

"DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DIRECCIÓN ASISTIDA HIDRÁULICAMENTE A LAS CUATRO RUEDAS DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR".

Ing. Juan Rocha¹ / Ing. Danilo Zambrano²/ Cristian Alvarez³/ Romel Carrera⁴

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Quijano y Ordoñez y Márquez de Maenza s/n
Email: jcrocha@espe.edu.ec¹, vdzambrano@espe.edu.ec², credu86alvarez@hotmail.com³,
romel_car1990@hotmail.com⁴
Latacunga - Ecuador

Resumen

El proyecto de investigación tiene como objetivo disminuir el radio de giro del vehículo Volkswagen Santana, mediante la implementación del sistema de dirección asistida hidráulicamente a las ruedas posteriores, complementando el trabajo de las ruedas delanteras, para proporcionar maniobrabilidad y agilidad al paso por curva en zonas muy concurridas u obstaculizadas, con capacidad de cambio de dirección y estabilidad, logrando que su viaje sea seguro y satisfactorio. Se implementará el sistema electrónico de reenvío de giro, que será el encargado de transmitir el par del volante de la dirección delantera, hacia un motor a pasos ubicado en la parte posterior. Este proyecto se complementa con el análisis de resultados por elementos finitos de la estructura posterior implementada, así como la recaudación de datos de las cotas en curva y el resultado analítico de la mejoras con la dirección posterior en conducción del sistema implementado.

Palabras Clave: dirección asistida a las cuatro ruedas, vehículo Volkswagen Santana, plc, motores eléctricos

Abstract

The research project aims to reduce the turning radius of the vehicle Volkswagen Santana, by implementing the hydraulically assisted steering system to the rear wheels, complementing the work of the front wheels to provide maneuverability and agility when cornering in areas crowded or hindered, able to change direction and stability, making your trip safe and satisfying. Electronic forwarding system of rotation, which will be responsible for transmitting torque the wheel of the front direction toward a stepper motor located in the rear, will be implemented. This project is complemented by the analysis of finite element results of the implemented posterior structure and data collection curved dimensions and the analytical result of the improvements to the rear driving direction of the implemented system.

Keywords: four wheel assisted steering, vehicle Volkswagen Santana, plc, electric motors.

1. Introducción

En la ciudad de Latacunga existe un problema a de circulación debido a la estreches de sus calles por ello se ha visto factible desarrollar un sistema que permita mejorar la maniobrabilidad en la conducción por las vías locales de la ciudad.

Al realizar el diseño y construcción de un sistema de dirección hidráulica integral se proporciona un vehículo que permite reducir los esfuerzos al conductor al circular por las vías de la ciudad y con esto garantizar un buen flujo de circulación por esta por medio de un control de dirección posterior realizada a un vehículo Volkswagen Santana.

2 Metodología Experimental

Mediante la implementación del sistema de dirección a las cuatro ruedas se busca disminuir los radios de giro de un vehículo, al paso por curva en espacios reducidos presentes en situaciones donde se requiere de precisión de la dirección y una gran destreza del conductor, será posible la capacidad para maniobrar en pequeños espacios y posibilidad de efectuar aparcamientos más sencillos.

3 Diseño del proyecto

3.1. Diseño del sistema mecánico

Para plantear el diseño de la suspensión posterior del vehículo prototipo, se deberá orientar hacia la fiabilidad, eficiencia y seguridad durante su funcionamiento. Estos factores son de gran importancia ya que ayudan a transmitir al conductor confianza y control, que son valores elementales para el buen desempeño del sistema a aplicar.

3.1.1 Carga aplicada a la estructura del semi-chasis posterior bajo cargas de fuerza sobre el eje posterior.

El resultado obtenido en F_p , sobre la fuerza que actúa en el eje posterior del vehículo prototipo es el valor que se ingresará en el asesor de cargas del software de simulación y que soporta la estructura del semi-chasis posterior.

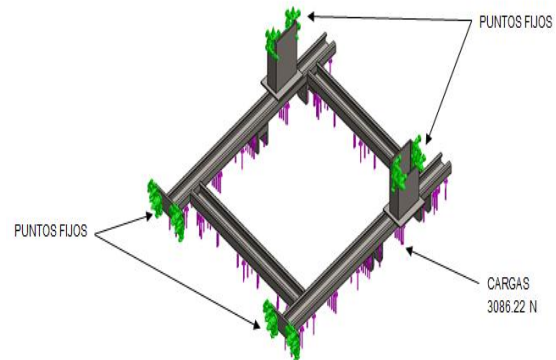


Figura 1: Cargas aplicadas a la estructura del semi-chasis posterior

En la figura se puede observar que la fuerza aplicada será de 3086.22 Newtons distribuidas en la estructura del semi-chasis, para obtener un rendimiento óptimo se parte del diseño de la estructura para que pueda soportar las cargas que se va a encontrar sometida la misma. A través del software de simulación se puede conocer las características de la estructura del semi-chasis posterior diseñada y del material aplicado.

3.1.2 Estudio de tensión de von mises de la estructura en el semi-chasis posterior bajo cargas de fuerza sobre el eje posterior.

Se somete a la estructura diseñada como semi-chasis posterior a estudios estáticos mediante el software solidworks

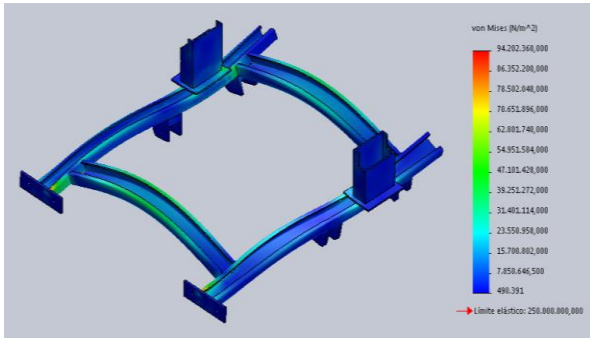


Figura 2: Tensión de von Mises aplicada a la estructura posterior

Esfuerzo máximo: 94 Mpa

Los resultados de la simulación dan como resultado que la fuerza aplicada no supera la resistencia de fluencia del metal concluyendo que el material es apto para su utilización. Cumple con la teoría de Von Mises, objetando la fiabilidad del material. [1]

$$\sigma < Fu \text{ Ecuacion 3.13}$$

$$94 \text{ Mpa} < 250 \text{ Mpa}$$

3.1.3. Estudio de desplazamientos resultantes en el semi-chasis posterior

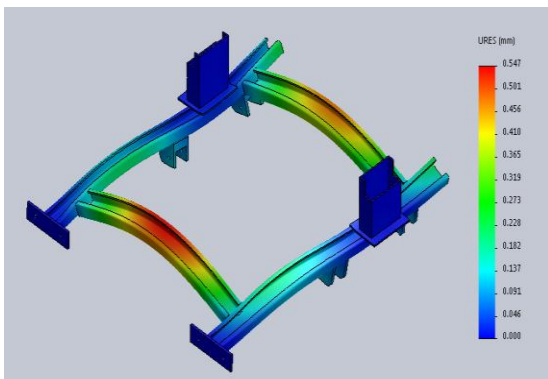


Figura 3: Desplazamientos aplicados a la estructura posterior

3.2. Diseño del sistema hidráulico

Circuito B o Circuito posterior.- Este circuito es el encargado de proporcionar la asistencia hidráulica a las ruedas del eje posterior.

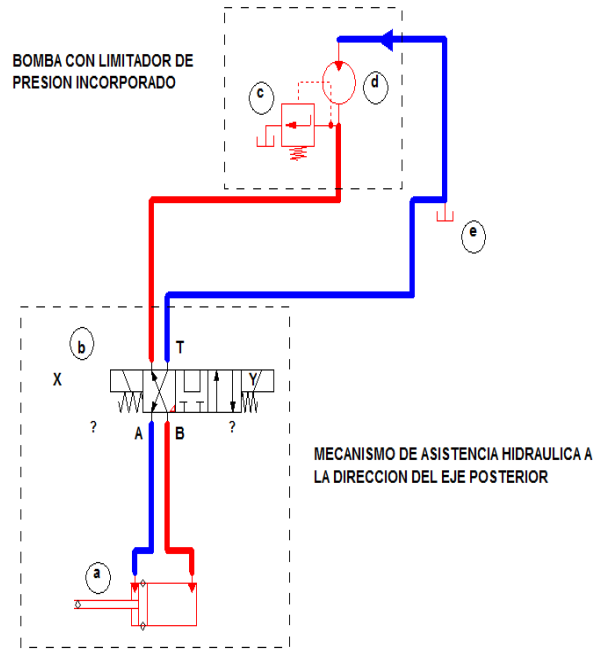


Figura 4: Circuito hidráulico posterior en recirculación

3.2.1. Cálculo de la bomba hidráulica de asistencia para la dirección posterior.

Área del pistón del cilindro hidráulico de la dirección posterior.

$$r = 3,5 \text{ cm}$$

$$A = \pi * r^2$$

Donde:

A= Área del pistón del cilindro hidráulico. (cm)²

r = Radio del pistón del cilindro hidráulico. (cm)

$$A = \pi * 3.5^2$$

$$A = 38,48 \text{ cm}^2 = 5,96 \text{ in}^2$$

3.2.2. Fuerza generada por la bomba del circuito posterior.

Datos:

$$\text{Presion de la bomba} = 75 \text{ bar} = 1080,4 \text{ psi}$$

$$\text{Diametro} = 7 \text{ cm}$$

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

Donde:

$$P = \text{Presión. (lbf/in}^2\text{)}$$

$$A = \text{Área del pistón. (in}^2\text{)}$$

$$F = \text{Fuerza. (lbf)}$$

Para conocer la fuerza despejamos de la ecuación, entonces:

$$F = P * A$$

$$F = 1080,4 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 5,96 \text{ in}^2$$

$$F = 6444,706 \text{ lbf}$$

Transformando a Newtons mediante el factor de conversión: 1N= 0.22480894309971 lbf, se tiene:

$$F = 28771,01 \text{ N}$$

Esta fuerza es la que provee el mecanismo de asistencia hidráulica al sistema de dirección del vehículo, la cual es la necesaria para vencer la carga del eje posterior.

Ya que

$$F_{\text{mecanismo direccion}} = 28771,01 \text{ N} > 3086,22 \text{ N}$$

Es así que se debe adquirir una bomba con las siguientes características:

Tabla 1 Características bomba de presión para dirección posterior.

Características	Valores
Presión de la bomba	75 Bar (1080.4Psi)
Caudal	2.4 Gpm
Revoluciones de la bomba	1700 Rpm

3.3.3. Mecanismo de dirección hidráulica de piñón y cremallera.

La fuerza que proporciona este mecanismo al varillaje de la dirección, es igual a la presión que provee la bomba hidráulica por el área de la sección transversal de su pistón hidráulico. [2]

$$F = P * A$$

$$F = 1080,4 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} * 5,96 \text{ in}^2$$

$$F = 6444,706 \text{ lbf}$$

$$F = 28771,01 \text{ N}$$

3.4.4. Cálculo de las mangueras Hidráulicas

Datos sugeridos para evitar la turbulencia en el flujo y pérdidas de presión [3]

$$v = 4.5 \text{ m/s}$$

Transformación de GPM a m^3/s

$$6,309 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 2,4 \text{ GPM} \frac{6,309 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ GPM}}$$

$$Q = 1,51 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Se despeja el diámetro de la siguiente formula

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} [2]$$

Donde:

D = Diámetro de tubería. (m)

A= Área de sección. (m²)

$$Q = A \cdot v [2]$$

Donde:

Q = Caudal. (m³/s)

A= Área de sección. (m²)

v = Velocidad sugerida (m/s)

Remplazando se obtiene:

$$Q = v \frac{\pi \cdot D^2}{4} [2]$$

Despejando el diámetro:

$$D_i = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad \text{Ecuación 3.49}$$

$$D_i = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,51 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 4,5 \text{ m/s}}}$$

$$D_i = 6,54 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Conversión del diámetro a pulgadas

$$D_i = 6,54 \times 10^{-3} \text{ m} \left(\frac{1 \text{ in}}{0,0254 \text{ m}} \right)$$

$$D_i = 0,25 \text{ in} \approx 1/4$$

3.3. Diseño del sistema electrónico

3.3.1. PLC XINJE

Por su compatibilidad y por su bajo costo, sin dejar a un lado las prestaciones y beneficios que nos proporciona, es un dispositivo electrónico digital con una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas de configuración, secuencia, sincronización, conteo y funciones aritméticas, necesarias para el control de los actuadores instalados en el prototipo.



Figura 5: PLC Xinje

3.3.2. Selección de sensor del volante de la dirección

Este elemento cumplirá la función de censar el ángulo del volante de la dirección. Por esta razón se recurrirá a la selección de un encoder incremental bidireccional que tiene dos canales de salida A y B, que permiten detectar el sentido de rotación del eje, el canal B está desfasado en 90° eléctricos respecto al canal A,



Figura 6: Encoder absoluto rotativo para censar ángulo del volante de la dirección

3.3.3. Selección del sensor de velocidad

Este elemento será el encargado de censar la velocidad de circulación del vehículo, esta información es necesaria para la desactivación del sistema de asistencia a la dirección posterior, es decir, que al llegar a una velocidad de 60 Km/h el sensor informara al PLC y este desactivara el funcionamiento del motor a pasos.



Figura 7: Sensor magnético para velocidad del vehículo.

4. Construcción del sistema de dirección posterior.

4.1. Proceso de construcción y adaptación de elementos mecánicos en el eje posterior.

Para el montaje de la suspensión posterior se procedió a adquirir una suspensión de las mismas características de la que tiene incorporado el vehículo en su eje delantero, puesto que este tipo de suspensión independiente nos permite un acople seguro en el nuevo sistema que se implementó, las medidas de los elementos corresponden a las deseadas para la adaptación; por la parte de arriba la suspensión se acopla con el chasis de tal manera que no se hizo ningún tipo de ajuste y en la parte inferior de la misma se procede a la sujeción por medio de una mesa que va anclada al nuevo semi-chasis que fue elaborado.



Figura 8: Semi-chasis posterior

De esta forma se finaliza la construcción y adaptación de la estructura del semi-chasis posterior y los elementos del sistema de suspensión en el vehículo prototipo

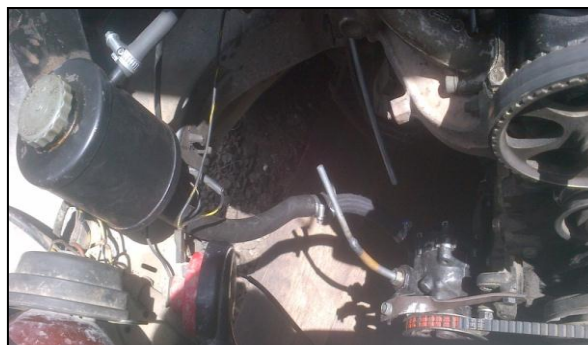


Figura 9: Instalación de cañerías de fluido

Se procede a adaptar en el eje posterior el mecanismo de dirección hidráulica de piñón y cremallera que estará fijado al semi-chasis, a través de dos bases que fueron soldadas al mismo, sujetándolo firmemente evitando cualquier tipo de vibración.



Figura 10: Cilindro de dirección

En la gráfica se presenta la forma en que se sujeta el actuador que acciona el sistema de dirección posterior este está sujeto al semi-chasis.

4.2. Montaje de motor a pasos (actuador de la dirección posterior)

El actuador estará localizado en la parte posterior del vehículo en la cajuela, de forma que coincide verticalmente con la válvula rotativa del mecanismo de dirección hidráulica de las ruedas posteriores.[4]

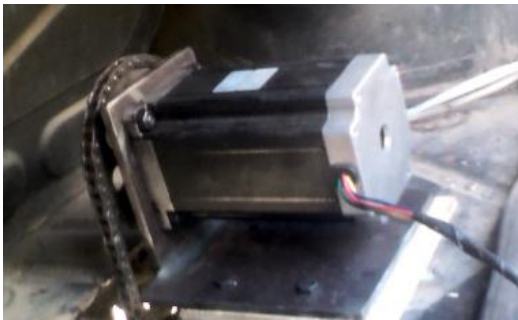


Figura 11: Fijación del actuador de la dirección posterior.

4.3. Montaje de sensor de ángulo del volante.

Ubicado sobre el eje de la columna de la dirección, que en este caso es un tubo de hierro de 1/2 pulgada, se instala un engranaje que será que estará acoplado con otro ubicado en el encoder, el cual enviara la señal eléctrica de posición del volante, es decir, hará la función de sensor de ángulo de giro para el control del actuador. Figura 12.



Figura 12: Colocación del sensor de ángulo

4.4. Montaje del sensor inductivo

Para el montaje del sensor inductivo se realizó una base pequeña para ubicar al contacto magnético fijo, el mismo que va a enviar la señal mediante unos cables.

Lo alineamos entre contacto fijo y el móvil para tener una buena señal. La holgura de separación entre contactos magnéticos es 10 mm para un perfecto funcionamiento del sensor.

Finalmente ajustamos las abrazaderas de plástico, cortamos los pedazos sobrantes. Realizamos las conexiones respectivas.



Figura 13: Ubicación del sensor de giro.

Una vez concluido el diseño y construcción e implementado en el vehículo Volkswagen Santana el sistema de dirección en el eje posterior se puede apreciar en la figura 14 la disposición del sistema de dirección a las cuatro ruedas.

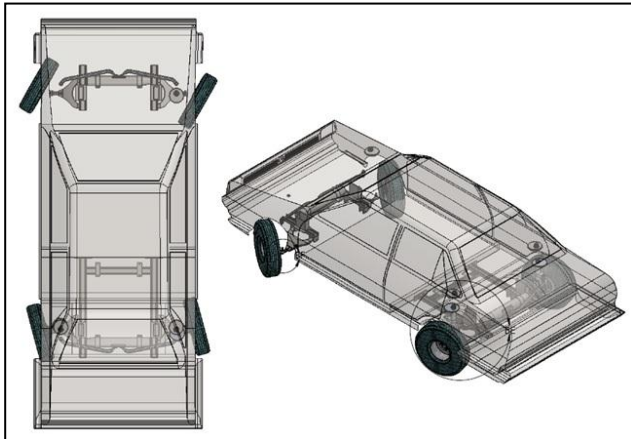


Figura 14: Vehículo prototipo implementado con el sistema de dirección a las cuatro ruedas.

5. Pruebas del proyecto.

A continuación en la tabla 4 y 5 se puede apreciar los valores obtenidos al efectuar las pruebas de conducción activado y desactivado el sistema de dirección a las ruedas posteriores del vehículo prototipo, con replicas realizadas por 3 veces en las diferentes curvas expresadas. Como se ve en la tabla 2

Tabla 2 Pruebas realizadas sin la dirección de las ruedas posteriores.

ANGULO DE GIRO DEL VOLANTE DE LA DIRECCIÓN				
Curvas	Prueba 1 (°)	Prueba 2 (°)	Prueba 3 (°)	Promedio (°)
C1	535	546	539	540
C13	320	318	308	315
C14	627	629	634	630

Tabla 3 Pruebas realizadas activado el 4WS

ÁNGULO DE GIRO DEL VOLANTE DE LA DIRECCIÓN				
Curvas	Prueba 1 (°)	Prueba 2 (°)	Prueba 3 (°)	Promedio (°)
C1	395	408	398	400
C13	248.5	249.5	252	250
C14	455	450	445	450

5.1. Análisis de resultados de las pruebas

5.1.1. Comparación de resultados.

En la tabla 6 se puede evidenciar de mejor manera los resultados obtenidos en cada prueba con el sistema 4ws activado y desactivado, que proporciona los resultados deseados dejando ver la fiabilidad y eficiencia del proyecto, en cuanto a la reducción el radio de giro se disminuye en un 21% sobrepasando nuestras expectativas y logrando así el objetivo deseado.

Tabla 4 Reducción del diámetro de giro

Diámetro de giro del vehículo prototipo			
Tipo dirección	Dimensión	Reducción	% reducción
Sistema de dirección estándar	11115 mm	2350 mm	21.14 %
Sistema de dirección a las cuatro ruedas implementado	8800 mm		

Conclusiones:

Una vez terminado el presente trabajo de investigación se ha cumplido con el objetivo general planteado.

- Diseñamos construimos e implementamos un sistema de dirección asistida hidráulicamente a las ruedas posteriores de un vehículo automotor, para lograr reducir el radio de giro del vehículo, proporcionar mayor maniobrabilidad en circunstancias comprometidas por falta de espacio, disminuir el área necesaria para el tránsito del vehículo en las calles de la ciudad de Latacunga y facilitar al conductor el manejo en paso por curva, evitar obstáculos en la vía y el parqueo en las vías angostas de las ciudades.
- Se diseñó un circuito hidráulico independiente, para obtener la asistencia al sistema de dirección activa a las ruedas posteriores, mediante la simulación por software e integrar la suficiente capacidad al sistema de dirección a las cuatro ruedas.

Recomendaciones:

- El diseño, construcción e implementación del sistema de dirección asistido hidráulicamente a las ruedas posteriores implementado en el vehículo prototipo, ha sido planteado y preparado exclusivamente para el mismo, por las características de construcción que posee en sus sistemas automotrices.
- Para la implementación de este sistema en otro vehículo prototipo se deberá analizar y diseñar acorde a las características de construcción del vehículo, referente al tipo

de tracción y la disposición del sistema de suspensión de su eje posterior.

- Antes de iniciar la conducción del vehículo prototipo, el usuario debe estar instruido en el manejo del control electrónico para la configuración del sistema de asistencia electrónica a las ruedas posteriores.

Bibliografía:

- [1]Mott, R. L. (2007). Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson Education.
- [2]Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos. México: Pearson Education.
- [3] Creus, N. E. (2011). Hidráulica. México: Alfaomega.
- [4]Selección y aplicación de motores eléctricos WEG (13 de Julio de 2014)obtenido de :
<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-seleccióny-aplicación-de-motores-electricos-artículo-técnico-español.pdf>

BIOGRAFÍA:



Juan Carlos

Rocha Nació en, Quito Ecuador, Es Ingeniero Automotriz, dispone un magister en Sistemas Automotrices, Autotrónica, Docencia Universitaria, Docente Tiempo Parcial en

la Universidad de las fuerzas armadas ESPE desde 2008.

Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica automotriz.



Cristian Eduardo Álvarez

Nació en Latacunga Ecuador, Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor en mecánica automotriz.



Danilo Zambrano León
Nació en la ciudad de Quito, Ecuador.

Es Ingeniero Automotriz, Máster en Gestión de la Producción, estudios de posgrado en Autotrónica,

Sistemas Automotrices, Docente tiempo completo en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga.



Romel Carrera Tapia

Nació en Latacunga Ecuador, Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales como asesor en mecánica automotriz.