el volante para orientar las ruedas, ya que la disposición del pivote sobre el que se mueve la mangueta reduce este esfuerzo.

De la inclinación del eje del pivote resultan fuerzas de retroceso, las cuales, después del paso en curva, hacen volver las ruedas a la posición de línea recta que tenían según el sentido de la marcha, esto es debido a que al orientar la rueda para tornar una curva, como gira sobre el eje de pivote y éste está inclinado, la rueda tiende a hundirse en el suelo, y como no puede hacerlo, es la carrocería la que se levanta, oponiéndose a esto su propio peso, por lo cual, en cuanto se suelte el volante de la dirección, el peso de la carrocería hará volver la rueda a su posición de línea recta.

Además, el ángulo de salida minimiza el efecto de las irregularidades de la carretera en el ensamblaje del conjunto de dirección.

Los valores más comunes que se manejan están comprendidos entre 5° y 7° .

6.2.3. Angulo de avance

El ángulo de avance, está formado por la prolongación del eje del pivote con el eje vertical que pasa por el centro de la rueda y en el sentido de avance de la misma.

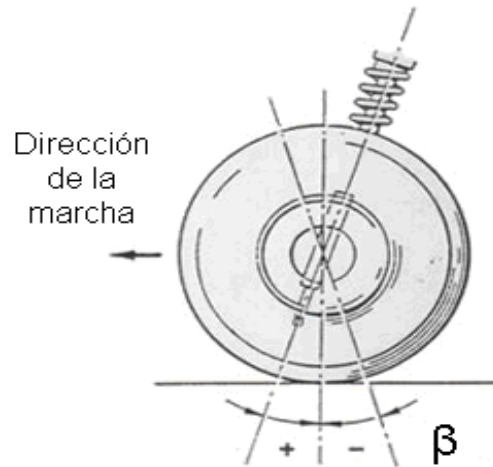


Figura 15. Angulo de avance

El criterio de signos es el que se representa en la figura, es decir, positivo si está situado en posición de avance a la dirección normal a la marcha y negativo en caso contrario.

Con este ángulo se consigue estabilidad y firmeza en la dirección, y en el caso de tomar una curva o como consecuencia de desigualdades en el terreno, se generan un par de fuerzas que obliga a las ruedas a retornar a su posición de línea recta

El avance debe ser tal, que cumpla la misión encomendada sin perturbar otras condiciones direccionales. Si este ángulo es grande, el par creado también lo es, haciendo que las ruedas se orienten violentamente. Si el ángulo es pequeño o insuficiente, el par de orientación también lo es, haciendo que la dirección se vuelva inestable y dificulte la conducción.

El ángulo de avance suele estar comprendido entre 0 y 4° para vehículos con motor delantero y de 6 a 12° para vehículos con motor trasero.

6.2.4. Angulo de convergencia

El ángulo de convergencia, se puede definir en términos de longitud y en términos de ángulo.

En el primer caso, se define como la diferencia entre la longitud de la base posterior y de la base anterior del trapecio formado por las extremidades de los diámetros horizontales de los contornos interiores de las llantas correspondientes a un mismo eje.

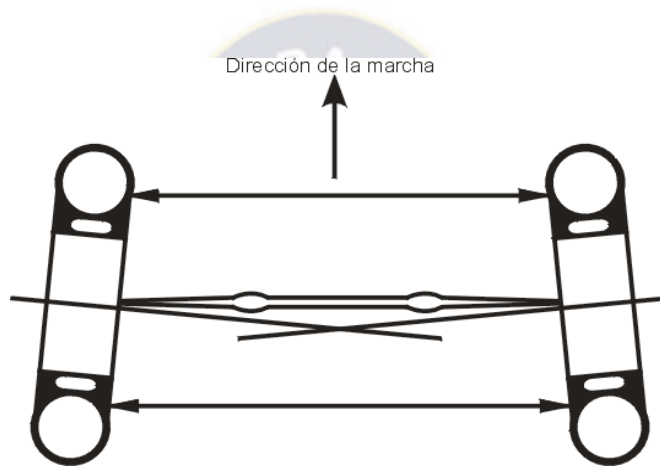


Figura 16. Angulo de convergencia

En términos angulares la convergencia se define como el ángulo que forma el diámetro horizontal de la rueda con el plano longitudinal medio del vehículo, o por el ángulo agudo entre el plano vertical G que pasa por el eje de la mangueta y el plano H perpendicular al plano longitudinal medio del vehículo.

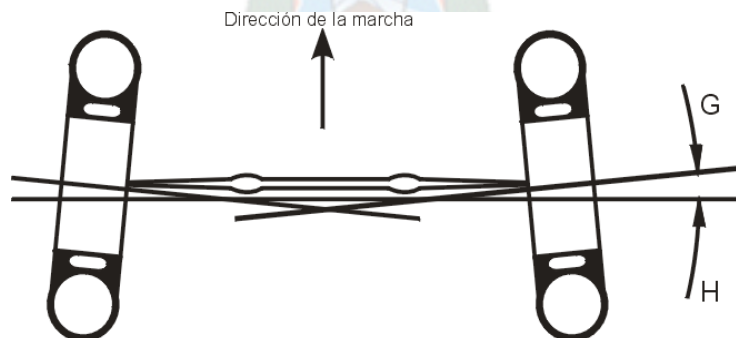


Figura 17. Angulo de convergencia

La convergencia también contrarresta el par de orientación que se forma entre el empuje y el rozamiento de la rueda y que tiende a abrirla, siendo esta la razón de que los coches con propulsión tengan mayor convergencia que los de fracción en efecto, debido al avance y salida, la prolongación del pivote corta al suelo en un punto más adelantado y hacia el centro que el de apoyo del neumático. Si el coche lleva propulsión, la fuerza de empuje se transmite a la rueda delantera a través del pivote y la de resistencia se aplica en el punto de contacto del neumático, esto origina un par de giro que tiende a abrir las ruedas delanteras, cosa que no ocurre en vehículos con tracción ya que la fuerza se aplica en el punto de contacto.

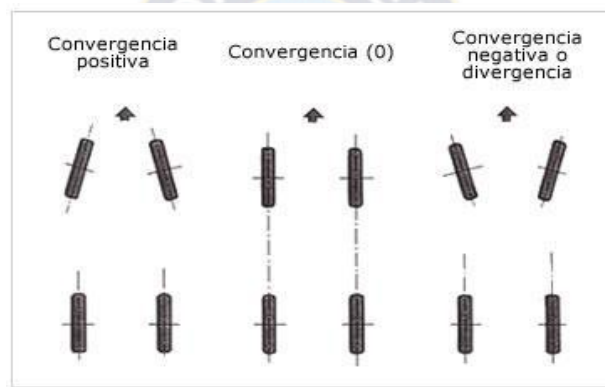


Figura 18. Convergencia positiva y negativa de las ruedas

El valor de la convergencia puede ser positivo o negativo (divergencia), depende de los valores que tengan los ángulos de caída, salida y avance, además de que el vehículo sea de tracción delantera o propulsión trasera.



Figura 19. Angulo de convergencia positivo y negativo

Una convergencia excesiva, al producir mayor tendencia en la orientación de las ruedas para seguir la trayectoria en línea recta, produce un desgaste irregular en los neumáticos que se manifiesta por el desgaste lateral que se produce en su banda de rodadura.

En los vehículos de propulsión trasera se crea un par de fuerzas originado por la resistencia a la rodadura de las ruedas delanteras que tiende a abrirlas, por lo que para mitigar este efecto el ángulo de convergencia pasa a ser positivo.

En los vehículos de tracción delantera ocurre todo lo contrario, por lo que el ángulo de convergencia es negativo.

6.2.5. Cotas conjugadas

La suma de ángulo de caída y ángulo de salida, es denominada ángulo comprendido, este ángulo comprendido permite reducir los efectos de reacción del suelo sobre las ruedas, a aplicar las cargas sobre el rodamiento interior del buje y disminuir el desgaste de las rótulas y rodamientos de la mangueta.¹

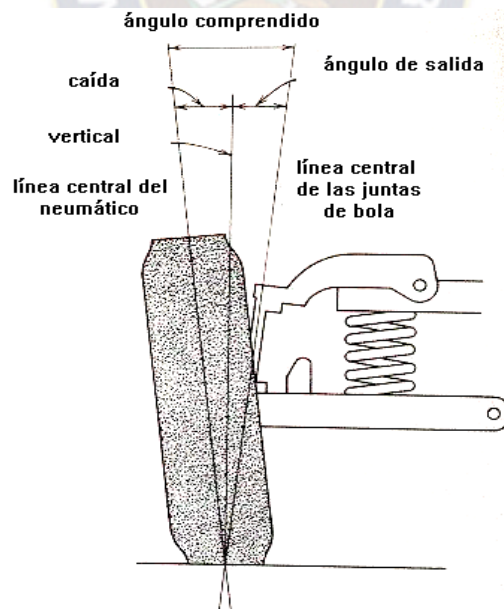


Figura 20. Angulo comprendido

¹ Muños R. (2012). Estudio de la influencia de los ángulos de dirección en la transmisión de fuerzas en el contacto neumático-calzada. Pag. 39

Las cotas de salida y caída nacen que el avance corte a la línea de desplazamiento por delante y hacia la derecha de punto (A). De ello resulta que, para vehículos de propulsión trasera, el empuje que se transmite al eje delantero pase de éste a la rueda por el pivote, teniendo su punto de tiro en la rueda sobre el punto (B). Como la resistencia de rodadura actúa sobre su punto de apoyo (A), resulta un par de fuerzas que tiende a abrir la rueda por delante, debiendo dar una convergencia a la rueda para corregir esta tendencia.

La convergencia será tanto mayor cuanto más adelantado y hacia la derecha se encuentre el punto (B). Esta posición viene determinada por los ángulos de caída, salida y avance, lo que quiere decir que la convergencia depende directamente de estas tres cotas.

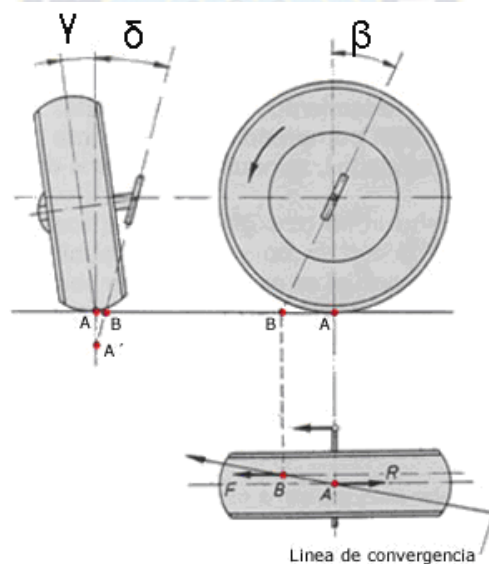


Figura 21. Cotas conjugadas

En vehículos con tracción delantera, la fuerza de empuje esta aplicada en el mismo punto de apoyo de la rueda, siendo las ruedas traseras remolcadas sin ejercer efecto alguno sobre la dirección. No obstante, se les da un pequeño avance para mantener estable la dirección resultando, junto a las cotas de salida y caída, una convergencia que pueda ser positiva o negativa.

6.3. Cualidades que debe reunir un sistema de dirección

Todo sistema de dirección debe reunir las siguientes características.

- ◆ **Seguridad:** Que depende del diseño del mecanismo, de los materiales empleados y del correcto mantenimiento.
- ◆ **Facilidad de manejo:** El volante debe quedar en una posición tal que el conductor pueda accionarlo desde una postura cómoda y sin que le provoque fatiga.
- ◆ **Suavidad:** La resistencia que opone el volante debe ser en todo su recorrido. Esta resistencia disminuye al aumentar la desmultiplicación que existe entre el ángulo girado por el volante y el correspondiente en las ruedas, y aumenta con la carga sobre el eje delantero, con la desalineación de las ruedas, con las presiones del inflado insuficientes y con un mantenimiento deficiente. Cuando por las características del vehículo la resistencia puede resultar excesiva, se recurre al empleo de las direcciones asistidas.
- ◆ **Comodidad:** Los golpes causados en las ruedas por las irregularidades de la calzada deben llegar al volante lo más amortiguados posibles.
- ◆ **Precisión:** Mediante la supresión de toda clase de holguras mecánicas el sistema de dirección (especialmente con el empleo de articulaciones elásticas de goma), el vehículo debe obedecer a la menor corrección de la dirección.
- ◆ **Estabilidad:** El vehículo debe mantener la trayectoria recta sin necesidad de efectuar correcciones en la dirección, y en la salida de las curvas las ruedas tienen que recobrar la posición por si solas.

6.4. Direcciones asistidas

La tendencia actual es el empleo de neumáticos anchos de baja presión con gran superficie de contacto con el suelo, con ellos, el esfuerzo necesario para orientar las ruedas resulta considerable, Sobre todo a vehículo parado y en maniobra de aparcamiento; las direcciones asistidas o servodirecciones tienen la finalidad de aportar un esfuerzo que venga añadirse al que el conductor efectúa sobre el volante. Con las direcciones asistidas, el ángulo de orientación de las ruedas responde

exactamente al giro del volante, como ocurre en las direcciones sin asistir, ya que la misión del servo es, únicamente, colaborar con el conductor a producir el esfuerzo necesario, y son:

- ◆ Dirección asistida hidráulicamente
- ◆ Dirección asistida neumáticamente
- ◆ Dirección asistida eléctricamente

6.4.1. Dirección asistida hidráulicamente

El circuito hidráulico está constituido por una bomba de presión accionada por el motor del vehículo y cuya misión es enviar aceite a presión al dispositivo de mando o mecanismo integral de la servo dirección. El aceite es aspirado de un depósito que lleva incorporado un filtro para la depuración del aceite. La conducción del aceite a presión entre los tres elementos se realiza a través de tuberías flexibles de alta presión o latiguillos de dirección. El émbolo del dispositivo hidráulico, alojado en el interior del mecanismo de la dirección, actúa al mismo tiempo como amortiguador de las oscilaciones que se pudieran transmitir desde las ruedas a la dirección.

Existe además, un dispositivo hidráulico de reacción de esfuerzos sobre el volante, proporcional al esfuerzo realizado por la dirección, que permite al conductor conocer las reacciones del vehículo en todo momento, haciendo la dirección sensible al mando.

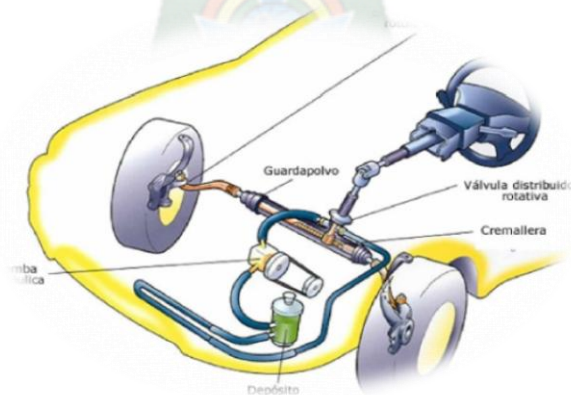


Figura 22. Dirección asistida hidráulicamente

6.4.2. Dirección asistida neumáticamente

Los grandes y rápidos camiones son difíciles de dirigir, pues sobre sus grandes cubiertas de mucha sección, gravitan grandes cargas que aumentan su resistencia al giro.

Se utilizan para su accionamiento aire a presión procedente del sistema neumático del que van dotados los vehículos con frenos de aire comprimido.

En esencia no es más que un cilindro (C) (servo neumático) con un pistón (E), enlazado por medio de una eje (J) con el brazo de mando de la dirección (B), para ayudar a los desplazamientos de éste. Por ambas caras del pistón puede entrar, alternativamente la presión atmosférica o el aire a presión.

Esto trae como consecuencia el desplazamiento del pistón en un sentido o en otro y por lo tanto, la ayuda en el movimiento del brazo de mando. Para que pase aire a presión, tiene una válvula de control (V) que se acciona al iniciar el giro el volante. El aire sobrante en el cilindro sale al exterior a través de la válvula correspondiente (de destreza).

La presión del aire suministrado desde la tubería al cilindro es proporcional al desplazamiento de la varilla de control.

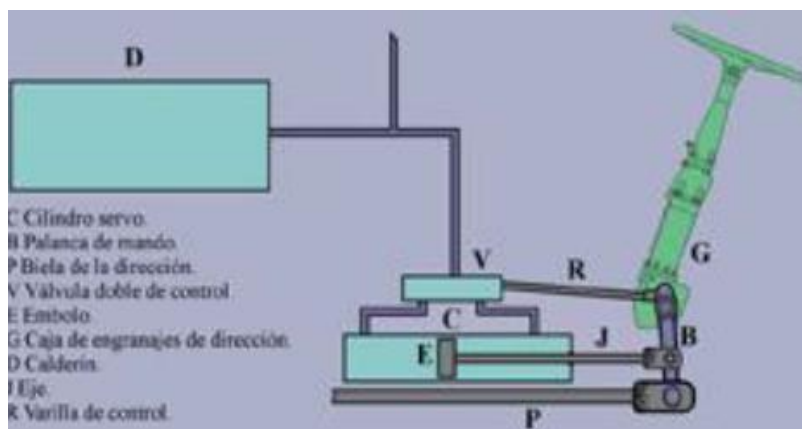


Figura 23. Dirección asistida neumáticamente

6.4.3. Dirección asistida eléctricamente

En una dirección asistida eléctricamente un motor eléctrico produce un par de asistencia en función del esfuerzo ejercido sobre el volante por el conductor. Este par de asistencia es aplicado a las ruedas por el intermedio de la cremallera y es modificado permanentemente por las leyes de control, para reducir el esfuerzo de giro del conductor.

Las leyes de control de una dirección asistida eléctricamente comportan además de la asistencia principal, un retorno activo del volante, una compensación de la carga que pesa sobre la columna de dirección, denominada también compensación de inercia y una amortiguación comparable a la de una dirección con asistencia hidráulica.

Para calcular el par que el motor eléctrico debe proporcionar, la unidad electrónica de la dirección asistida tiene en cuenta el par ejercido sobre el volante y la velocidad del vehículo, estando estas dos magnitudes físicas medidas respectivamente por el captador de par de giro y el captador de velocidad.

Para alimentar el motor eléctrico, el mando de potencia del calculador electrónico produce una corriente eléctrica de asistencia que corresponde al par calculado. De la misma manera, la dirección puede estar muy asistida a baja velocidad para facilitar las maniobras, y netamente más dura a alta velocidad para mantener la trayectoria.

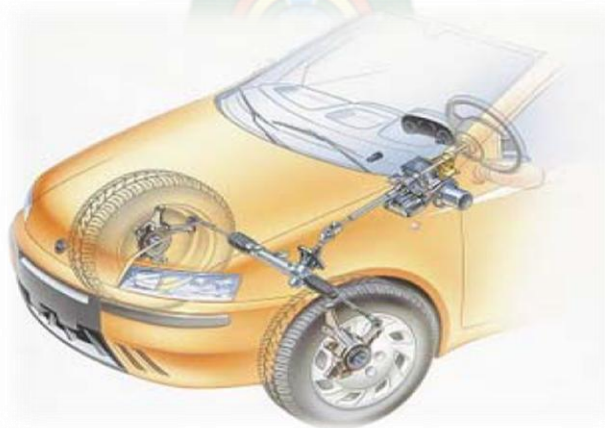


Figura 24. Dirección asistida electrónicamente

Por lo cual las direcciones asistidas son direcciones mecánicas a las que se ha dotado de algún sistema de ayuda o asistencia a fin de permitir aliviar el esfuerzo direccional ejercido por el conductor sobre el volante. En la actualidad existen varios tipos de sistemas asistidos a la conducción, como el hidráulico, hasta el momento el más comúnmente utilizado por los fabricantes de automóviles. Sin embargo parece que esta tendencia al uso de sistemas asistidos mediante conjuntos hidráulicos está cambiando a favor de la dirección asistida eléctricamente.

6.4.3.1 Arquitecturas mecánicas del sistema

El sistema de dirección EPS pueden presentarse en diferentes arquitecturas que son definidas por el fabricante tomando cuenta parámetros como espacio, seguridad, economía, mantenimiento etc. Atendiendo al lugar donde se aplica la asistencia las direcciones se dividen:²

- ◆ El montaje de EPS sobre la Columna de Dirección
- ◆ El montaje de EPS sobre el piñón
- ◆ El montaje de EPS sobre la cremallera

6.4.3.1.1. Montaje de EPS sobre la Columna de Dirección

El Montaje de EPS sobre la Columna de Dirección, es el más difundido y el menos costoso; se monta sobretodo en vehículos pequeños, cuyo peso sobre el tren delantero es bajo. El motor eléctrico se instala sobre la parte de la columna de dirección situada en el habitáculo. De esta manera, el problema de las altas temperaturas debajo del capó está resuelto.



Figura 25. Dirección asistida EPS con montaje sobre la columna de dirección

² Santillán E. (2012). Construcción de una maqueta funcional del sistema EPS. Pag. 12

6.4.3.1.2. Montaje de EPS sobre el piñón

El montaje de EPS sobre el piñón, aplica la asistencia en el piñón de la dirección. Es el más simple en términos de implantación. El motor eléctrico se encuentra al pie de la columna de dirección a la entrada de la cremallera. De esta manera, la columna y los cardanes no se ven afectadas por el par suministrado por el motor eléctrico y no deben estar sobredimensionadas.



Figura 26. Dirección asistida EPS con montaje sobre el piñón

6.4.3.1.3 Montaje de EPS sobre la cremallera

El montaje de EPS sobre la cremallera, aplica la asistencia en la cremallera de la dirección. Es el montaje de los vehículos de gama alta, ya que el peso sobre el eje delantero es superior a una tonelada.

El motor eléctrico está integrado en la cremallera.

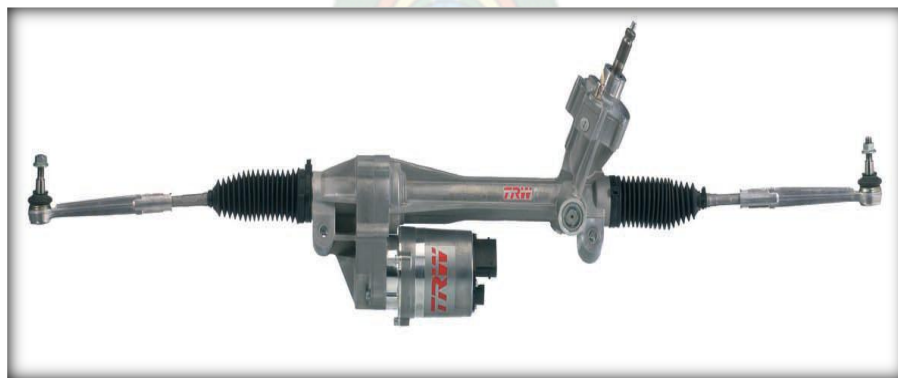


Figura 27. Dirección asistida EPS con montaje sobre la cremallera

6.4.3.2 ventajas y desventajas de una dirección asistida eléctricamente

♦ Ventajas

Al momento de adquirir una dirección eléctrica, ya te liberas de cierto peso extra que se da en todo el sistema hidráulico de la dirección, además de excluir todos los componentes hidráulicos, y como la palabra lo indica este sistema trabaja con líquido hidráulico, lo que eso se suprime para la dirección asistida obteniendo una tecnología mucho más limpia porque ya no necesita de líquido para generar energía y trabajar.

Aparte para mover la bomba hidráulica se necesita un sistema de poleas y cadena o banda que reciben el movimiento directamente del cigüeñal, eso ya no va hacer un problema, además de que reduces ruido en el vehículo, no le robas potencia al motor, ya que la dirección asistida tiene su propio motor eléctrico que recibe toda la energía para poder moverse, lo que lleva eso a reducir los niveles de combustible aproximadamente 0.2 L cada 100 km.

Se logra una reducción de energía ya que los sistemas hidráulicos para que funcione requieren un caudal volumétrico permanente, en este caso se obviaría eso ya que la dirección asistida solamente consume energía y solo cuando realmente se mueve la dirección.

♦ Desventajas

Como desventaja en si el sistema depende de varios aspectos como el peso del vehículo y del tamaño de las ruedas ya que entre mayor sea el peso de estos es mayor el esfuerzo que tiene que desarrollar el sistema de dirección, el motor deberá ser mucho más grande para poder solventar todo la energía que necesita para lograr mover las ruedas correspondientes.

Un valor más elevado de lo normal en caso de alguna avería en el sistema, eso se podría enunciar como desventaja pero cabe recalcar que es una de las direcciones más usadas en los últimos años sobre todo por su compromiso con el medio ambiente.

6.4.3.3. Componentes del sistema EPS

La estructura de un sistema de dirección asistida eléctricamente varía según el año de fabricación, la marca y modelo del vehículo siguiendo siempre el principio básico de funcionamiento a continuación se exponen los componentes que intervienen en sistema de dirección electrónicamente: sensor de ángulo de dirección, sensor de par de dirección, sensor de velocidad del motor, sensor de velocidad del vehículo, módulo de control del EPS, motor eléctrico Y testigo luminoso de averías

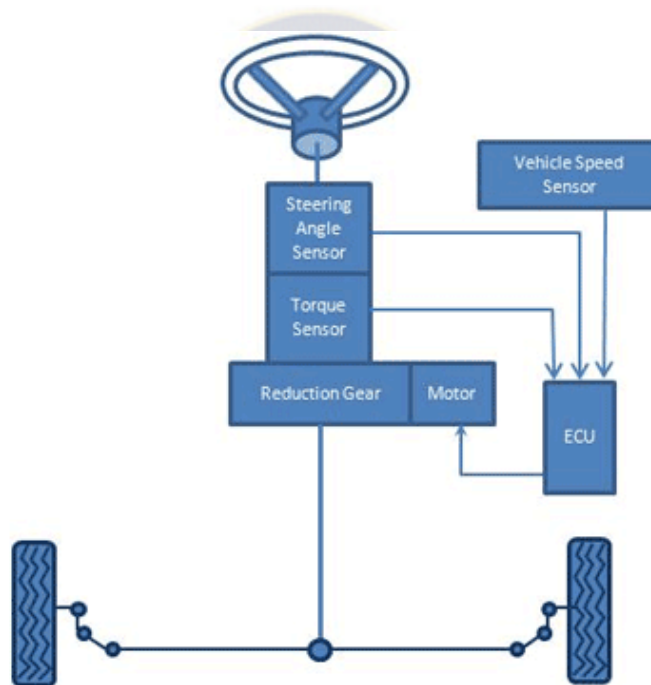


Figura 28. Dirección asistida eléctricamente

6.4.3.3.1. Sensor de ángulo de dirección

Este sensor suministra la señal para la determinación del ángulo de dirección, destinándola a la unidad de control electrónica de la columna de dirección. Por lo general el sensor de ángulo de dirección va situado detrás del anillo retractor con el anillo colector para el sistema airbag. Se instala en la columna de dirección, entre el mando combinado y el volante.

Podemos resaltar que algunas marcas no disponen de este sensor, se la obvia esta señal de acuerdo a la configuración del programa utilizado por cada marca.

Los componentes básicos del sensor de ángulo de dirección son: Un disco de codificación con dos anillos, parejas de barreras luminosas con una fuente de luz y un sensor óptico cada una.

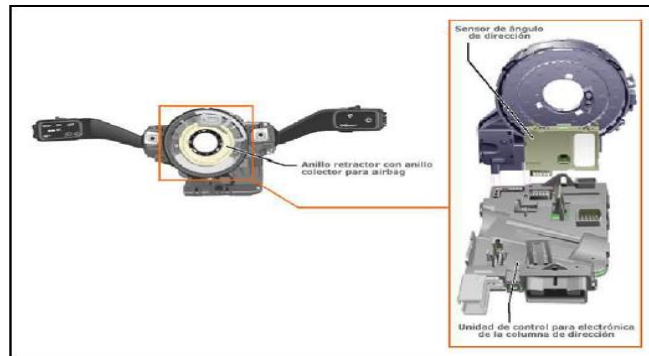


Figura 29. Sensor de ángulo de dirección

El anillo de incrementos está dividido en 5 segmentos de 72° cada uno y es explorado por una pareja de barreras luminosas. El anillo tiene almenas en el segmento. El orden de sucesión de las almenas es invariable dentro de un mismo segmento, pero difiere de un segmento a otro. De ahí resulta la codificación de los segmentos. El anillo de absolutos viene a determinar el ángulo. Es explorado por 6 parejas de barreras luminosas. El sensor de ángulo de dirección puede detectar 1044° de ángulo (casi 3 vueltas de volante). Se dedica a sumar los grados angulares. De esa forma, al sobrepasar la marca de los 360° reconoce que se ha ejecutado una vuelta completa del volante. La configuración específica de la caja de la dirección permite dar 2,76 vueltas al volante de la dirección.

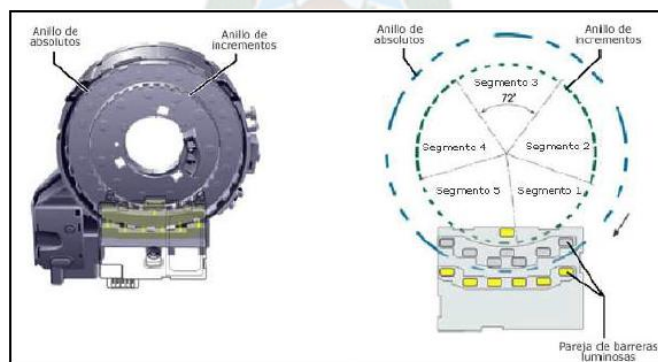


Figura 30. Esquema de sensor de ángulo de dirección

Su principio de funcionamiento contempla solamente el anillo de incrementos, se aprecia por un lado del anillo la fuente luminosa y por el otro el sensor óptico.

La medición del ángulo se realiza según el principio de la barrera luminosa. Cuando la luz incide en el sensor al pasar por una almena del anillo se engendra una señal de tensión. Al cubrirse la fuente luminosa se vuelve a interrumpir la tensión de la señal. Al mover ahora el anillo de incrementos se produce una secuencia de señales de tensión

De esa misma forma se genera una secuencia de señales de tensión en cada pareja de barreras luminosas aplicadas al anillo de valores absolutos.

Todas las secuencias de señales de tensión se procesan en la unidad de control para electrónica de la columna de dirección.

Previa comparación de las señales, el sistema puede calcular a qué grados han sido movidos los anillos. Durante esa operación determina también el punto de inicio del movimiento en el anillo de valores absolutos.



Figura 31. Principio de funcionamiento del sensor de ángulo de dirección

6.4.3.3.2. Sensor de par de dirección

El par de mando a la dirección se mide con ayuda del sensor de par de dirección directamente en el piñón de dirección. El sensor trabaja según el principio magnetorresistivo. Está configurado de forma doble (redundante), para establecer el mayor nivel de fiabilidad posible.³

³ Salinas M. (2012). Construcción e Implementación de un tablero didáctico de sistema EPS. Pag. 24

El sensor del par de giro acopla la columna y la caja de dirección a través de una barra de torsión. El elemento de conexión hacia la columna posee una rueda polar magnética, en la que se alternan 24 zonas de diferente polaridad magnética. Para el análisis de los pares de fuerza se emplean dos polos respectivamente.

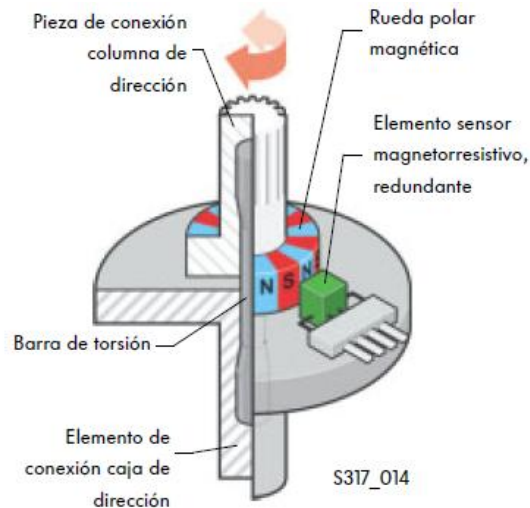


Figura 32. Sensor de Par de dirección

La contrapieza es un elemento sensor magnetorresistivo, que va fijado a la pieza de conexión hacia la caja de la dirección.

Al ser movido el volante se decaían ambas piezas de conexión entre sí en función del par que interviene.

En virtud de que con ello también se decala la rueda polar magnética con respecto al elemento sensor, resulta posible medir el par aplicado a la dirección de esa forma y se lo puede transmitir a la unidad de control en forma de señal.

6.4.3.3.3. Sensor de velocidad del motor

El sensor de régimen del motor tiene la misión de determinar la cantidad de vueltas del cigüeñal por minuto. Esta importante magnitud de entrada se calcula en la unidad de control del motor, puede cuantificarse a partir de la señal del sensor inductivo de revoluciones del cigüeñal.

El sensor de régimen del rotor es parte integrante del motor para la dirección asistida electromecánica.

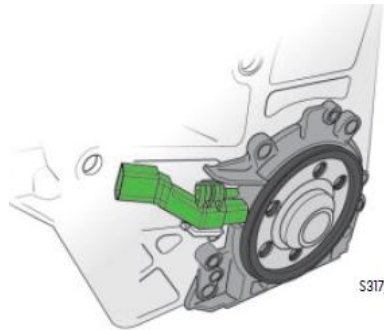


Figura 33. Esquema del sensor de revoluciones del cigüeñal

6.4.3.3.4. Sensor de velocidad del vehículo

El parámetro de la velocidad del vehículo es uno de los principales parámetros tomados por el calculador ECU del EPS para adaptar la asistencia de la dirección en todo momento de funcionamiento del vehículo.

La señal de la velocidad de marcha del vehículo puede ser suministrada por la unidad de control para ABS en caso de tenerlo, de un sensor magnetorresistivo en el eje de salida de la caja de cambios. Para calcular la velocidad lineal del vehículo se dispone en las ruedas generalmente no motrices un sensor inductivo que envía una señal permanente de pulsos por lo medio de la cual se puede calcular la velocidad instantánea en todo momento del automotor.

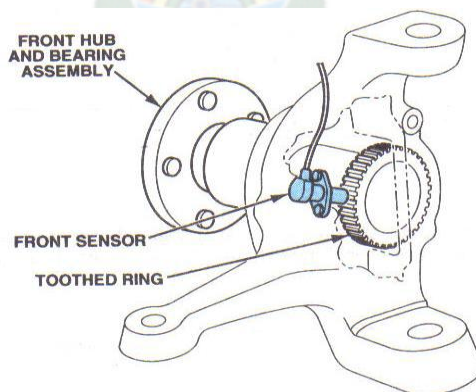


Figura 34. Esquema del sensor de velocidad del vehículo

6.4.3.3.5. Módulo de control del EPS

El módulo de control electrónico está ubicado sobre una placa que disipa el calor generado por su funcionamiento, este conjunto está colocado en la columna de dirección para facilitar su conectividad por la cercanía de los componentes.⁴

El módulo de control electrónico recibe las señales del sensor de torque, sensor de velocidad del vehículo y sensor de revoluciones del motor para así con las curvas que vienen programadas en su memoria interna modificar el abastecimiento de corriente al motor o cortarla en caso de un fallo detectado por el sistema.

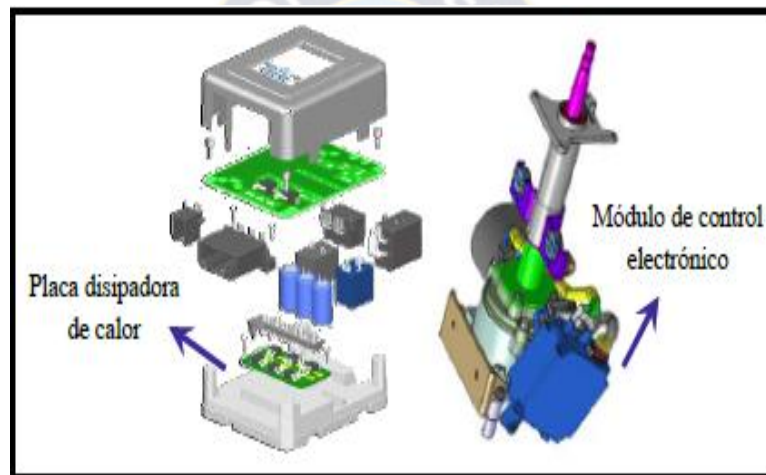


Figura 35. Módulo de control EPS

La regulación de la asistencia para la dirección se lleva por medio de una familia de curvas características programadas en la memoria del módulo de control electrónico. Estas curvas relacionan la velocidad del vehículo con el par generado en el volante del conductor para realizar la entrega de corriente al motor eléctrico.

La memoria interna del módulo almacena los códigos de diagnósticos que se puedan producir durante el funcionamiento erróneo del sistema, los cuales pueden ser borrados mediante un escáner o de forma automática luego de 60 ciclos de un funcionamiento sin el mismo error.

⁴ Criollo C. (2013). Diseño y Construcción de un banco didáctico funcional del sistema EPS. Pag. 16

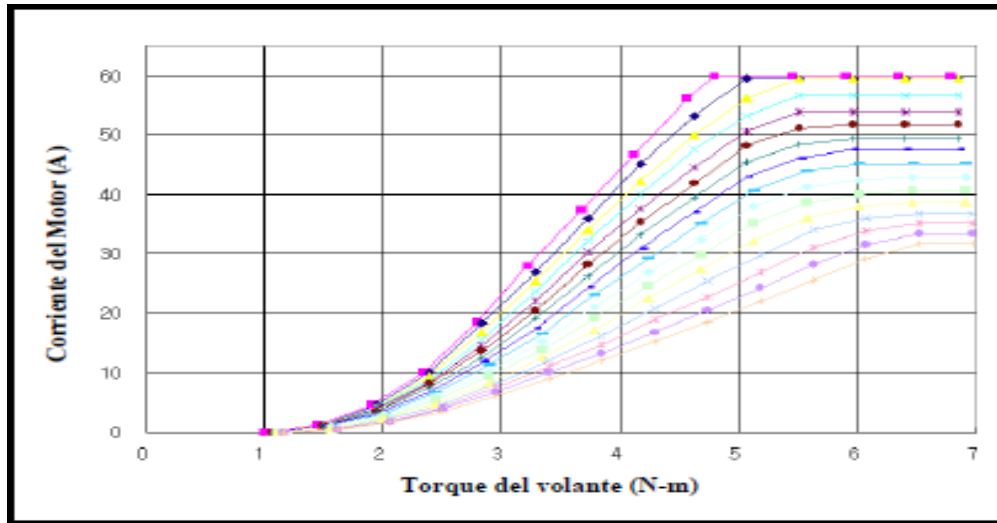


Figura 36. Relación: corriente, torque y velocidad del vehículo

6.4.3.3.6. Motor eléctrico del EPS

Se utiliza un motor para generar la fuerza de asistencia de conducción en la columna de dirección del volante cuando éste es girado por el conductor. El motor está instalado en el centro de la columna de la dirección y opera la columna de la dirección.

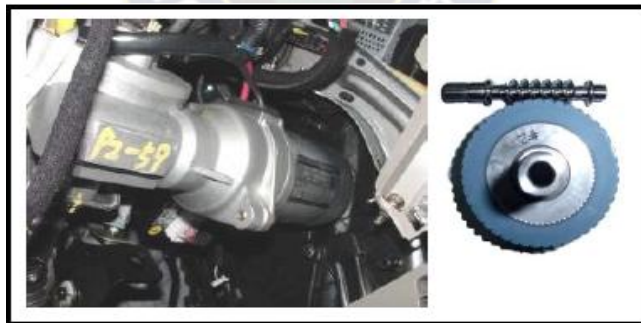


Figura 37. Motor Eléctrico

El funcionamiento del motor de C.C. se basa en la fuerza generada por la interacción de un campo magnético inmóvil y uno generado por una bobina móvil, montada sobre un eje de rotación. La bobina móvil es alimentada a través de un sistema de escobillas y delgas para invertir la dirección de la corriente y, por consiguiente, el sentido del campo magnético generado, logrando que el torque resultante sea siempre favorable al sentido de giro.

6.4.3.3.7. Testigo luminoso de averías

El testigo luminoso se encuentra en la unidad indicadora del cuadro de instrumentos. Se utiliza para avisar sobre funciones anómalas o fallos en la dirección asistida electromecánica.

En algunas marcas el testigo luminoso puede adoptar dos diferentes colores para indicar funciones anómalas. Si se enciende en amarillo, significa un aviso de menor importancia. Si el testigo luminoso se enciende en rojo hay que acudir de inmediato a un taller.



Figura 38. Luz de testigo de averías del sistema EPS

Al conectar el encendido, el testigo se enciende, porque el sistema de la dirección asistida electromecánica lleva a cabo un ciclo de autochequeo.

6.4.3.4. Principio de funcionamiento de una EPS.

Las direcciones EPS, utilizan la corriente de la batería como energía de trabajo y solo funciona si el motor del vehículo está en funcionamiento. El esfuerzo aplicado al volante normalmente sirve para transmitir el giro a las ruedas en los sistemas mecánicos, con los sistemas EPS este esfuerzo es medido por un captador de par, esta medición es transmitida a un módulo de control EPSCM que controla el motor eléctrico de asistencia y este suministra al motor de asistencia una corriente en función principalmente del esfuerzo aplicado al volante, de la velocidad del vehículo y del régimen del motor del vehículo, esta información es registrada en módulo de control en una cartografía de datos, esto determina la cantidad de corriente que debe ser suministrada al motor de asistencia. La asistencia aumentara a medida que

aumente el esfuerzo aplicado al volante y disminuirá a medida que aumente la velocidad del vehículo. ⁵Con esta información el módulo de control aporta un término complementario que se añade a la asistencia principal para confort del conductor con las siguientes funciones, amortiguación y ayuda al retroceso, estas funciones hacen que a baja velocidad el módulo de control aporte movimiento de retroceso al punto neutral y altas velocidades genera un par contrario al movimiento del volante para evitar pasar el punto neutral por la inercia del motor de asistencia. El módulo de control vigila permanentemente la coherencia de las señales que recibe y de las operaciones que efectúa. En caso de fallo de una de ellas el módulo de control pasa a modo de emergencia.

6.4.3.4.1. Asistencia principal

Las curvas programadas en el calculador del módulo para la asistencia principal son de tal forma que a baja velocidad del vehículo la asistencia sea mayor para facilitar su maniobra, mientras que en alta velocidad la asistencia sea menor para mantener la trayectoria. Esto logra el modulo al recibir la señal de par ejercido sobre el volante y la velocidad del vehículo generadas por su respectivo sensor, calculando la corriente eléctrica que se debe suministrar al motor eléctrico para que genere el par necesario de asistencia.

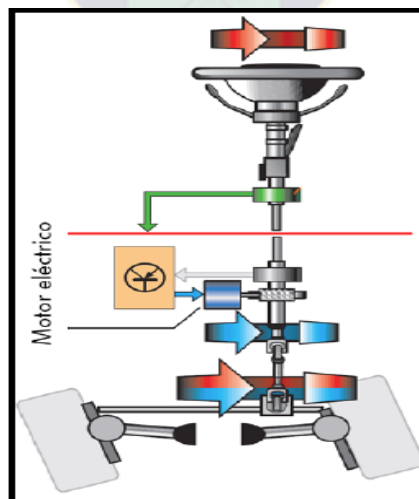


Figura 39. Asistencia principal de EPS

⁵ Ulco R. (2012). Estudio del sistema de dirección asistida electrónicamente EPS. Pag. 7

6.4.3.4.2. Retorno activo

Esto se produce al salir el vehículo de una curva donde el conductor reduce el par que ejerce en el volante, de esta manera el módulo calcula una cantidad de corriente de entrega al motor eléctrico para que este genere un par de retorno para alinear las ruedas rápidamente denominado retorno activo. Este cálculo de corriente depende del ángulo de giro de las ruedas y la velocidad del vehículo.⁶

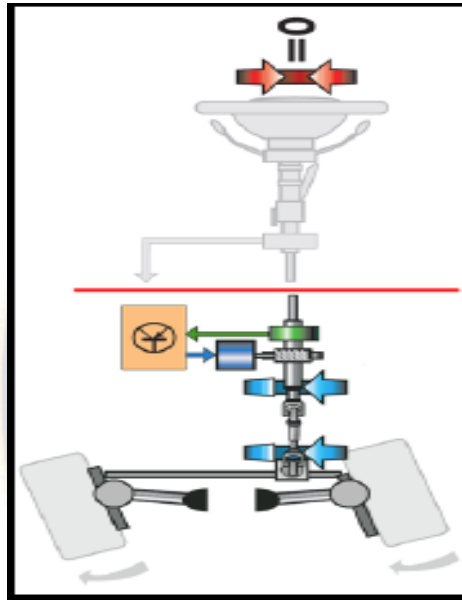


Figura 40. Retorno activo de EPS

6.4.3.4.3. Compensación de inercia

Mediante la compensación de inercia se aplica una corriente eléctrica anticipada al motor eléctrico de tal manera que al presentarse algún obstáculo el conductor tenga una mejor reacción para evitarlo. Al girar el conductor el volante de 0 a 20 grados rápidamente, en función de la velocidad de circulación del vehículo y rotación del motor eléctrico, el módulo calcula dicha dotación de corriente eléctrica de forma de compensar la falta de reacción.

⁶ Palacios R.(2011) Estudio e Implementación de un sistema de dirección asistida para un vehículo lada modelo Niva 2121 motor 1600 cc 4X4. Pag.35

7. MARCO PRÁCTICO

El acápite presente contiene el diseño y construcción de una maqueta del sistema de dirección asistida eléctricamente EPS, en el cual la estructura debe soportar los esfuerzos de los componentes del sistema de dirección EPS. Mediante cálculos matemáticos y utilizando un software para el diseño se determinará las dimensiones y materiales adecuados para obtener una resistencia, seguridad, economía y ergonomía.

7.1. Diseño de la estructura

Para la ubicación de los diferentes elementos de nuestro sistema de dirección asistida electrónicamente debemos diseñar una estructura en el cual deben ir ubicados cada uno de ellos. La maqueta debe ser accesible a los estudiantes para la manipulación e identificación de cada una de sus partes constituyentes; también debe permitir realizar diferentes pruebas para verificar su funcionamiento. Debe también ofrecer la seguridad necesaria a las personas que vayan a manipularla.

Para el diseño de la estructura debemos tener en cuenta el peso y la longitud de cada uno de las partes que conforman el sistema de dirección EPS los cuales son: la columna de dirección y los mecanismos de la cremallera.

Para determinar el peso de cada uno de estos elementos nos ayudamos de un dinamómetro. Cada uno de los respectivos masas medidos deberán ser transformados a una fuerza para lo cual multiplicamos por $9,8 \text{ m/s}^2$, de esta manera tenemos la fuerza de cada elemento que actuará sobre la estructura.



Figura 41. Dinamómetro

En la tabla 1. Se detalla cada uno de los elementos los cuates serán montados sobre estructura de la maqueta con su peso y medida respectiva.

ELEMENTOS	MASA(Kg)	FUERZA(N)	LONGITUD(m)
Volante y columna de dirección con montaje EPS.	16.2	160	0.80
Cremallera mecánica	5.5	53.9	1.13
Tren delantero	28	275	1.15
Disco de freno	21.5	211	0.25
Amortiguadores	7.6	74.6	0.45
Batería	10.3	101	0.3x0.2

Tabla 1. Peso, fuerzas, y longitudes de cada uno de los elementos del sistema de dirección EPS

Actualmente existen herramientas informáticas que nos facilitan el diseño y análisis de esfuerzos por medio de software, garantizándonos la resistencia, eficiencia, seguridad, precisión y reducción de tiempo de análisis. El Autodesk Inventor es un software que nos ofrece las facilidades para el diseño de la maqueta, las cuales serán utilizadas para el presente diseño.

Las medidas con las que se diseñará la estructura, estarán basadas en la altura de una persona normal, es decir que sus manos puedan manipular de una forma fácil el volante de la dirección, sin la necesidad de realizar un mayor esfuerzo para maniobrar, y tomando en cuenta la longitud de componente de sistema de dirección EPS, además de esto la estructura contará con unas ruedas adecuadas para su movilidad dentro del laboratorio o taller.

En la figura 42. Observamos la estructura diseñada en Autodesk Inventor, la cual está diseñada con un tubo estructural cuadrado 25x25x1.5.



Figura 42. Proyección isométrica de diseño de la estructura

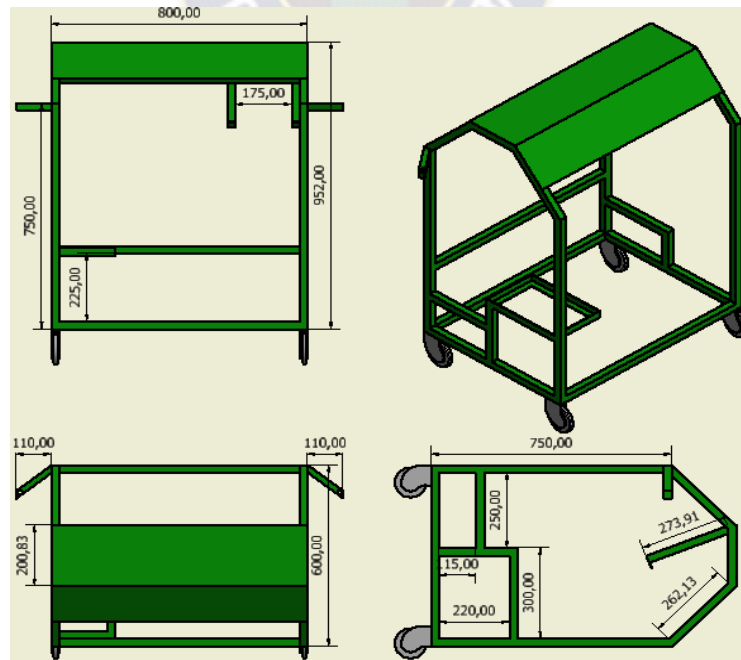


Figura 43. Dimensiones de la estructura en (mm)

A continuación se aplican las fuerzas que soporta la estructura de la maqueta del sistema de dirección asistida eléctricamente.

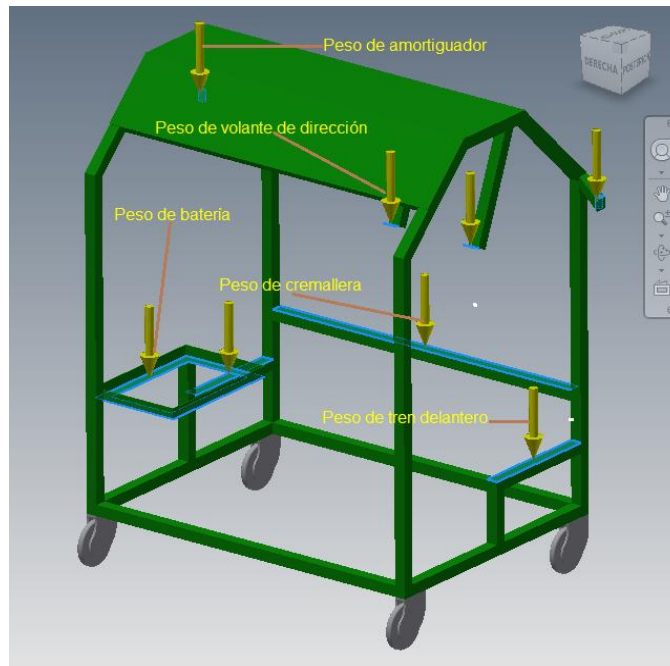


Figura 44. Cargas puntuales en la estructura

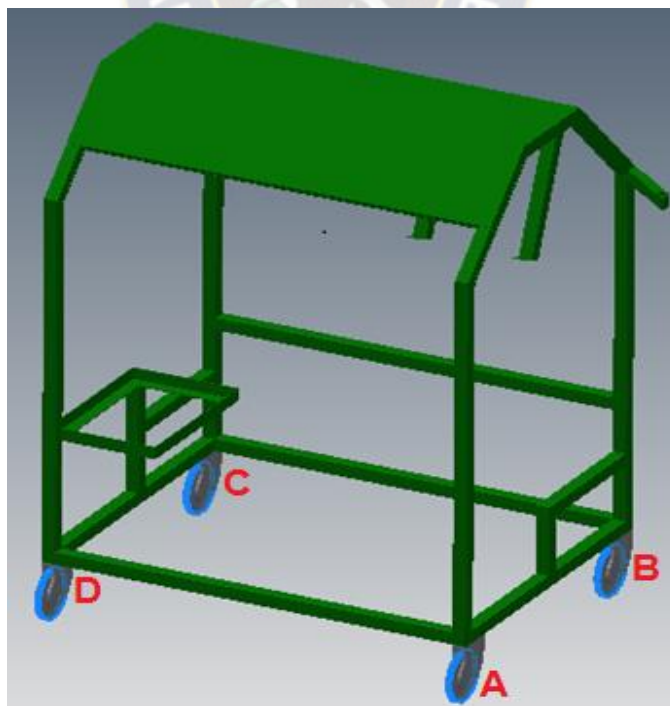
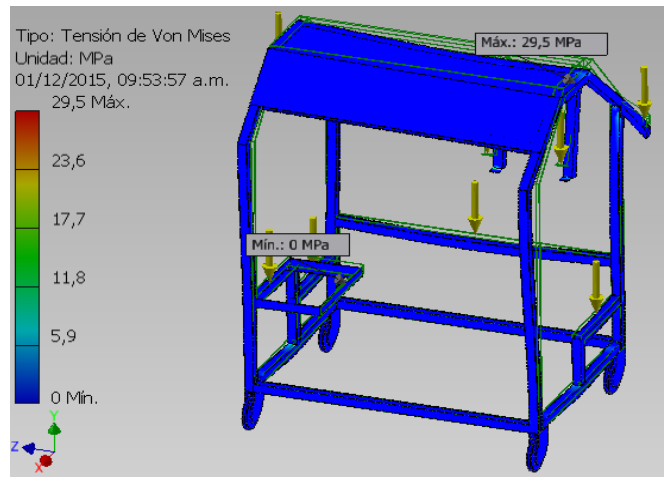
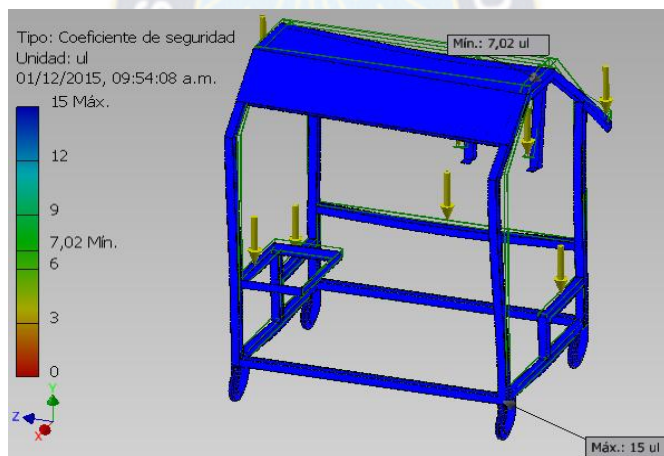


Figura 45. Superficie de contacto con el suelo / Restricción fija

Tensión de Von Mises Max.: 29.5



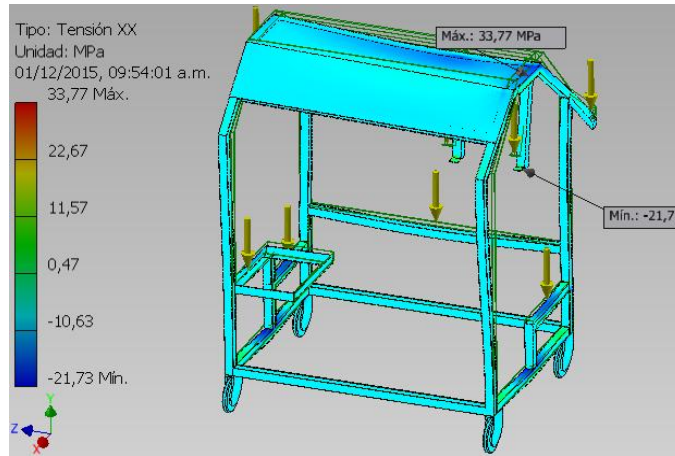
Coefficiente de seguridad Max.: 15, Min.: 7.02



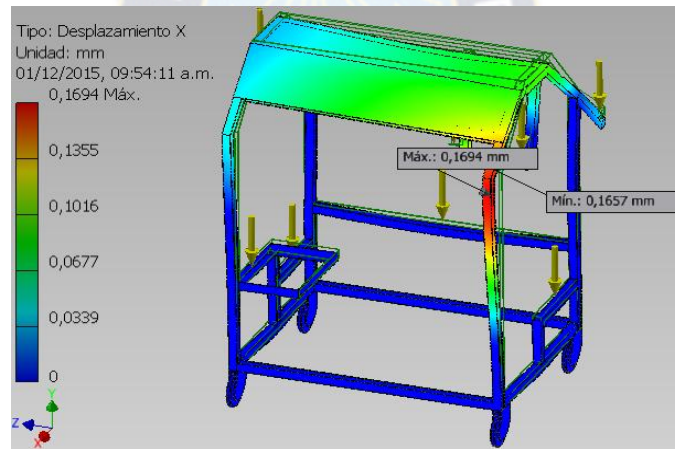
El resultado del esfuerzo de Von Mises está dentro de la tolerancia admisible, por lo que el límite de fluencia del material es $S_y = 207 \text{ Mpa}$, siendo este sumamente mayor al calculado $S_y = 29.5 \text{ Mpa}$. Los cuales son utilizados para encontrar el factor de seguridad siendo este 7.02, es un valor poco alto, pero el banco al ser usado de forma didáctica va ser manipulado mayor tiempo por estudiantes los cuales pueden someterlo a esfuerzos no considerados, por lo cual resulta conveniente este factor de seguridad obtenido.

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\text{Límite de elasticidad del acero}}{\text{Esfuerzo de von mises}} = \frac{207 \text{ MPa.}}{29.5 \text{ MPA.}} = 7.02$$

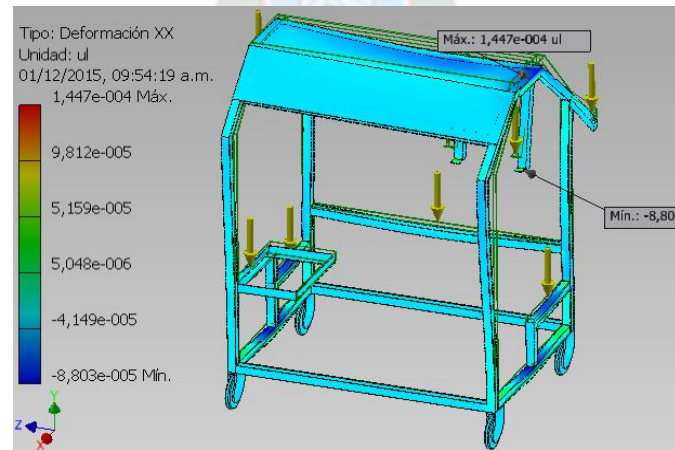
Tensión (XX). Max.: 33.77MPa, Min.: -21.73 MPa



Desplazamiento (X). Max.: 0.1694mm, Min.: 0.1657mm



Deformación (XX). Max.: 1.447e-005, Min.: -8.803e-005



Propiedades del acero, utilizadas en la simulación.

Nombre	Acero	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Tensión térmica	Coefficiente de expansión	0,000012 su/c
	Conductividad térmica	56 W/(m K)
	Calor específico	460 J/(kg c)

Resultados de simulación en Autodesk Inventor.

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	3269040 mm ³	
Masa	25,662 kg	
Tensión de Von Mises	0,00200552 MPa	29,4986 MPa
Primera tensión principal	-4,85936 MPa	34,5611 MPa
Tercera tensión principal	-22,6397 MPa	5,69643 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,285307 mm
Coefficiente de seguridad	7,01728 su	15 su
Tensión XX	-21,7282 MPa	33,7738 MPa
Tensión XY	-9,82994 MPa	7,13997 MPa
Tensión XZ	-6,76807 MPa	4,36206 MPa
Tensión YY	-18,8624 MPa	12,8547 MPa
Tensión YZ	-6,46668 MPa	5,40458 MPa
Tensión ZZ	-9,68164 MPa	10,3053 MPa
Desplazamiento X	-0,165722 mm	0,169358 mm
Desplazamiento Y	-0,245263 mm	0,0100143 mm
Desplazamiento Z	-0,0465495 mm	0,0191453 mm
Deformación equivalente	0,00000000891962 su	0,000128296 su
Primera deformación principal	-0,0000232185 su	0,000149537 su
Tercera deformación principal	-0,0000936708 su	0,0000019514 su
Deformación XX	-0,0000880282 su	0,000144663 su
Deformación XY	-0,000060852 su	0,0000441998 su
Deformación XZ	-0,0000418976 su	0,0000270032 su
Deformación YY	-0,0000847307 su	0,0000581974 su
Deformación YZ	-0,0000400318 su	0,0000334569 su
Deformación ZZ	-0,0000488832 su	0,000040196 su
Presión de contacto	0 MPa	11,2892 MPa
Presión de contacto X	-5,99556 MPa	6,25583 MPa
Presión de contacto Y	-3,7454 MPa	9,36671 MPa
Presión de contacto Z	-1,24945 MPa	1,29336 MPa

Análisis de Pandeo en la columna de la estructura, que soporta el volante de dirección, que es de mayor peso. Para determinar si una columna diseñada es larga o corta, se aplicaran las siguientes reglas.

- * Si la relación de esbeltez efectiva real (RS) es mayor que constante de columna (C_c) entonces la columna es larga y para analizarla utilizaremos la fórmula de Euler.
- * Si la relación de esbeltez efectiva real (RS) es menor que constante de columna (C_c) entonces la columna es corta y utilizaremos la fórmula de J. B. Johnson.

Calculo de relación de esbeltez efectiva real (RS)

Datos:

$$K= 2$$

$$L= 750\text{mm}$$

$$H= 25\text{mm}$$

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

$$RS = \frac{L_e}{r}$$

$$RS = \frac{KL}{\sqrt{\frac{I}{A}}}$$

$$RS = \frac{KL}{\sqrt{\frac{H^4 - h^4}{12(H^2 - h^2)}}}$$

$$RS = \frac{2L}{\sqrt{\frac{H^2 + h^2}{12}}}$$

$$RS = \frac{2 \cdot 750\text{mm}}{\sqrt{\frac{(25\text{mm})^2 + (22\text{mm})^2}{12}}}$$

$$RS = 156$$

L_e = longitud efectiva

L = longitud real de la columna

K = factor de fijación de los extremos

r = radio de giro de la sección transversal

I = momento de inercia

A = sección transversal de la columna



Calculo de relación de constante de columna (C_c)

Datos:

$$C = \frac{1}{4}$$

$$E = 200\text{GPa}$$

$$S_f = 240\text{MPa}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 CE}{S_f}}$$

C = factor de fijación de los extremos

E = módulo de elasticidad

S_f = resistencia a la fluencia

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * 0.25 * 200\text{GPa}}{240\text{MPa}}}$$

$$C_c = 64.12$$

Los resultados de los cálculos nos demuestran que la relación de esbeltez efectiva real (RS), es mayor que la constante de columna (C_c), entonces la columna es larga y para analizarla utilizaremos la fórmula de Euler.

Para calcular la carga crítica utilizaremos la fórmula de Euler

Datos:

$$E = 200\text{GPa}$$

$$L = 750\text{mm}$$

$$H = 25\text{mm}$$

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

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2}$$

E = módulo de elasticidad

I = momento de inercia

L_e = longitud efectiva

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E (H^4 - h^4)}{12(2L)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 200\text{GPa} [(0.025\text{m})^4 - (0.022\text{m})^4]}{12 [(2 * 0.75\text{m})^2]}$$

$$P_{cr} = 1432 [N]$$

Los resultados obtenidos de la carga crítica son mayores, a la carga real que soporta la estructura, concluyendo que el material es apto para su utilización, objetando la fiabilidad del material.

Análisis de deformación total o acortamiento, debido a que las columnas de la estructura están sometido a compresión.

Fórmula de deformación:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

ε = deformación unitaria
 δ = deformación total o acortamiento
 L = longitud inicial de la columna

Ley de Hooke:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

E = módulos de elasticidad
 σ = tensión normal
 ε = deformación unitaria

Fórmula de esfuerzo normal:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

σ = tensión normal
 P = carga aplicada
 A = área de la sección transversal

Reemplazando ambas fórmulas en la ley de Hooke tenemos la siguiente expresión matemática para calcular el acortamiento.

$$\delta = \frac{PL}{AE}$$

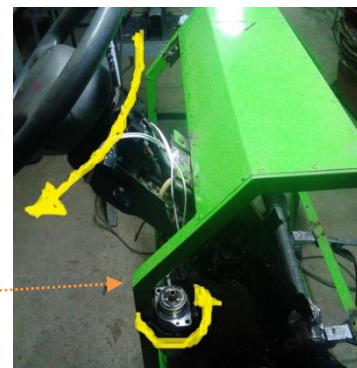
$$\delta = \frac{PL}{(H^2 - h^2)E}$$

$$\delta = \frac{120 \cdot 0.75}{(0.025^2 - 0.022^2) 200 \cdot 10^9}$$

$$\delta = 0.00425 \text{ [mm].}$$

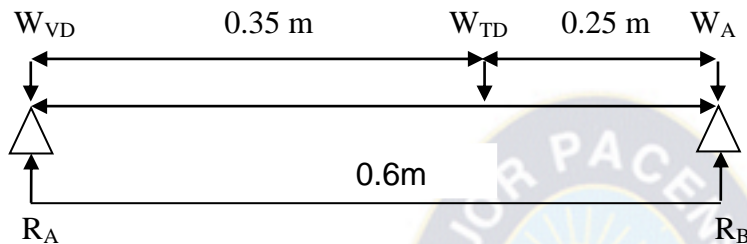
$E = 200 \text{ GPa.}$
 $L = 0.75 \text{ m}$
 $P = 160 \text{ N}$
 $H = 0.025 \text{ m}$
 $h = 0.022 \text{ m}$

El acortamiento se calculó, en el perfil trasero derecho de la estructura, que soporta el peso del volante y la columna de dirección.



La estructura también está sometida a diferentes fuerzas de reacción, por la acción del peso de cada uno de los componentes del sistema de dirección asistida eléctricamente, la cual será calculada seguidamente.

Primeramente el cálculo se realizará en el lado derecho de la estructura, tomando en cuenta el siguiente gráfico:



Tenemos los siguientes datos:

Peso del amortiguador y cremallera	$W_A = 101.55 \text{ N}$
Peso del volante de dirección	$W_{V.D.} = 160 \text{ N}$
Peso del tren delantero y disco de freno	$W_{T.D.} = 348.5 \text{ N}$
Reacción en el punto A	$R_A = ?$
Reacción en el punto B	$R_B = ?$

Utilizamos sumatoria de momentos para hallar las reacciones en el punto A y B.

En el punto A: $\sum M_A = 0$

$$W_{TD} * 0.35 + W_A * 0.6 - R_B * 0.6 = 0$$

Despejamos R_B :

$$R_B = \frac{348.5 \text{ N} * 0.35 \text{ m} + 101.55 \text{ N} * 0.6 \text{ m}}{0.6 \text{ m}} = 304.84 \text{ [N]}$$

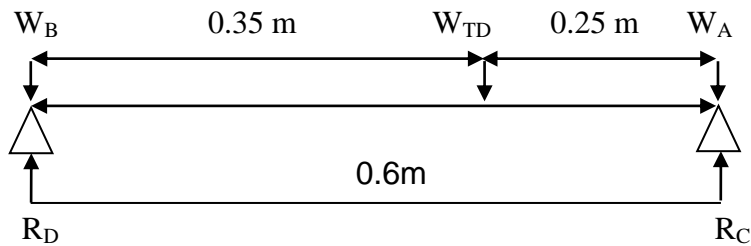
En el punto B: $\sum M_B = 0$

$$W_{TD} * 0.25 + W_{VD} * 0.6 - R_A * 0.6 = 0$$

Despejamos R_A :

$$R_B = \frac{348.5 \text{ N} * 0.25 \text{ m} + 160 \text{ N} * 0.6 \text{ m}}{0.6 \text{ m}} = 305.21 \text{ [N]}$$

Posteriormente el cálculo se realizará en el lado izquierdo de la estructura, tomando en cuenta el siguiente gráfico:



Tenemos los siguientes datos:

Peso del amortiguador y cremallera	$W_A = 101.55 \text{ N}$
Peso de la batería	$W_B = 50.5 \text{ N}$
Peso del tren delantero y disco de freno	$W_{T.D.} = 399 \text{ N}$
Reacción en el punto C	$R_C = ?$
Reacción en el punto D	$R_D = ?$

Utilizamos sumatoria de momentos para hallar las reacciones en el punto A y B.

En el punto A:

$$\sum M_D = 0$$

$$W_{TD} * 0.35 + W_A * 0.6 - R_C * 0.6 = 0$$

Despejamos R_B :

$$R_C = \frac{399\text{N} * 0.35\text{m} + 101.55\text{N} * 0.6\text{m}}{0.6\text{m}}$$

$$R_C = 334.3 \text{ [N]}$$

En el punto B:

$$\sum M_C = 0$$

$$W_{TD} * 0.25 + W_B * 0.6 - R_D * 0.6 = 0$$

Despejamos R_A :

$$R_D = \frac{399\text{N} * 0.25\text{m} + 50.5\text{N} * 0.6\text{m}}{0.6\text{m}}$$

$$R_D = 216.75 \text{ [N]}$$

7.2. Construcción de la estructura

Luego de realizar el correspondiente diseño de la estructura, con el software Autodesk Inventor cada uno de los apoyos tanto de la estructura como de los elementos del sistema de dirección (EPS) procedemos a soldar.

El proceso de soldadura a utilizar es la soldadura por arco eléctrico. El procedimiento de soldadura por arco consiste en provocar la fusión de los bordes que se desea soldar mediante el calor intenso desarrollado por un arco eléctrico. Los bordes en fusión de las piezas y el material fundido que se separa del electrodo se mezclan íntimamente, formando, al enfriarse, una pieza única, resistente y homogénea.

Es fundamental, para que la soldadura presente una penetración eficaz, tener en cuenta la longitud del arco (distancia entre el extremo del electrodo y la superficie del baño fundido). Si el arco es demasiado pequeño, la pieza se calienta exageradamente y la penetración resulta excesiva; en ese caso, puede llegar a producirse una perforación peligrosa. Por el contrario, si el arco es demasiado largo, se dispersa parte de su calor, y la penetración resulta insuficiente. Las temperaturas que se generan son del orden de 3.500°C . Para soldar nuestra estructura se utilizó el electrodo 6013.



Figura 46. Proceso de soldadura de la estructura



Figura 47. Armado de elementos en la estructura

Luego de culminar con el proceso de soldadura podemos observar en la figura 48, la maqueta terminado y ubicado cada uno de los elementos.



Figura 48. Maqueta terminado y ubicado cada uno de los elementos

Para la construcción del material didáctico se emplearon los siguientes materiales:

ELEMENTO	CANTIDAD	MATERIAL/MODELO
Tubo estructural cuadrado	2	Acero / (25x25x1.5)mm
Rueda industrial	4	Acero / 100mm
Plancha	1	Acero / (800x350x1) mm
Tuerca	10	Acero / 1/2 ``
Perno	10	Acero / (1/2x1)``
Electrodo	1 Kg	E-6013

Tabla 2. Elementos que se utilizaran para el material didáctico

7.3. Simulación de la señal de revoluciones del motor y velocidad del vehículo

Mediante la simulación o generación de señales del motor de combustión y velocidad del vehículo, requeridas por la unidad de control de la dirección, se pondrá en funcionamiento el sistema de dirección asistida eléctricamente.

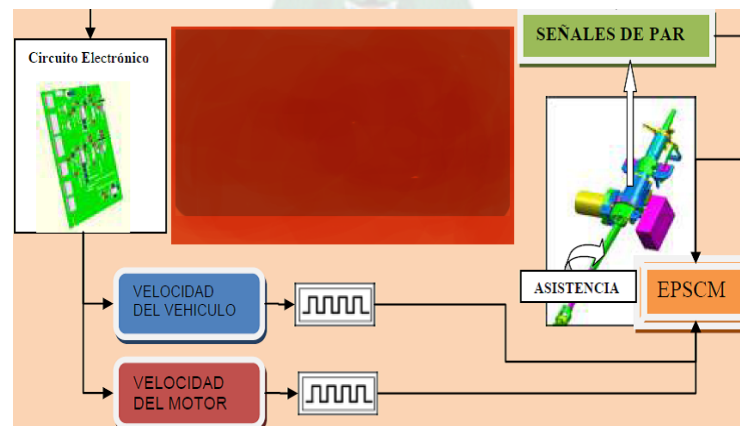


Figura 49. Diagrama general del sistema de dirección EPS

En la actualidad existen varias herramientas informáticas que facilitan la simulación electrónica con un previo conocimiento de la materia, siendo el software Proteus una buena opción para el diseño de la tarjeta electrónica. El Proteus es un software que permite la captura del esquema, la simulación y la impresión de circuitos electrónicos. Trabaja con tres módulos básicos:

- ◆ ISIS (*"Intelligent Schematic Input System"*), módulo de captura de esquemas.
- ◆ VSM (*"Virtual System Modelling"*). módulo de simulación.
- ◆ ARES (*"Advanced Routing Modelling"*), módulo para realización de circuitos impresos (PCB).

Para la simulación de la señal de revoluciones del motor y velocidad del vehículo, se utilizaran los siguientes componentes electrónicos.

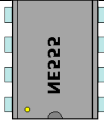

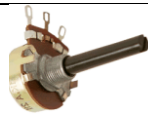


DESCRIPCION	CANTIDAD	MATERIAL/MODELO	ELEMENTO
Circuito Integrado	1	LM555	
Resistencias	5	220Ω, 58Ω, 220Ω, 1K Ω y 6.8KΩ.	
Potenciómetro	1	100KΩ	
Capacitor	1	10uF	
Diodos LED	2	NP	

Tabla 3. Componentes electrónicos utilizados para luces de velocidad variable

Por medio de este circuito obtenemos un juego de luces con dos LED que se encienden y apagan alternadamente. La velocidad de destello se puede variar desde muy lenta hasta muy rápida que sus cambios no se pueden apreciar. La cual es ideal para simular las señales de régimen de motor y velocidad del vehículo.

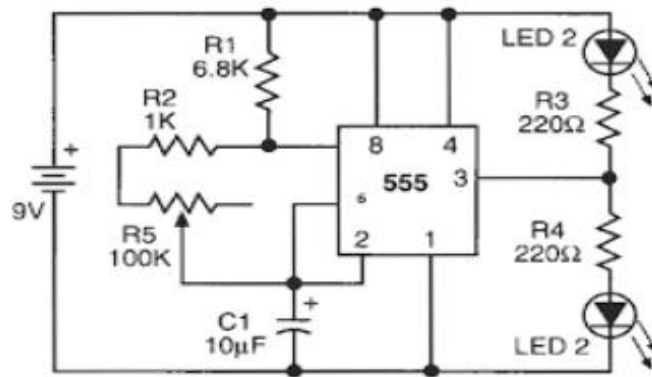


Figura 50. Diagrama esquemático de luces de velocidad variable

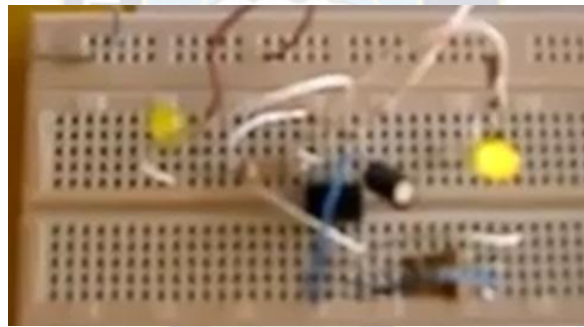


Figura 51. Luces de velocidad variable armado en protoboard

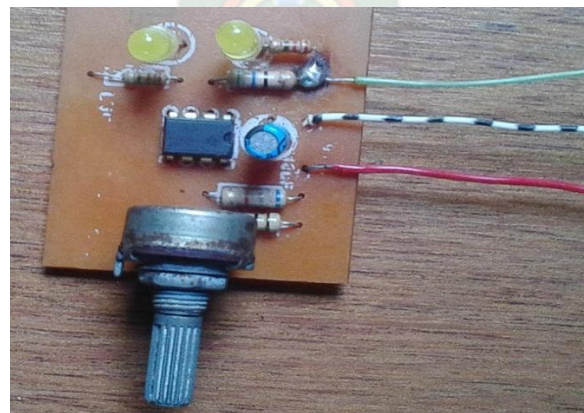


Figura 52. Circuito impreso de luces de velocidad variable para la simulación

A continuación se simulará, señales de régimen de motor que será terminal “C” del osciloscopio y velocidad de vehículo que será terminal “B” del osciloscopio, ambas señales digitales, en el software Proteus.

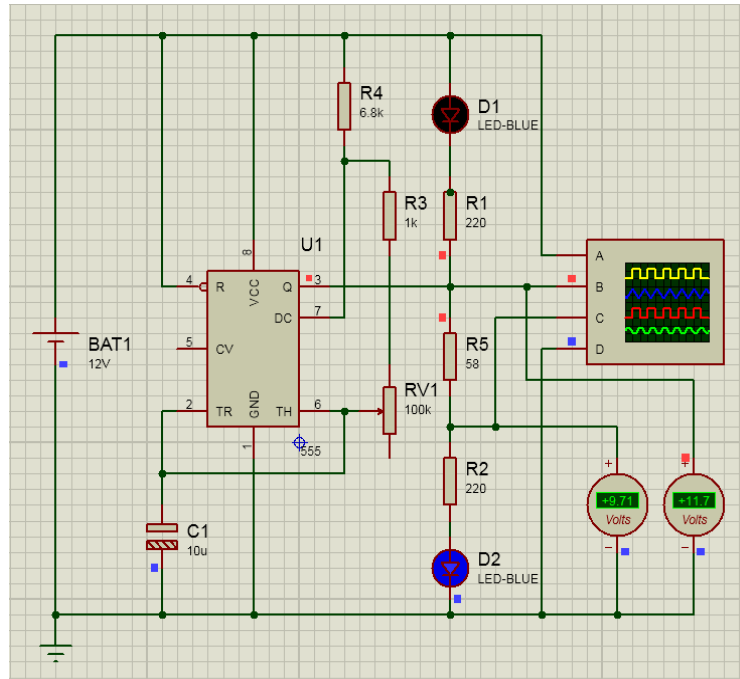


Figura 53. Circuito de simulación de señales de régimen de motor y velocidad de vehículo

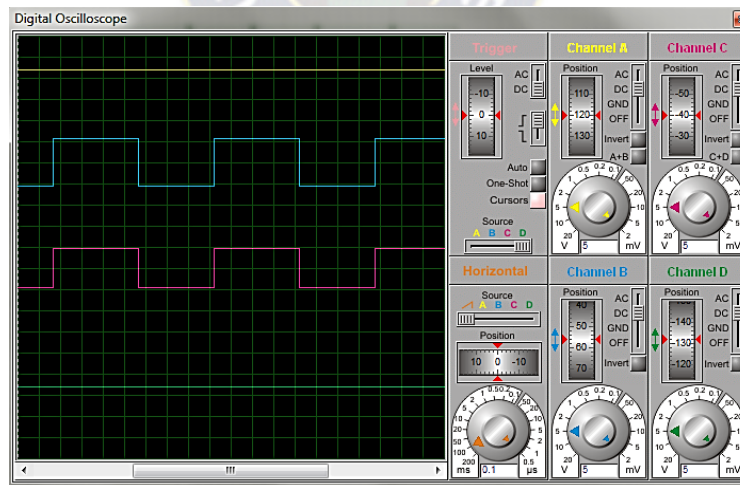


Figura 54. Señales digitales simuladas en proteus

Analizando las ecuaciones de carga y descarga, se obtiene la siguiente ecuación para calcular el periodo.

$$T_{Max.} = 0.693 [R_4 + 2(R_3 + RV_1)] C^7$$

$$T_{Max.} = 0.693 [6800 + 2(1000 + 0)] 10e^{-6} = 0.0061s$$

$$T_{Min.} = 0.693 [R_4 + 2(R_3 + RV_1)] C$$

$$T_{Min.} = 0.693 [6800 + 2(1000 + 500000)] 10e^{-6} = 2.14s$$

A continuación, presentamos una tabla que detalla, el costo de cada elemento que conforma la maqueta funcional.

Elementos Utilizados	Unidades(Cantidad)	Costo Total(Bs)
Volante de dirección de EPS	1	700
Tren delantero	1	900
Discos de freno	2	600
Amortiguadores	2	100
Tubo estructural cuadrado	2	76
Rueda industrial	4	150
Plancha	1	25
Electrodo	1 Kg.	22
Pintura esprait	3 colores	45
Pernos y tuercas	10	20
Componentes electrónicos		38
Costo Total de la Maqueta		2676(Bs.)

⁷ P. Malvino. (2000) Principios de electrónica Pag. 968

7.4.- Descripción general de Suzuki Wagon

Este sistema de la dirección asistida (P/S) se compone de un módulo de control P/S, un sensor de torsión y un motor y embrague instalados en la columna de la dirección.

En este sistema, el módulo de control P/S determina el nivel y sentido de la fuerza de asistencia para el volante de la dirección de acuerdo a las señales del sensor de torsión y velocidad del vehículo, hace funcionar el motor para dar asistencia al movimiento del volante de la dirección.

El módulo de control P/S hace un diagnóstico de averías que pueden darse en un área que incluye las siguientes piezas cuando el interruptor de encendido está en ON y el motor está en marcha e indica el resultado por el encendido de la luz "EPS" (luz indicadora de mal funcionamiento) y detiene el motor y el control de embrague.

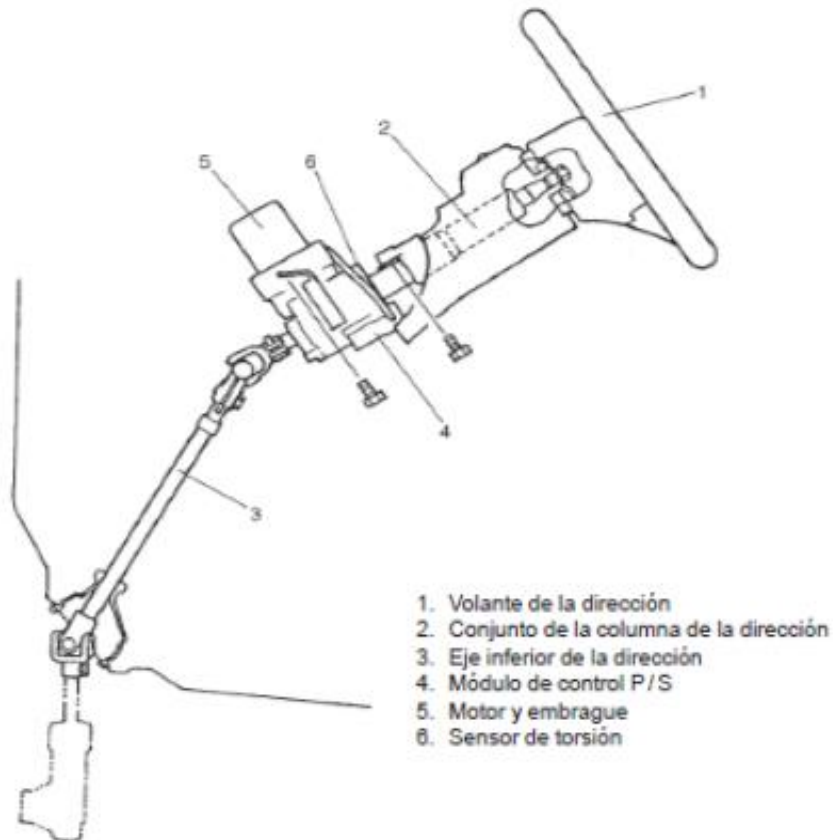
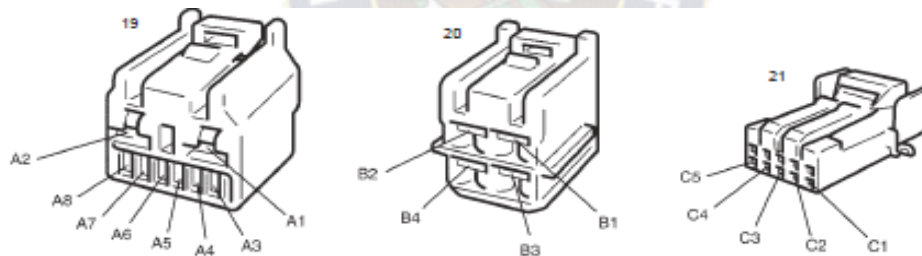
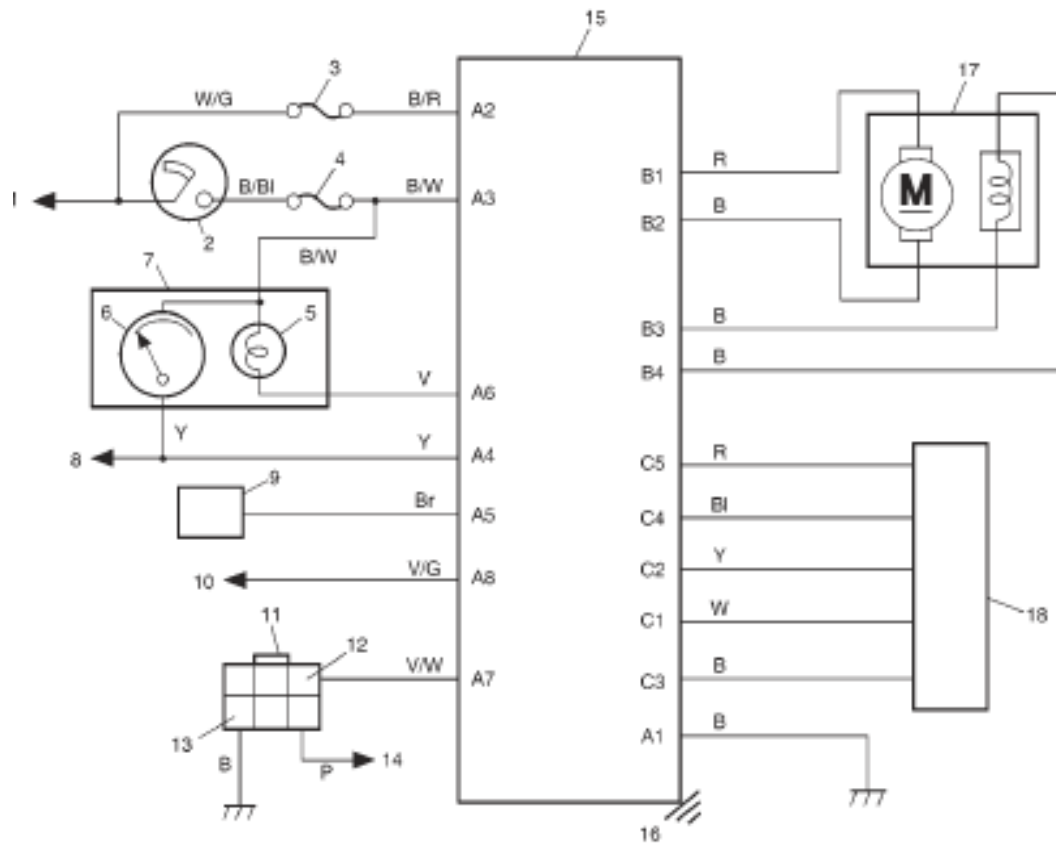


Figura 55. Sistema de dirección asistida eléctricamente

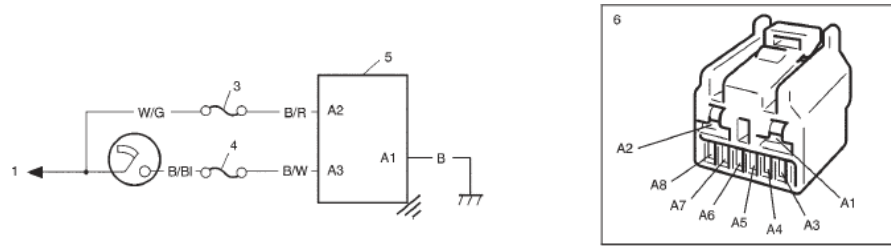


- | | | |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Al fusible principal 2. Interruptor de encendido 3. Fusible "EPS" (30A) en la caja de fusibles 4. Fusible "IG METER" (15A) en la caja de fusibles 5. Luz Indicadora de mal funcionamiento (MIL) (Luz "EPS") 6. Velocímetro 7. Medidor combinado | <ul style="list-style-type: none"> 8. Al sensor de velocidad del vehículo (VSS) 9. ECM 10. Conector de enlace de datos (DLC) 11. Acoplador del monitor 12. Terminal del interruptor de diagnóstico (para el sistema P/S) 13. Terminal a tierra 14. Al módulo de control ABS (si está instalado) | <ul style="list-style-type: none"> 15. Módulo de control P/S 16. Tierra del cuerpo del módulo de control P/S 17. Motor y embrague 18. Sensor de torsión 19. Conector "A" 20. Conector "B" 21. Conector "C" |
|--|--|---|

Figura 56. Diagrama del cableado

Para el diagnóstico de averías, asegúrese de entender totalmente las generalidades del sistema de diagnóstico a bordo de cada punto en las precauciones para el diagnóstico de averías y ejecute el diagnóstico de acuerdo con el diagrama de flujo de inspección del sistema.

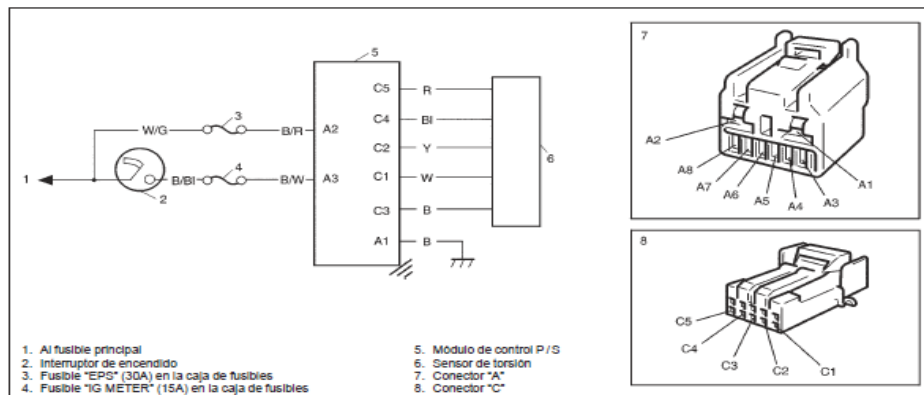
PASO 1.- Inspección de avería del circuito de alimentación eléctrica del módulo de control del EPS.



1. Al fusible principal
 2. Interruptor de encendido
 3. Fusible "EPS" (30A) en la caja de fusibles
 4. Fusible "IG METER" (15A) en la caja de fusibles
 5. Módulo de control P/S
 6. Conector "A"

PASO	ACCION	SI	NO
1	1) Desmonte la cubierta inferior de la columna de la dirección. 2) Inspeccione por conexión correcta al módulo de control P/S en el terminal "A2" (cable "BI/R"). 3) Si está bien, inspeccione el voltaje entre el terminal "A2" y la tierra en la carrocería con el conector "A" conectado al módulo de control P/S. 4) ¿Está entre 10 – 14 V?	Inspeccione por avería intermitente. Refiérase a la AVERIA INTERMITENTE en la SECCION 0A. Si está bien, sustituya por un módulo de control P/S en buen estado y vuelva a inspeccionar.	Repare la mala conexión o resistencia alta en el circuito "A2" (cable "BI/R").

PASO 2.- Inspección de avería del circuito de alimentación eléctrica de 5V del sensor de torsión.



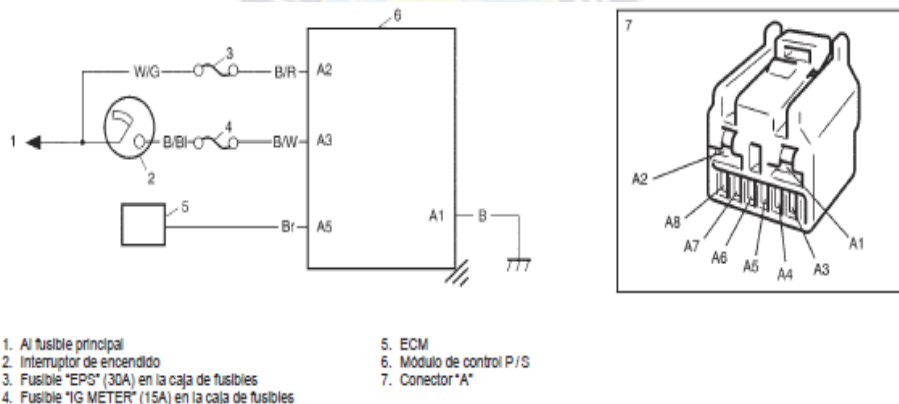
1. Al fusible principal
 2. Interruptor de encendido
 3. Fusible "EPS" (30A) en la caja de fusibles
 4. Fusible "IG METER" (15A) en la caja de fusibles
 5. Módulo de control P/S
 6. Sensor de torsión
 7. Conector "A"
 8. Conector "C"

PASO	ACCION	SI	NO
1	1) Desmonte la cubierta inferior de la columna de la dirección. 2) Inspeccione por conexión correcta del conector de 5 patillas ("C") al módulo de control P/S. 3) Si está bien, interruptor de encendido en ON. 4) Inspeccione el voltaje entre el terminal "C4" (cable "BI") del conector de 5 patillas ("C") y la tierra en la carrocería con el conector "C" conectado al módulo de control P/S. 5) ¿Está en unos 5 V?	Vaya al PASO 2.	Repare la resistencia alta, cable roto o cortocircuito al circuito eléctrico o tierra en el circuito de alimentación eléctrica de 5 V (cable "BI").
2	1) Inspeccione el sensor de torsión y su circuito. Refiérase a la INSPECCION EN EL VEHICULO del SENSOR DE TORSION. 2) ¿El sensor de torsión está en buen estado?	Sustituya por un módulo de control P/S en buen estado y vuelva a inspeccionar.	Cambie el sensor de torsión y vuelva a inspeccionar.

PASO 3.- También inspección de avería del circuito de alimentación eléctrica de 8V del sensor de torsión.

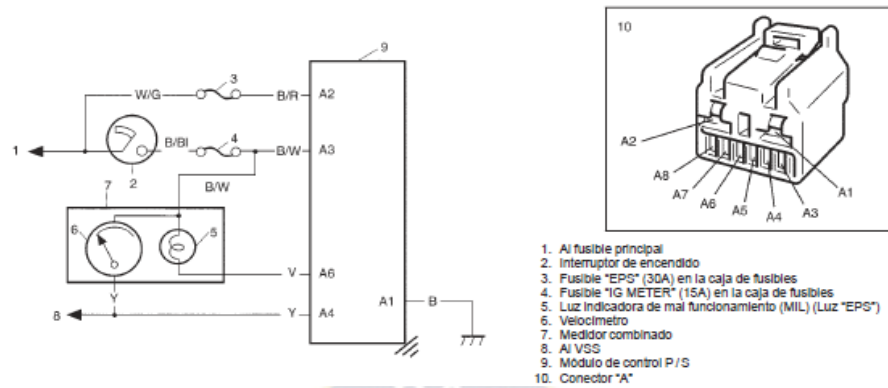
PASO	ACCION	SI	NO
1	1) Desmonte la cubierta inferior de la columna de la dirección. 2) Inspeccione por conexión correcta del conector de 5 patillas ("C") al módulo de control P/S. 3) Si está bien, interruptor de encendido en ON. 4) Inspeccione el voltaje entre el terminal "C5" (cable "R") del conector de 5 patillas ("C") y la tierra en la carrocería con el conector "C" conectado al módulo de control P/S. 5) ¿Está en unos 8 V?	Vaya al PASO 2.	Repare la resistencia alta, cable roto o cortocircuito al circuito eléctrico o tierra en el circuito de alimentación eléctrica de 8 V (cable "R").
2	1) Inspeccione el sensor de torsión y su circuito. Refiérase a la INSPECCION EN EL VEHICULO del SENSOR DE TORSION. 2) ¿El sensor de torsión está en buen estado?	Sustituya por un módulo de control P/S en buen estado y vuelva a inspeccionar.	Cambie el sensor de torsión y vuelva a inspeccionar.

PASO 4.- Inspección de avería del circuito de señal de velocidad del motor.



PASO	ACCION	SI	NO
1	1) Vuelva a inspeccionar el DTC con el motor en marcha. 2) ¿Indica DTC C1122?	Vaya al PASO 2.	No hay nada anormal para el DTC C1122. El sistema está en estado normal.
2	1) Inspeccione por conexión correcta al módulo de control P/S y ECM en cada terminal del cable "Br" (lado del módulo de control P/S: terminal "A5", lado ECM: Refiérase al DIAGRAMA DEL CABLEADO de la SECCION 6E) e inspeccione por avería intermitente. Refiérase a la AVERIA INTERMITENTE de la SECCION 0A. 2) ¿El resultado de la inspección está en buen estado?	Vaya al PASO 3.	Repare por mala conexión o avería intermitente.
3	1) Vea la NOTA 1 arriba. 2) Utilice la herramienta de exploración SUZUKI para leer la lista de datos para el sistema P/S. Refiérase al manual de instrucciones de la herramienta de exploración SUZUKI. 3) Inspeccione la velocidad del motor. 4) ¿Indica la velocidad correcta del motor?	Sustituya por un módulo de control P/S en buen estado y vuelva a inspeccionar.	Repare la resistencia alta, cable roto o cortocircuito del circuito eléctrico o tierra en el circuito del cable "Br".

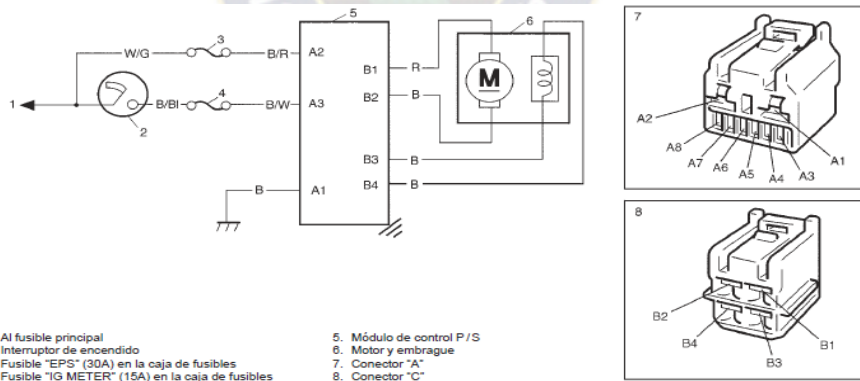
PASO 5.- Inspección de avería del circuito de señal de velocidad del vehículo.



1. Al fusible principal
2. Interruptor de encendido
3. Fusible "EPS" (30A) en la caja de fusibles
4. Fusible "IG METER" (15A) en la caja de fusibles
5. Luz Indicadora de mal funcionamiento (MIL) (Luz "EPS")
6. Velocímetro
7. Medidor combinado
8. Al VSS
9. Módulo de control P/S
10. Conector "A"

PASO	ACCION	SI	NO
1	<ol style="list-style-type: none"> 1) Interruptor de encendido en OFF. 2) Desmonte la cubierta inferior de la columna de la dirección. 3) Desconecte el conector de 8 patillas ("A") del módulo de control P/S. 4) Inspeccione por conexión correcta del módulo de control P/S al terminal "A4" (cable "Y"). 5) Si está bien, conecte el voltímetro entre el terminal "A4" (cable "Y") y la tierra en la carrocería con el conector "A" conectado. 6) Levante la parte trasera del vehículo y bloquee el neumático trasero derecho. 7) Gire rápidamente el neumático izquierdo con el interruptor de encendido en ON. 8) ¿El voltímetro indica una deflexión entre 0 – 1 V y 9 – 11 V varias veces con el neumático girado una revolución? 	<p>Inspeccione por avería intermitente. Refiérase a la AVERIA INTERMITENTE de la SECCION 0A.</p> <p>Si está bien, sustituya por un módulo de control P/S en buen estado y vuelva a inspeccionar.</p>	<p>Repare el VSS o su circuito (cable "Y").</p>

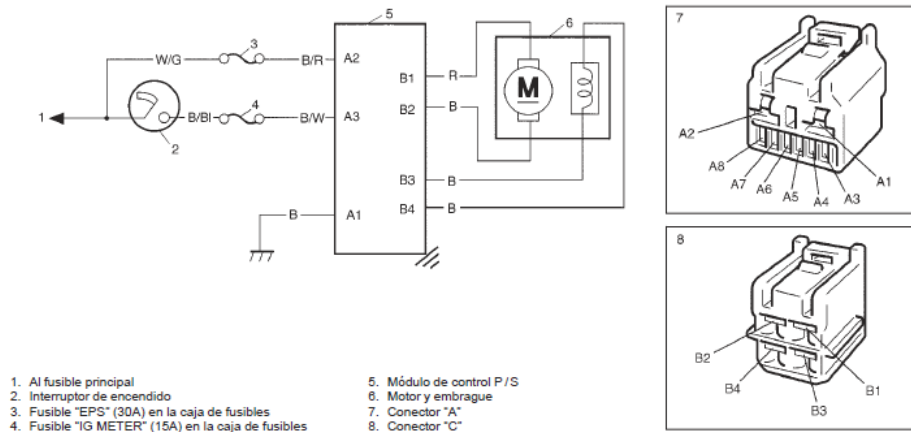
PASO 6.- Inspección de avería del circuito del motor eléctrico.



1. Al fusible principal
2. Interruptor de encendido
3. Fusible "EPS" (30A) en la caja de fusibles
4. Fusible "IG METER" (15A) en la caja de fusibles
5. Módulo de control P/S
6. Motor y embrague
7. Conector "A"
8. Conector "C"

PASO	ACCION	SI	NO
1	<ol style="list-style-type: none"> 1) Desmonte la cubierta inferior de la columna de la dirección. 2) Inspeccione por conexión correcta del conector de 4 patillas ("B") al módulo de control P/S. 3) Si está bien, arranque el motor. 4) Inspeccione el voltaje entre el terminal "B1" y la tierra en la carrocería y el terminal "B2" y la tierra en la carrocería con el conector "B" conectado al módulo de control P/S. 5) ¿Están entre 5 – 7 V con el volante de la dirección en la posición para que el vehículo avance en sentido recto? 	<p>Vaya al PASO 2.</p>	<p>Repare la mala conexión, resistencia alta, cable roto o cortocircuito al circuito eléctrico o tierra en el circuito "B1" o "B2".</p>
2	<ol style="list-style-type: none"> 1) Inspeccione el motor y su circuito. Refiérase a la INSPECCION EN EL VEHICULO del MOTOR Y EMBRAGUE. 2) ¿El motor está en buen estado? 	<p>Sustituya por un módulo de control P/S en buen estado y vuelva a inspeccionar.</p>	<p>Cambie el motor y vuelva a inspeccionar.</p>

PASO 7.- Inspección de avería del circuito del embrague.



PASO	ACCION	SI	NO
1	<ol style="list-style-type: none"> Desmonte la cubierta inferior de la columna de la dirección. Inspeccione por conexión correcta del conector de 4 patillas ("B") al módulo de control P/S. Si está bien, arranque el motor. Inspeccione el voltaje entre el terminal "B3" y la tierra en la carrocería con el conector "B" conectado al módulo de control P/S. ¿Está en 0 V? 	Vaya al PASO 2.	Repare la mala conexión, resistencia alta, cable roto o cortocircuito al circuito eléctrico o tierra en el circuito "B3".
2	<ol style="list-style-type: none"> Inspeccione el voltaje entre el terminal "B4" y la tierra en la carrocería con el conector "B" conectado al módulo de control P/S. ¿Esta entre 10 – 14 V con el volante de la dirección en la posición para que el vehículo avance en sentido recto? 	Vaya al PASO 3.	Repare la mala conexión, resistencia alta, cable roto o cortocircuito al circuito eléctrico o tierra en el circuito "B4".
3	<ol style="list-style-type: none"> Inspeccione el motor y su circuito. Refiérase a la INSPECCION EN EL VEHICULO del MOTOR Y EMBRAGUE. ¿El embrague está en buen estado? 	Sustituya por un módulo de control P/S en buen estado y vuelva a inspeccionar.	Cambie el embrague y vuelva a inspeccionar.

PASO 8.- Comparar voltaje nominal en cada terminal

Nº. TERMINAL	CIRCUITO	VOLTAJE NORMAL	CONDICION
A1	Tierra	—	—
A2	Alimentación eléctrica de módulo de control P/S de la batería	10 – 14 V	Interruptor de encendido en ON
A3	Alimentación eléctrica de módulo de control P/S del interruptor de encendido	10 – 14 V	Interruptor de encendido en ON
A4	VSS	Se repite la deflexión del indicador entre 0 – 1 V y 9 – 11 V	Interruptor de encendido en ON Se hace girar rápidamente el neumático trasero izquierdo con el neumático derecho bloqueado
A5	Señal de velocidad del motor	Aprox. 1 V	Ralentí del motor
A6	Luz "EPS"	0 – 2 V	Ralentí del motor Luz "EPS" encendida
		10 – 14 V	Ralentí del motor Luz "EPS" apagada
A7	Terminal del interruptor de diagnóstico	Aprox. 5 V	Interruptor de encendido en ON
A8	Herramienta de exploración SUZUKI	—	—
B1	Salida de motor 2	5 – 7 V	Motor en ralentí y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto
B2	Salida de motor 1	5 – 7 V	Motor en ralentí y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto
B3	Salida de embrague 2	0 V	—

B4	Salida de embrague 1	10 – 14 V	Motor en ralentí y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto
C1	Sensor de torsión (principal)	Aprox. 2,5 V	Interruptor de encendido en ON y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto Inspeccione el voltaje entre los terminales "C1" y "C3".
C2	Sensor de torsión (secundario)	Aprox. 2,5 V	Interruptor de encendido en ON y volante de la dirección en posición para que el vehículo avance en sentido recto Inspeccione el voltaje entre los terminales "C2" y "C3".
C3	Sensor de torsión (tierra)	0 V	–
C4	Alimentación eléctrica de 5 V para el sensor de torsión	Aprox. 5 V	Interruptor de encendido en ON Inspeccione el voltaje entre los terminales "C4" y "C3".
C5	Alimentación eléctrica de 8 V para el sensor de torsión	Aprox. 8 V	Interruptor de encendido en ON

Patrón de destellos de la luz de EPS

Ejemplo: Cuando aparece una avería de circuito de VSS (DTC C1121)

DTC	Patrón de destellos de la luz "EPS"		PUNTO DE DIAGNOSTICO	DIAGNOSTICO
	Nº	Modelo		
—	12		Normal	Este código aparece cuando no se identifica ningún otro código.
C1111	11		Sensor de torsión	Diagnóstico de averías de acuerdo con el DIAGRAMA DE FLUJO de cada Nº de código.
C1113	13			
C1114	14			
C1115	15			
C1116	16			
C1121	21		Señal VSS	
C1123	23		Señal de velocidad del motor	
C1124	24			
C1122	22			
C1141	41		Motor	
C1142	42			
C1143	43			
C1144	44			
C1145	45			
C1151	51		Embrague	
C1152	52		Módulo de control P/S	
C1154	54			
C1155	55			
C1153	53			

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- * Para el presente trabajo de aplicación, fue necesario conocer la función que desempeñan cada una de las partes del sistema de dirección asistida electrónicamente EPS.
- * Se construyó una maqueta funcional de sistema de dirección asistida electrónicamente EPS, para identificar sus componentes tanto mecánicos como electrónicos y su funcionamiento.
- * Para simular las deferentes señales que ingresan al módulo de control de EPS, para su funcionamiento se utilizó el software Proteus.
- * La recolección de información sobre este trabajo es confiable ya que proviene de fuentes conocidas y confiadas y gracias a estas se pudo culminar con resultados verdaderos y esto se certifica con la construcción de la maqueta del sistema EPS.

8.2. Recomendaciones

- * Para la conservación del material didáctico, se debe realizar un chequeo de las partes y componentes ya que por ser un trabajo didáctico está expuesto a desconexiones y desensamblaje de sus elementos y a conexiones erróneas.
- * El sistema EPS, no puede ser desarmado, esto provocaría el desperfecto del sistema, en caso de que algún elemento falle debe ser sustituido todo el sistema. Además se debe tomar en cuenta la calibración del sensor que se lo debe dejar a 0° ya que eso ayudará con la alineación del vehículo después de la calibración, ya que de no hacerlo el motor eléctrico interpretaría un grado diferente a los que se están aplicando al volante, y eso provocaría que el volante se endure en cierto casos aparte el indicador de falla va a permanecer encendido en el panel.
- * En la conexión de la alimentación de la maqueta, tener cuidado con la polaridad de los cables, para evitar cortocircuitos o daños a la placa de control.

9. BIBLIOGRAFÍA

Columba, R. A. (2012). *Contrucción de un prototipo de sistema de dirección con control electrónico*.

Hernandez, E. S. (2012). *Construcción de un maqueta funcional del sistema EPS*.

Johnston, F. P. (2010). *Mecánica de materiales*. México: Pablo E. Roig Vázquez.

Luque, P. (2003). *Ingenieria del automovil*.

Malvino, A. P. (2000). *Principios de la electrónica*. Madrid(España): Esmeralda Mora.

Paz, M. A. (2006). *Manual de automóviles*. Madrid(España): Dossat 2000 S.L.

Uría, R. P. (2009). *Sistemas de Dirección Automotriz*.



10. ANEXOS

TABLA B-1. Propiedades físicas medias de los metales más comunes (unidades SI)

METALES	Densidad (kg/m ³)	Coeficiente de dilatación lineal [$\mu\text{m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$]	Limite de proporcionalidad (MPa)*		Resistencia última (MPa)			Módulo de elasticidad (GPa)		Elongación (%) (en 50 mm)
			Tensión	Cortante	Tensión	Compr.	Cortante	<i>E</i>	<i>G</i>	
Acero, 0.2% carbono, laminado en caliente	7 850	Varía de 11.0 a 13.2 El valor medio es 11.7	240	150	410	<i>b</i>	310	200	80	35
0.2% carbono, laminado en frío	7 850		420	250	550	<i>b</i>	420	200	80	18
0.6% carbono, laminado en caliente	7 850		420	250	690	<i>b</i>	550	200	80	15
0.8% carbono, laminado en caliente	7 850		480	290	830	<i>b</i>	730	200	80	10
Fundición gris	7 200	10.8	<i>c</i>	<i>d</i>	140	520	<i>d</i>	100	40	Pequeña
Fundición maleable	7 200	11.9	250	160	370	<i>b</i>	330	170	90	18
Hierro forjado	7 700	12.1	210	130	350	<i>b</i>	240	190	70	35
Aluminio fundido	2 650	23.1	60		90	<i>b</i>	70	70	30	20
Aluminio, aleación 17ST	2 700	23.1	220	150	390	<i>b</i>	220	71	30	—
Latón, laminado (70% Cu, 30% Zn)	8 500	18.7	170	110	380	<i>b</i>	330	100	40	30
Bronce, fundido	8 200	18.0	140		230	390	—	80	35	10
Cobre, estirado	8 800	16.8	260	160	380	<i>b</i>	—	120	40	4



