REVISTA CIENTÍFICA
CONECTIVIDAD
Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

Artículo Científico

Análisis del sistema de dirección hidráulica repotenciado del modelo de vehículo Suzuki Forsa 2

Analysis of the upgraded power steering system of the Suzuki Forsa 2 vehicle model

Paúl Andrés Cabrera Idrovo[1] , Edison Eduardo Morales Villarroel[2]

[1]Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente, pacabrera@itsoriente.edu.ec

[2]Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente, emorales@itsoriente.edu.ec

Autor para correspondencia: pacabrera@itsoriente.edu.ec

Copyright
Los originales publicados en las ediciones impresa y electrónica de esta revista son propiedad del Instituto Superior Tecnológico Universitario Rumiñahui, por ello, es necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total. Todos los contenidos de la revista electrónica se distribuyen bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-4.0 Internacional.

Citas
Cabrera Idrovo, P., & Morales Villarroel, E. (2025). Análisis del sistema de dirección hidráulica repotenciado del modelo de vehículo Suzuki Forsa 2. CONECTIVIDAD, 6(2). https://doi.org/10.37431/conectividad.v6i2.292

RESUMEN

El vehículo Suzuki Forsa 2 es un modelo aceptado y en circulación a nivel nacional, cuyo sistema de dirección original es de un accionamiento o mecanismo tradicional mecánico. En el año 2022, se desarrolló la repotenciación del sistema de dirección en un sistema accionado de forma hidráulica, donde las prestaciones de confort y ergonomía se mejoraron de forma sustancial. El análisis de este nuevo sistema de dirección modificado se enfatiza en la determinación de variables analíticas de la sección mecánica e hidráulica en esta dirección vehicular, donde se parte de un valor de masa total de 820 kg al considerar el peso neto vehicular y la configuración biplaza. La carga de frenado en el automóvil se especifica en 4920 N como aspecto inicial para el cálculo de; reacciones en ellos ejes, transferencia de masa o peso, fuerzas en las delanteras, aceleración en estado de curva, fuerza en estado de curva y, momentos de resistencia que se originan en las ruedas directrices del automóvil en estudio. Finalmente, se analiza las variables relevantes del sistema de accionamiento hidráulico (caudal – presión – fuerza – tiempo de suministro – capacidad de conductores) en la dirección repotenciada el automóvil Suzuki Forsa 2.

Palabras clave: Dirección mecánica, Dirección hidráulica, Vehículo liviano, Modificación.

ABSTRACT

The Suzuki Forsa 2 vehicle is an accepted and nationally circulating model, whose original steering system is a traditional mechanical drive or mechanism. In 2022, the repowering of the steering system was developed in a hydraulically operated system, where the comfort and ergonomic performance were substantially improved. The analysis of this new modified steering system emphasizes the determination of analytical variables of the mechanical and hydraulic section in this vehicle steering, where a total mass value of 820 kg is taken into account when considering the net vehicle weight and the two-seater configuration. The braking load on the car is specified at 4920 N as an initial aspect for the calculation of; reactions on the axles, mass or weight transfer, forces on the front wheels, acceleration in a curve state, force in a curve state and, moments of resistance that originate in the steering wheels of the car under study. Finally, the relevant variables of the hydraulic drive system (flow – pressure – force – supply time – driver capacity) are analyzed in the repowered steering of the Suzuki Forsa 2 car.

Key words: Mechanical steering, Hydraulics steering, Light vehicle, Modification.

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

1. INTRODUCCIÓN

La rama de Hidráulica se puede definir como una ciencia derivada de la Física que establece la comprensión de los ajustes y regulación de fuerzas o cargas y movimientos por medio de la aplicación de fluidos de tipo líquidos, donde la ventaja sobresaliente del uso de esta rama radica en la transmisión de grandes esfuerzos o valores altos de cargas por medio de uso de una serie de componentes esenciales de control y ajuste. Es importante resaltar que este tipo de sistemas de asistencia, lleva a cabo el control de valores elevados de presión que se suministran por medio de componentes como bombas o motores hidráulicos. (Gallardo Amaya, Jaramillo, & Gómez Camperos, 2020).

En tiempos actuales, disponer de un determinado tipo de automóvil o vehículo se ha convertido en una necesidad indispensable para la vida diaria del ser humano, donde la industria automotriz ha evolucionado de forma satisfactoria en base a la producción de automóviles a partir de mediados del siglo XX, donde los primeros ejemplares de vehículos utilizaban sistemas tradicionales mecánicos para su funcionamiento, ocasionando una serie de inconsistencias en seguridad y confort que se han corregido en los tiempos modernos con la aplicación de los sistemas de asistencia de las ramas de Hidráulica y Eléctrica. (Arrara Zambrano & Yoza Rodríguez, 2020).

Se puede presentar o plantear la definición de un sistema de dirección automotriz como el conjunto de componentes que permiten que el conductor oriente el automóvil en una trayectoria de giro deseada, el cual debe presentar diversas especificaciones o características técnicas que permitan mantener niveles de seguridad adecuados en conducción. En base a la función u objetivo central a cumplir, los sistemas de dirección surgen a lo largo de la historia o evolución automotriz desde un sistema completamente mecánico hasta utilizar los sistemas de asistencia en el accionamiento de la dirección, donde se puede utilizar los principios y fundamentos de la rama de hidráulica o electricidad para conseguir una orientación eficiente del automóvil con un rango de esfuerzo inferior aplicable en el volante de dirección. (Arrara Zambrano &Yoza Rodríguez, 2020).

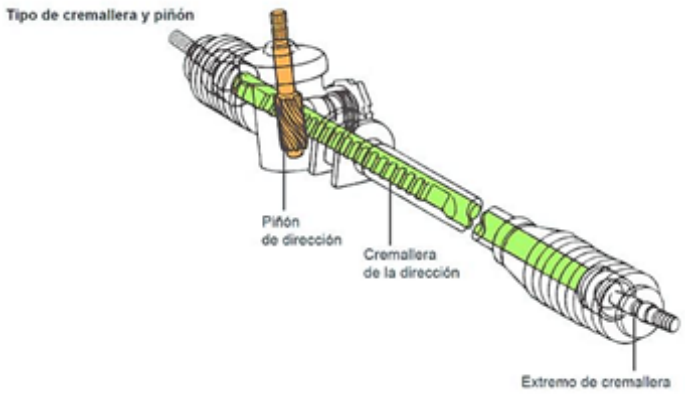
El primer mecanismo utilizado en automóviles en los años 30 consistía en una dirección de tipología netamente mecánica, precisamente de una configuración de eje rígido en el eje del automóvil, donde al colocar solamente dispositivos de pivote, se orientaba las ruedas directrices en el sentido de giro u orientación solicitada por el conductor del automóvil. El mecanismo tradicional se basaba en la transmisión de movimiento por medio de una barra sólida entre el volante de dirección y los terminales de giro en las ruedas para obtener la dirección deseada de forma preliminar en la conducción. En el transcurso del tiempo hasta alcanzar los años 50 – 60, se inicia con la aplicación de los sistemas de asistencia en la dirección vehicular, donde se adoptó adicionalmente, la implementación de una geometría redonda del volantea de dirección, lo cual implica un rendimiento o desempeño adecuada en la maniobrabilidad del automóvil al desear el cambio de sentido en la trayectoria o giro del automóvil. (Arrara Zambrano % Yoza

Análisis del sistema de dirección hidráulica repotenciado del modelo de vehículo Suzuki Forsa 2. pp. 263 - 282 /
Volumen 6, número 2 / DOI: https://doi.org/10.37431/conectividad.v6i2.292

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

Rodríguez, 2020).

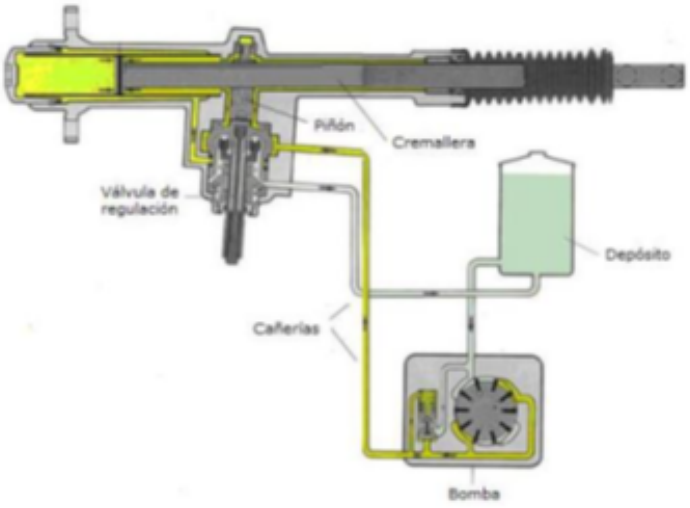
Figura 1. Sistema de dirección mecánica por cremallera – piñón.



Fuente: (ARRATA ZAMBRANO & YOZA RODRÍGUEZ, 2020)

Un sistema de asistencia que basa su principio de funcionamiento en la aplicación de los principios de la rama de hidráulica, fue uno de los primeros sistemas de asistencia que se involucraron en el sistema de dirección del automóvil. En función a los beneficios o las prestaciones que se obtiene al aplicar un sistema de dirección hidráulica, representa un sistema de gran aceptación y aplicabilidad en los automóviles de gama media a principios de los años 2000, donde actualmente están siendo sustituidos por los novedosos sistemas de asistencia eléctrica. El principio de funcionamiento se basa en la utilización de la energía hidráulica para generar la asistencia o ayuda en el accionamiento de la dirección, donde se recurre al uso de un componente esencial como una bomba de dirección que se enlaza o acopla para que funcione cuando el motor de combustión interna realiza el respectivo arranque y encendido. (Solís Obando. Yaselga, & Guevara, 2022).

Figura 2. Sistema de dirección hidráulica.



Fuente: (SOLÍS OBANDO, YASELGA, & GUEVARA, 2022)

La realización de la presente investigación permite conocer a profundidad los beneficios reales

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

que se pueden obtener al contar con un sistema de dirección vehicular repotenciado desde un sistema o mecanismo tradicional mecánico hasta conseguir un sistema de asistencia hidráulica, donde se genera un conocimiento acertado sobre la influencia de la dirección hidráulica en el esfuerzo que debe aplicar el conductor en el volante de dirección. Parámetros esenciales como; el confort y, ergonomía en la conducción de un determinado tipo de vehículo, permite establecer los niveles de seguridad adecuados que deben generar cada uno de los sistemas de seguridad activa y pasiva del automóvil cuando se ensamblan de forma correcta en vehículos de gama media y alta. Adicionalmente, es importante proporcionar un conocimiento adecuado en la sociedad sobre el uso de los sistema de asistencia que se pueden implementar en el sistema de dirección vehicular, donde los automotores típicos o de antigüedad que cuentan en su estructura con sistemas automotrices de accionamiento tradicional mecánico, pueden someterse a procesos prácticos – técnicos acertados de repotenciación o modificación con la finalidad de mejorar las prestaciones técnicas vehiculares y los niveles de seguridad, confort y ergonomía en la conducción segura de estos vehículos automotores.

La presente investigación se sustenta debido a que es relevante determinar los beneficios del sistema de dirección hidráulica modificado en el vehículo Suzuki Forsa 2, donde se validan datos cuantitativos relacionados con una variable derivada empleada en los sistemas de dirección vehicular como representa la fuerza de aplicación en el volante de dirección en un sistema de dirección mecánico e hidráulico repotenciado. En base a los datos que se obtiene de la fuerza de aplicación en el volante de dirección, la investigación permite generar conclusiones acertadas donde se ratifique la influencia o impacto positivo que trae consigo utilizar sistemas de asistencia en la estructura de vehículos de antigüedad.

El desarrollo y aplicación de procedimientos técnicos de repotenciación son aceptables y viables a realizar en sistemas automotrices como representa la dirección vehicular, donde modelos de vehículo de antigüedad son objetos de realización de este tipo de procedimientos y que cuentan con un sistema repotenciado eficiente y que mejora los niveles de seguridad en conducción. Un claro ejemplo de vehículo repotenciado es el vehículo Renault modelo Twingo, donde en base al desarrollo de adecuaciones técnicas previamente analizadas, cuenta con un sistema de dirección asistido eléctricamente práctico y eficiente en relación al sistema de dirección mecánica tradicional que proviene de fábrica. (Arrata Zambrano & Yoza Rodríguez, 2020).

Al interior del Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente ubicado en el cantón La Joya de los Sachas, provincia de Orellana, se encuentra el vehículo de categoría liviana Suzuki Forsa 2 en la zona de talleres de la carrera de Mecatrónica Automotriz, donde este modelo de automóvil se encuentra actualmente modificado o repotenciado de un sistema de tradicional mecánico de accionamiento a un sistema de dirección hidráulica. El vehículo se encuentra en estado adecuado de funcionalidad en todos los sistemas automotrices de seguridad activa y pasiva en su estructura, donde es conveniente proceder a desarrollar el análisis de las prestaciones del sistema de dirección hidráulica implementado. Se convierte entonces en una necesidad latente

Análisis del sistema de dirección hidráulica repotenciado del modelo de vehículo Suzuki Forsa 2. pp. 263 - 282 /
Volumen 6, número 2 / DOI: https://doi.org/10.37431/conectividad.v6i2.292

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

e importante ejecutar acciones concernientes al estudio de funcionamiento del nuevo sistema de dirección del automóvil, donde se interpreta la sección mecánica de la dirección y el ensamblaje del accionamiento hidráulico que permite orientar las ruedas directrices delanteras de forma acertada.

Se puede establecer la problemática en función de la necesidad mencionada con anterioridad, donde se ocasiona un desconocimiento al interior de la institución sobre la forma específica de actuar de la sección mecánica del sistema de dirección y el ensamblaje del sistema de accionamiento hidráulico. Es importante señalar que todo sistema vehicular debe someterse a la ejecución de un proceso de mantenimiento de tipo preventivo y/o correctivo, donde es sustancial conocer los detalles específicos de los componentes que se involucran en el funcionamiento de la dirección automotriz del automóvil Suzuki Forsa 2. La presente investigación permite analizar los órganos y componentes de la dirección vehicular cuando se activa al sistema de asistencia hidráulico y se produce la transmisión de movimiento y fuerzas que permiten orientar las ruedas del automóvil.

La metodología aplicable en la presente investigación se establece en un método de tipo analítico, donde se realiza un análisis exhaustivo de los valores aplicables de fuerza en el volante de dirección en el sistema de dirección hidráulica repotenciado en el modelo de automóvil en estudio. Para ello, es relevante conocer e interpretar los principios básicos de la rama de hidráulica cuando se utiliza como un sistema de asistencia con la finalidad de reducir al máximo el esfuerzo que aplica el conductor al orientar de forma adecuada y correcta el automóvil. Los datos que se pueden obtener en el estudio de las fuerzas que se involucran en la funcionalidad del sistema de dirección, permiten determinar claramente las ventajas que presenta un sistema de dirección asistido.

La investigación de focaliza en el proceso analítico ejecutable en la obtención de las fuerzas del sistema de dirección y validar si existen o no las ventajas o prestaciones que debe cumplir un sistema de dirección hidráulica en comparación con un sistema tradicional mecánico. Para ello, es relevante conocer y analizar los datos o detalles técnicos de componentes del nuevo sistema de dirección hidráulica para el desarrollo adecuado de los cálculos pertinentes por medio de los principios de la mecánica de fluidos y variables de fuerzas en diversas condiciones de conducción o desplazamiento del modelo de automóvil en estudio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El apartado presente describe o detalla la metodología a utilizar para el desarrollo de un procedimiento de estudio del sistema de dirección hidráulica modificado o repotenciado en el vehículo liviano Suzuki Forsa 2, donde se corrigen las inconsistencias o inconvenientes que genera el ensamblaje de un sistema de accionamiento original mecánico del vehículo en mención. Conocer los puntos clave o aspectos importantes del funcionamiento de un sistema de accionamiento hidráulico en la dirección vehicular se hace relevante para permitir plantear las

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

acciones de mantenimiento preventivo y correctivo a realizar en este ensamblaje de dirección modificada del automóvil Suzuki Forsa 2.

La metodología que se procede a implementar en la presente investigación es de tipo analítica y experimental, donde se procede a indagar información preliminar sobre los componentes adaptados o ensamblados en el nuevo y repotenciado sistema de dirección hidráulica en el vehículo Suzuki Forsa 2, lo que permite ejecutar actividades analíticas en base a cálculos de variables relevantes de los principios de la rama de la hidráulicas como la fuerza necesaria para activar la dirección en las ruedas directrices del automóvil en estudio. A continuación, se presentan datos relevantes sobre las dimensiones preliminares a considerar para el análisis del vehículo en estudio.

Tabla 1. Datos técnicos de vehículo Suzuki Forsa 2.

Datos de vehículo Suzuki Forsa 2	
Especificación	**Dato o detalle**
Batalla o distancia entre ejes	2240 mm
Longitud	3670 mm
Ancho	1540 mm
Alto	1350 mm
Masa aproximada	670 kg

Fuente: *https://www.ms-car.com.ec/listing/1996-chevrolet-forsa/*

2.1 Masa y peso vehicular

En función del dato de la especificación del automóvil concerniente al valor de masa del automóvil de 670 kg, se procede a considerar el valor de la masa promedio de los ocupantes del vehículo, donde se consigue un valor neto o total de masa aproximado a la realidad de funcionamiento general del vehículo en estudio. A continuación, se presenta los datos del valor de masa total y su equivalencia en peso al considerar el valor de la aceleración de gravedad promedio del automóvil.

Tabla 2. Datos de masa en vehículo.

Datos de masa del automóvil Suzuki Forsa 2		
Ítem	**Magnitud**	**Valor**
1	Masa vehicular	670 kg
2	Masa de ocupantes	150 kg (biplaza)
3	Masa total	820 kg
4	Aceleración de gravedad	9,81 m/s2
5	Peso total de automóvil	8044,2 N

Fuente: Autores.

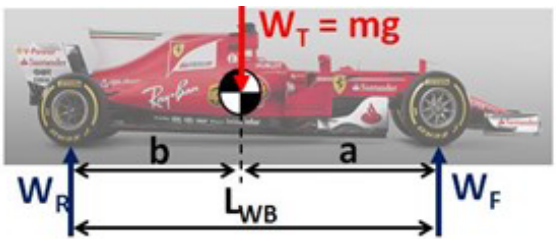
2.2 Distribución de fuerzas en los ejes del automóvil

Un vehículo se conforma por diversos sistemas de seguridad activa y pasiva con ensamblajes adecuados que involucran varias partes o componentes constitutivos de dichos sistemas, donde cada sección aporta con una cantidad de peso que se aplica o concentra en un determinado punto que se conoce como el centro de gravedad. En cualquier determinado tipo de vehículo

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

existe un punto nutro o central que se conoce o define como el centro de gravedad, en el cual se concentra de forma puntual el peso propio de la estructura vehicular, lo cual a su vez ocasiona la aparición de cargas de tipo reacción normal en cada uno de los ejes donde se ensamblan las ruedas del automóvil. Claramente, estas fuerzas compensan el valor total del peso vehicular y mantiene el automóvil en equilibrio con la calzada o terreno, las cuales se pueden denotan como W_R y W_F en la siguiente figura. (Cereghino Rodriguez, 2020).

Figura 3. Cargas generales vehicular.

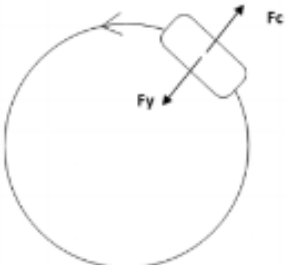


Fuente: https://www.graningf1.com/calculo-del-centro-de-gravedad/

2.3 Fuerzas en estado de curva

Se puede considerar el estado de curva como una de las condiciones críticas del vehículo al tomar la dirección de este tipo de trayectorias, donde se presenta la aparición de cargas o fuerzas de una configuración centrífuga en función de la trayectoria curva que toma el vehículo en su desplazamiento o movilidad. La tendencia del efecto de una fuerza centrífuga del vehículo en este estado de conducción, se debe aminorar o contrarrestar con la carga de resistencia que se presenta en los neumáticos del vehículo, lo cual, de no ser así, el automotor no puede seguir la trayectoria deseada por el conductor u operario del vehículo. El esquema siguiente evidencia la dirección de las cargas en este estado. (Jubany Ruiz, 2020).

Figura 4. Cargas en estado de curva.



Fuente: (Jubany Ruiz, 2020).

La expresión que se denomina como F_c es una magnitud de fuerza lateral en los neumáticos que se relaciona con criterios o aspectos característicos de la movilidad del vehículo tales como; la velocidad, la masa completa a considerar en el automotor y, el radio de curvatura que dispone la infraestructura vehicular en una trayectoria curva. (Jubany Ruiz, 2020).

$$Fc=m*v\hat{}2/R$$

Ecuación 1. Fuerza lateral de neumáticos.

En relación a la magnitud de carga o fuerza centrífuga F_y que se plantea y presenta en el esquema

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

anterior, esta presenta una dependencia directa de aspectos o criterios como; coeficiente de fricción de los neumáticos, valor neto de la masa del vehículo en estudio y, el valor o dato correspondiente a la aceleración de la gravedad. (JUBANY RUIZ, 2020)

$$Fy=m*\mu*g$$

Ecuación 2. Fuerza centrífuga en neumático.

Por medio del uso de cálculos matemáticos básicos, se puede llegar a considerar el valor de la velocidad permisible en el estado de conducción en una trayectoria curva del automóvil en estudio, donde en base al esquema planteado anteriormente, se asimila la equivalencia de magnitudes entre las fuerzas F_y y F_c.

2.4 Fuerzas laterales en neumáticos

Si se sigue con el análisis de la funcionalidad del sistema de dirección vehicular, al momento de que el automotor se desplaza en una trayectoria curva a una velocidad permisible (análisis anterior), se genera una aceleración de tipo lateral que es producto de la razón entre la velocidad permisible y el radio de curva de la trayectoria. Al ocurrir esto, se produce una transferencia de masa o peso desde la parte externa hacia la parte interna del automóvil. Dicho esto, se ocasionan fuerzas de tipo lateral en cada una de las ruedas (interna y externa) del eje delantero donde actúa el sistema de dirección. La fuerza F_{li} denota la fuerza lateral en el neumático izquierdo con su respectiva masa de rueda, velocidad de circulación y radio de curva de giro, donde la fuerza F_{ld} refiere a la fuerza lateral en el neumático derecho del automóvil. (Jubany Ruiz, 2020).

$$Fli=mri*v\text{^}2/R$$

$$Fld=mrd*v\text{^}2/R$$

2.5 Momento o par resistente en neumáticos

Es importante y esencial considerar la aplicación de un momento o par de resistencia de los neumáticos al momento de considerar el efecto de las cargas o fuerzas laterales en los mismos, esto al basarse en el criterio que dichas cargas o fuerzas de desplazan del centro de aplicación de cada uno de los neumáticos. Dicho esto, se procede con el cálculo de los valores de par de torsión en cada neumático delantero del vehículo en función de la medida longitudinal r que corresponde a la medida entre el punto central del neumático y el punto de desfase de aplicación de las fuerzas laterales en cada uno de los neumáticos delanteros. La longitud de desfase se denota con la variable r en la expresión siguiente. (Jubany Ruiz, 2020).

$$M_{izquierdo}=Fli*r$$

Ecuación 3. Momento de resistencia en neumático.

2.6 Momento o par total

Es claro que se generan momentos o pares de torsión en cada una de las ruedas delanteras del automóvil, donde se puede llegar a considerar un valor neto o nominal resultante de un par de torsión general completo en el eje delantero del automóvil, donde la magnitud del momento o

Análisis del sistema de dirección hidráulica repotenciado del modelo de vehículo Suzuki Forsa 2. pp. 263 - 282 /
Volumen 6, número 2 / DOI: https://doi.org/10.37431/conectividad.v6i2.292

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

par total se obtiene de la siguiente forma: (JUBANY RUIZ, 2020).

$$M_{total}=M_{izquierdo}+M_{derecho}$$

2.7 Análisis de sistema hidráulico

El paso siguiente en el análisis de la funcionalidad del sistema de dirección hidráulica repotenciado en el vehículo Suzuki Forsa 2 consiste en estudiar el comportamiento de la línea hidráulica de accionamiento. Para ello, es importante considerar los elementos básicos y esenciales de un sistema tradicional hidráulico aplicable en automóviles de categoría liviana, donde los datos siguientes se presentan una vez que se recolectan de forma directa en el automóvil.

Tabla 3. Parámetros de sistema hidráulico modificado.

Datos de sistema hidráulico		
Ítem	**Variable**	**Dato o detalle**
1	Caudal de bomba de dirección Q_{bomba}	18 l/min
2	Presión de bomba hidráulica P_{bomba}	100 lb/in^2
3	Longitud de conducto de alimentación L_{ma}	1,8 m
4	Longitud de conducto de retorno L_{mr}	1,8 m
5	Diámetro de conducto de alimentación d_{ma}	0,375 in
6	Diámetro de conducto de retorno d_{mr}	0,375 in
7	Longitud de conducto al reservorio L_{cr}	1 m
8	Diámetro de conducto al reservorio d_{reser}	0,625 in
9	Capacidad de almacenamiento de fluido C_{af}	500 ml
10	Capacidad de fluido en conductos C_{ac}	150 ml

Fuente: Autores.

2.7.1 Presión y carga en bomba hidráulica

La bomba en el sistema de dirección de una configuración hidráulica cumple con misión u objetivo de colocar el fluido hidráulico a presión para que circule por los conductos o mangueras del circuito. Dicho esto, bajo el criterio del principio de Pascal donde la presión permanece constante a lo largo del recorrido del fluido. La presión se denota como P_{bomba}, la carga como F_{bomba} y al área como $A_{a\text{-}r}$. (Guanuña Zambrano & Zapata Jeféz, 2022).

$$P_{bomba}=F_{bomba}/A(a\text{-}r)$$

Ecuación 4. Presión en bomba hidráulica.

2.7.2 Tiempo en suministro de fluido

Se puede definir el caudal como la cantidad de fluido que circula por una determinada línea en la unidad de tiempo. Dicho esto, se procede con el análisis del valor del flujo de caudal que entrega la bomba de dirección y el tiempo que demanda o requiere alcanzar la cantidad de fluido en el depósito y en las líneas o conductos del sistema de dirección. La expresión C_{af} denota la capacidad del almacenador de fluido hidráulico, t_1 el tiempo de suministro de fluido en el contenedor y, Q_{bomba} el caudal de la bomba de dirección hidráulica. La magnitud de t_2 relaciona el tiempo de suministro de fluido en la capacidad de los conductos $C_{ac.}$ (Chicaiza Gallo & Villarroel Gallardo, 2023).

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

$$Q_{bomba}=Caf/t1$$

Ecuación 5. Expresión básica de caudal.

2.7.3 Volumen de fluido en conductores

Se procede con el análisis del sistema de accionamiento hidráulico en la dirección con el cálculo de la capacidad de fluido que se halla presente en los conductores de fluido. Para ello, es recomendable indagar información sobre las expresiones matemáticas del volumen o capacidad de acuerdo a la geometría de un cuerpo cilíndrico que denota la forma de los conductores o líneas de alimentación y retorno del sistema hidráulico de la dirección. La expresión básica de volumen V relaciona magnitudes como el área de la base A_{base} y la longitud o altura de un elemento cilindro. (Chicaiza Gallo & Villarroel Gallardo, 2023).

$$V=A_{base}*L$$

Ecuación 6. Expresión básica de volumen.

2.7.4 Potencia en bomba de dirección hidráulica

Es importante conocer e interpretar los valores de datos de la potencia nominal de la bomba de dirección y la potencia real de la misma al considera el factor de rendimiento de sistemas de accionamiento hidráulico. La potencia en este tipo de componentes hidráulicos se relaciona con el valor del caudal neto de la misma y el valor de la presión característica. Ambos datos nominales se cuentan en el presente análisis y se procede con el cálculo de la potencia teórica y real de la bomba. La potencia teórica en la bomba $P_{bomba\text{-}teórica}$ (HP) relaciona magnitudes como; caudal de bomba Q_{bomba} (GPM) y, presión de trabajo de bomba P_{bomba} (psi), mientras que la potencia real $P_{bomba\text{-}real}$ relaciona el valor resultante de la potencia teórica y el factor de rendimiento o eficiencia n. (Chicaiza Gallo & Villarroel Gallardo, 2023).

$$P_{bomba\text{-}teórica}=(Q_{bomba}*P_{bomba})/1714$$

Ecuación 7. Potencia teórica en bomba hidráulica.

$$P_{bomba\text{-}real}=P_{bomba\text{-}teórica}*n$$

Ecuación 8. Potencia real en bomba hidráulica.

2.7.5 Válvula de seguridad

El manejo de componentes básicos esenciales de un sistema de accionamiento hidráulico demanda o requiere el uso de accesorios de seguridad de acuerdo a la variable de presión del sistema, donde este tipo de componentes se define como válvulas de seguridad o de alivio del sistema hidráulico. El dimensionado de este componente se realiza en función de la presión de manejo del sistema al sumar un valor neto aproximado del 5% como medida de seguridad adecuado. La presión de la válvula de seguridad $P_{válvula}$ relaciona el valor de la presión teórica de trabajo $P_{teórica}$ del sistema general de accionamiento hidráulico. (Guanuña Zamora & Zapata Jeréz, 2022).$P_{válvula}=P_{teórica}*1,05$

Análisis del sistema de dirección hidráulica repotenciado del modelo de vehículo Suzuki Forsa 2. pp. 263 - 282 /
Volumen 6, número 2 / DOI: https://doi.org/10.37431/conectividad.v6i2.292

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

Ecuación 9. Presión de válvula de seguridad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de cargas en ensamblaje mecánico

3.1.1 Carga o fuerza de frenado en automóvil

La fuerza general ocasionada por la acción de frenado en el automóvil Suzuki Forsa 2 F_i es una magnitud derivada relacionada con el coeficiente de adherencia entre los neumáticos y el tipo de terreno o calzada sobre el cual circula o se desplaza el automóvil, donde se analiza que este tipo de automóviles se desplaza sobre un terreno con coeficiente de adherencia promedio de 0,6. En base a esto y, al considerar el valor neto de la aceleración de gravedad, se obtiene el valor resultante de la carga de frenado en el vehículo.

$$af = 9{,}81\ m/s^2 * 0{,}6 \tilde{=} 6\ m/s^2$$

$$Fi = 820\ kg * 6\ m/s^2 = 4920\ N$$

Un factor esencial al considerar en el análisis de esta carga en el automóvil es determinar el tipo de calzada o terreno por el cual se desplaza el automóvil, donde esta tipología de terreno genera la interpretación de un coeficiente de adherencia de acuerdo a cada estado de análisis. A continuación, se presentan valores específicos de coeficientes de adherencia de acuerdo al terreno.

Tabla 4. Valores de coeficiente de adherencia en superficies.

Ítem	Superficie de rodamiento	Valor de adherencia
1	Asfalto seco	0,8 – 0,9
2	Hormigón seco	0,8 – 0,9
3	Asfalto húmedo	0,5 – 0,7
4	Hormigón húmedo	0,8
5	Grava	0,6
6	Nieve	0,2
7	Hielo	0,1

Fuente: (Jubany Ruiz, 2020).

El valor de la magnitud F_i es variable y depende del valor del coeficiente de adherencia de los neumáticos con el terreno o calzada en función del tipo de superficie. Se puede considerar varios valores para esta magnitud de fuerza de la siguiente forma:

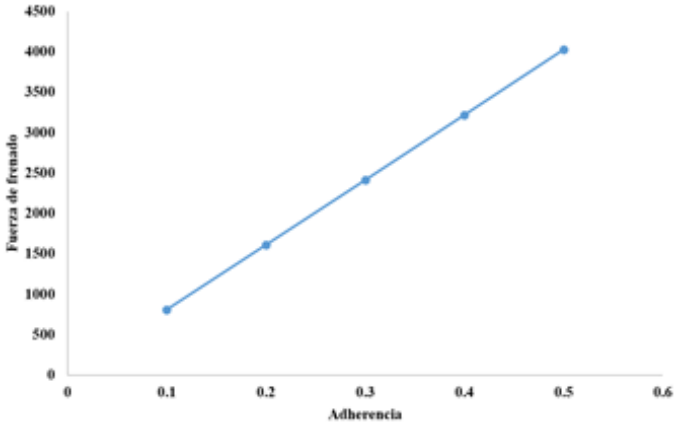
Tabla 5. Valores de fuerzas de frenado.

Carga o fuerza de frenado F_i		
Ítem	**Adherencia**	**Valor de carga**
1	0,5	4026,2 N
2	0,4	3217,68 N
3	0,3	2413,26 N
4	0,2	1608,84 N
5	0,1	804,42 N

Fuente: Autores.

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

Figura 5. Variación de fuerza general de frenado.



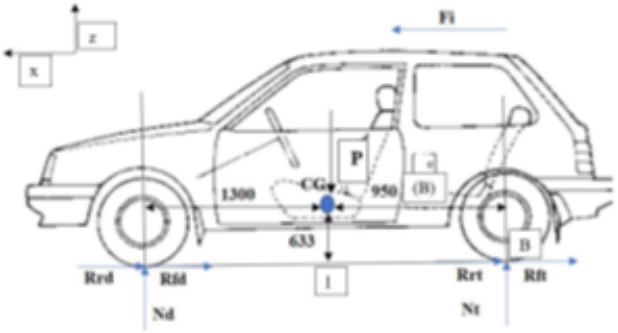
Fuente: Autores.

Es un criterio acertado posterior al análisis realizado que la fuerza que se ocasiona en el frenado F_i general del automóvil, es una magnitud dependiente del valor del coeficiente de adherencia de acuerdo al tipo de terreno sobre el cual circula el automóvil, donde se obtiene el valor de la desaceleración de frenado y la fuerza equivalente en este proceso, criterio de los ratifica (*Jubany Ruiz*, 2020) en el estudio desarrollado de estas magnitudes en un estudio de vehículos livianos. La carga obtenida para el caso de estudio del automóvil Suzuki Forsa 2 permite continuar de forma acertada con los parámetros siguientes.

3.1.3 Cargas o fuerzas normales en los ejes

El valor de la fuerza de frenado adquirida en el paso anterior es relevante para aplicar las condiciones de equilibrio el diagrama de cuerpo libre del automóvil en estudio Suzuki Forsa 2, el cual se presenta a continuación.

Figura 6. Esquema general de fuerzas en vehículo.



Fuente: Autores.

El criterio del centro de gravedad de vehículos de categoría liviana se lo puede obtener por medio de procesos de cálculos adecuados matemáticos o, por medio del uso de un software de diseño CAD, donde se puede llegar a obtener valores nominales o referenciales que sirven de guía para el desarrollo de estudios como la presente investigación, tal cual como lo establece (Estévez Cisneros & Vallejos Morillo, 2022). Dicho esto, se plasma un valor de altura de centro de gravedad de 633 mm y una longitud que se denota con la variable B de 950 mm como dato referencial. Al aplicar las condiciones de equilibrio, en base al criterio de sumatoria de fuerzas

Análisis del sistema de dirección hidráulica repotenciado del modelo de vehículo Suzuki Forsa 2. pp. 263 - 282 /
Volumen 6, número 2 / DOI: https://doi.org/10.37431/conectividad.v6i2.292

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

y momentos del esquema de cuerpo libre, se puede obtener los siguiente.

Nd=4777,108 N

Nt=3258,89 N

Se puede evidenciar que existe una distribución no equitativa de las cargas o fuerzas de reacción normal en cada uno de los ejes del automóvil en estudio, esto se basa en las coordenadas de ubicación del centro de gravedad puntual del vehículo. La variación de la coordenada del punto B del esquema de cuerpo libre demanda un cambio en los valores de las reacciones o fuerzas normales, esto basándose en los principios esenciales de la rama de Física en relación al análisis de cargas puntuales y el criterio de momentos respecto a un punto. Es evidente que la disposición del punto central de gravedad influye de forma significativa en el cálculo de cada una de las reacciones de las ruedas, donde datos relevantes modificados en prototipos de vehículo como competencia los establece (*Jubany Ruiz*, 2020).

La carga de reacción normal en el eje delantero se distribuye de forma uniforme para cada uno de los ensamblajes de las ruedas delanteras del automóvil, donde el vehículo Suzuki Forsa 2 cuenta con un ancho de vía de 1540 mm de acuerdo a datos de especificación de fabricante. En base a esto, cada una de las reacciones en las ruedas delanteras queda de la siguiente forma:

Nd-ruedas=2388,55 N

3.1.3 Carga en estado de curva

La equivalencia o dato de carga o fuerza en estado de conducción en trayectoria curva del automóvil se obtiene al analizar el coeficiente de adherencia del terreno o calzada sobre el cual circula el automóvil, donde se puede presentar un valor de coeficiente de 0,9 para conseguir la determinación del valor de la velocidad permisible en este estado. La variable de velocidad de obtiene a realizar la equivalencia entre las cargas F_c y F_y que se presenta en el esquema anterior, donde a su vez se plantea un radio de curvatura de 11 m como dato aproximado. Dicho esto, se obtiene lo siguiente:

*v=√(0,9*9,81m/s^2 *11m)=9,8548 m/s=35,47 km/h*

La equivalencia de la velocidad permisible en un estado de conducción en trayectoria curva se relaciona directamente por el tipo de terreno o calzada sobre el cual circula el vehículo (coeficiente de adherencia) y el radio general de la trayectoria. Si se incrementa el valor de radio de curvatura a 13,5 m y al considerar valores de adherencia variables de acuerdo a las diferentes tipologías de terreno, se obtienen los siguientes resultados.

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

Tabla 6. Variación de velocidad de curva en distintas superficies.

Ítem	Adherencia	Radio de curva	Velocidad
1	0,8	13,5 m	10,29 m/s
2	0,7	13,5 m	9,63 m/s
3	0,6	13,5 m	8,92 m/s
4	0,5	13,5 m	8,14 m/s
5	0,4	13,5 m	7,28 m/s
6	0,3	13,5 m	6,30 m/s
7	0,2	13,5 m	5,15 m/s
8	0,1	13,5 m	3,64 m/s

Fuente: Autores.

3.1.4 Aceleración lateral

Una vez que se analiza el valor resultante de la velocidad que adquiere el vehículo de 9,8548 m/s en un radio de curvatura de 11 m en estado de conducción, se puede obtener el valor de la aceleración de tipo lateral que se origina en el vehículo al atravesar la trayectoria curva. La magnitud de aceleración lateral $a_{lateral}$ depende de variables como; velocidad de desplazamiento v y, el radio de curva R.

alateral=v^2/R=(9,8548 m/s)^2/(11 m)

alateral=8,82 m/s^2

Se puede determinar los distintos valores de la magnitud de aclaración lateral en función de los valores diferentes de velocidad permisible en estado de curva, cuyos datos de aceleración lateral de muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7. Variación de aceleración lateral al cambio de velocidad en curva.

Ítem	Adherencia	Radio	Velocidad	Aceleración
1	0,8	11 m	9,29 m/s	7,85 m/s^2
2	0,7	11 m	8,69 m/s	6,87 m/s^2
3	0,6	11 m	8,04 m/s	5,88 m/s^2
4	0,5	11 m	7,35 m/s	4,91 m/s^2
5	0,4	11 m	6,57 m/s	3,92 m/s^2
6	0,3	11 m	5,69 m/s	2,94 m/s^2
7	0,2	11 m	4,65 m/s	1,97 m/s^2
8	0,1	11 m	3,28 m/s	0,98 m/s^2

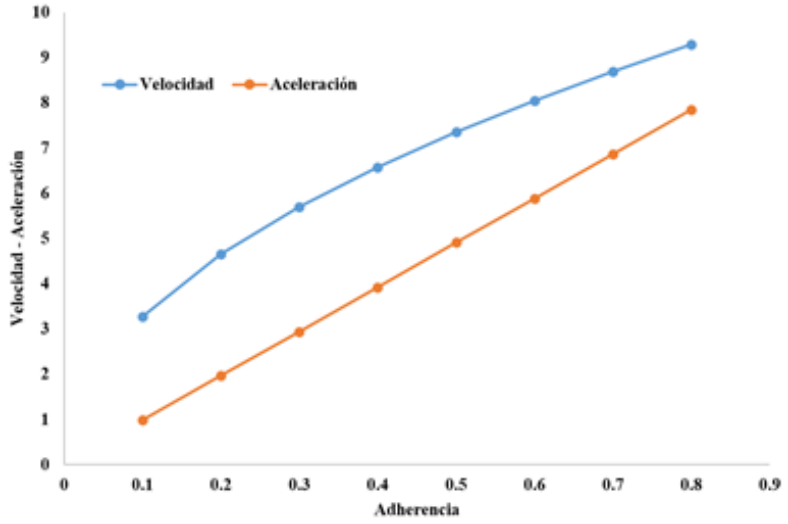
Fuente: Autores.

Se puede presentar la relación existente en el factor de adherencia (tipo de terreno o calzada de contacto con los neumáticos) y las variables de la velocidad u la aceleración, donde se deja claro que la tipología de terreno es relevante para determinar las variables de velocidad y aceleración de tipo lateral cuando el vehículo se encuentra en un desplazamiento por una trayectoria curva.

Análisis del sistema de dirección hidráulica repotenciado del modelo de vehículo Suzuki Forsa 2. pp. 263 - 282 /
Volumen 6, número 2 / DOI: https://doi.org/10.37431/conectividad.v6i2.292

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

Figura 7. Variación de velocidad - aceleración en función de la superficie de contacto.



Fuente: Autores.

Es importante presentar la relación de la aceleración lateral obtenida en función de la aceleración de la gravedad, donde se obtiene lo siguiente:

(8,82 m/s^2)/(9,81m/s^2)=0,9

Con el resultado anterior, se establece una aceleración de tipo lateral de 0,9 g en estado de conducción del automóvil en una trayectoria curva de 11 m de radio y una velocidad permisible de 9,8548 m/s. En base a este dato, se presenta una distribución nueva de masa en el eje delantero del automóvil debido a la transferencia de masa de una rueda hacia otra. La transferencia de masa se puede cuantificar de la siguiente forma:

ΔW=(4777,108 N*0,9*0,633 m)/(1,54 m)=1767,22 N

La fuerza que debe distribuirse de forma uniforme en el eje delantero del automóvil en estado de trayectoria recta representa un valor de 2388,55 N para cada una de las ruedas del automóvil, Sin embargo, al presentarse una transferencia de masa o peso desde la rueda exterior hacia la rueda interior, se obtiene un valor de 4155,77 N en la rueda izquierda y 621,33 N en la rueda derecha del vehículo.

Los valores de transferencia de carga o peso vehicular son aspectos lógicos y coherentes para analizar en cualquier ejemplar de vehículo automotor, independientemente de la clasificación en base a la categoría de los mismos, donde se puede enfatizar en vehículos que se destinan para competencia automovilística como es el caso del modelo presentado por (Arias Pérez, 2020). Con ello, se otorga la certeza de la confiabilidad de los resultados obtenidos en la presente investigación.

3.1.5 Fuerzas laterales en neumáticos

La distribución de las cargas de reacción en las ruedas delanteras permite obtener el dato del valor de masa que se aplica en cada una de estas ruedas, donde se procede a utilizar el valor de la velocidad en estado de curva de 9,8548 m/s y el radio de curvatura de 11 m para la

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

obtención de las fuerzas laterales en los neumáticos de las ruedas delanteras cuando el vehículo toma la trayectoria curva. Al asimilar la posición del centro de gravedad en la zona central de distribución frontal del ancho de vía de 1540 mm, se obtiene valores de las reacciones laterales en cada uno de los neumáticos. Los resultados obtenidos de garantizan al analizar los principios generados o desarrollado en el estudio realizado por (Cereghino Rodríguez, 2020) en un ejemplar de automóvil de competencia de la para SHELL ECO.

Fli=3740,12 N

Fld=559,19 N

3.1.6 Momento o par de resistencia en neumáticos

El estudio del estado de conducción en curva del automóvil se considera por la aplicación de la funcionalidad del sistema de dirección en esta condición, donde las fuerzas laterales originadas en los neumáticos de las ruedas, tanto izquierda como derecha, origina un par de torsión o momento de resistencia en las ruedas ante la tendencia al giro. Este fenómeno de par o momento de resistencia se sustenta debido a que las fuerzas laterales no se aplican directamente en el eje centro de cada uno de los neumáticos, sino que existe un desfase longitudinal entre el punto de aplicación de las cargas y el punto central, lo cual origina la presencia de este par de resistencia. Ahora bien, el desfase longitudinal puede variar en función del tipo de vehículo y las dimensiones o geometría del ensamblaje de las ruedas, donde se consideran valores referenciales de desfase longitudinal entre 12 – 14 mm del punto central de las ruedas. Los principios de desplazamiento o desfase del punto central de neumáticos se sustentan en el estudio realizado por (Cereghino Rodríguez, 2020), donde se garantiza la aplicación de valores longitudinales como un valor de 12,5 mm para ocasionar o generar el momento de resistencia en las ruedas.

$Mizquierdo$=46751,5 $N*mm$

$Mderecho$=6989,88 $N*mm$

Es evidente el momento o par de resistencia considerablemente mayor en la rueda izquierda del automóvil en estudio, lo cual es acertado si se considera que la fuerza lateral izquierda F_{li} es de una magnitud mayor que la fuerza lateral F_{ld}. De igual forma, se puede llegar a obtener el momento total ocasionado en las ruedas sobre las cuales actúa el sistema de dirección hidráulica del automóvil, cuyo valor representa la suma de los momentos de resistencia en cada una de las ruedas.

$Mtotal$=53741,38 $N*mm$

3.2 Resultados de sistema hidráulico

3.2.1 Tiempo en suministro de fluido

Una de las variables a considerar en el análisis del comportamiento del sistema hidráulico en la dirección del vehículo Suzuki Forsa 2 es el tiempo que se requiere para suministrar el fluido hidráulico en el reservorio o depósito en la línea de retorno, así como el tiempo en alcanzar el suministro de fluido hidráulico en las líneas de alimentación o de alta presión. Para ello, es

Análisis del sistema de dirección hidráulica repotenciado del modelo de vehículo Suzuki Forsa 2. pp. 263 - 282 /
Volumen 6, número 2 / DOI: https://doi.org/10.37431/conectividad.v6i2.292

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

importante conocer detalles específicos de la bomba de dirección hidráulica como el caudal proporcionado y la capacidad de los componentes, tanto del depósito de almacenamiento de fluido como de las líneas de alimentación o de alta presión. Los tiempos que se obtienen por medio del cálculo oportuno son los siguientes:

t_1=1,68 *s*

t_2=0,5 *s*

Los valores que se obtienen concernientes a los tiempos en suministrar el fluido en el reservorio o depósito, así como hacia las líneas de conductos de alimentación o de presión, son cortos y permiten que el fluido recorra los conductos hasta llegar al actuador hidráulico del sistema de dirección. La presencia del fluido hidráulico en su capacidad adecuada permite alcanzar los niveles de presión en el sistema y que el sistema de accionamiento de la dirección sea adecuado.

3.2.2 Capacidad de fluido en conductores

La cantidad de fluido hidráulico en las líneas o conductores del fluido hidráulico en el sistema de dirección vehicular es relevante conocer para establecer si los niveles de fluido son los adecuados en base a la capacidad general del depósito o almacenador de fluido. Para ello, es importante precisar los valores dimensionales de los conductos de fluido hidráulico en la línea de alimentación y de retorno, así como en el conducto de la línea de retorno, cuyos datos se extraen directamente del vehículo en estudio. Los resultados obtenidos de la capacidad en los conductores en la línea de alimentación – retorno ($V_{ma\text{-}mr)}$ y, en la línea de retorno al depósito (V_{md}), son los siguientes:

Vma-mr=1,28*10^(-4) *m^3*

Vmd=1,9793*10^(-4) *m^3*

3.2.3 Potencia en bomba de dirección hidráulica

Uno de los factores o aspectos importantes a considerar en la bomba de dirección hidráulica es la potencia de la misma, la cual se llega a obtener al analizar detalles específicos como el caudal que puede proporcionar y la presión nominal de trabajo. Es importante considerar este valor para determinar si la implementación del sistema de dirección hidráulico es adecuado y factible en el automóvil en estudio. Los valores nominales de la potencia teórica y real en la bomba de dirección ante un rendimiento del 90% son los siguientes:

Pteórica=0,27 *HP*

Preal=0,3 *HP*

3.2.4 Válvula de seguridad

La aplicación de una válvula de seguridad permite asegurar el funcionamiento de sistema y se establece como una medida de precaución en el caso de que el sistema de accionamiento hidráulico se encuentre en estado de falla y presente valores de incremento de la presión nominal de trabajo. Para ello, la presión de selección de la válvula de seguridad se obtiene de la siguiente

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

forma:

Pvs=105 *psi*

El proceso analítico aplicado en el análisis del sistema de accionamiento hidráulico en el sistema de dirección del automóvil Suzuki Forsa 2 es confiable y con resultados adecuados en función del estudio desarrollado por (Bravo Aguilar & Malqui Trujillo, 2023) en un modelo de vehículo de competencia en la categoría Kart, donde los aspectos mecánicos son diseñados acorde a las demandas de funcionalidad de la dirección del modelo de vehículo que se analiza en la presenta investigación. De igual forma, se precisa que el estudio de las magnitudes del sistema de accionamiento hidráulico de dirección genera resultados confiables al abordar los principios básicos de la mecánica de fluidos sobre principios o leyes esenciales de sistemas hidráulicos y los componentes básicos que se requieren para implementar este tipo de mecanismos de asistencia vehicular. (Gallardo Amaya, Jaramillo, & Gómez Camperos, 2020).

4. CONCLUSIONES

La ejecución de procedimiento técnicos de repotenciación o modificación de sistemas automotrices desde un mecanismo tradicional o mecánico en un sistema de asistencia hidráulico, representa una alternativa viable y acertada con resultados favorables en un rendimiento técnico correcto. Este es el caso del automóvil Suzuki Forsa 2, cuyo sistema de dirección actual en un sistema repotenciado con un accionamiento hidráulico, el cual es funcional y se ajusta a los parámetros técnicos de desempeño que debe cumplir un vehículo o automóvil de esta clasificación o categoría.

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten conocer a profundidad la forma de funcionar de la sección mecánica e hidráulica del nuevo sistema de dirección modificado. Es importante recalcar que los valores de magnitudes que se analizan en esta investigación son variables, donde al modificar un parámetro esencial como el criterio de masa y peso vehicular, puede sugerir nuevos valores de variables como el momento de resistencia de los neumáticos, fuerzas laterales en las ruedas y, velocidad permitida o adecuada de conducción en una trayectoria de tipo curva.

El sistema de accionamiento hidráulico es funcional y la disposición de componentes ensamblados en el automóvil Suzuki Forsa 2 es adecuada, esto se destaca o afirma al analizar variables analíticas de este sistema de asistencia en la dirección vehicular. En base criterios de funcionamiento acertado de la sección mecánica de la dirección, así como el sistema de asistencia hidráulico al orientar las ruedas directrices, contribuye a generar un plan de mantenimiento preventivo y/o correctico que permita salvaguardar la vida útil de los componentes del nuevo sistema de dirección repotenciado.

La presente investigación puede ser el punto de partida para el desarrollo de nuevos e innovadores proyectos en sistema automotrices de vehículos livianos como es el modelo Suzuki Forsa 2,

Análisis del sistema de dirección hidráulica repotenciado del modelo de vehículo Suzuki Forsa 2. pp. 263 - 282 /
Volumen 6, número 2 / DOI: https://doi.org/10.37431/conectividad.v6i2.292

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

donde se pueden presentar modificaciones o futuras repotenciaciones que se encaminen hacia el uso de un sistema de asistencia eléctrico, donde se pueden generar mejores prestaciones vehiculares en la dirección al utilizar una línea de componentes eléctricos o electrónicos con un rango de precisión adecuado y correcto.

REFERENCIAS

Arias Pérez, Á. X. (Septiembre de 2020). *Implementación de un sistema de dirección para un vehículo biplaza tipo buggy par la carrera de Tecnología Superior Mecánica Automotriz de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.* Obtenido de https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24893/1/M-ESPEL-mat-0110.pdf

Arrata Zambrano, R. B., & Yoza Rodríguez, F. I. (2020). *Implementación y conversión del sistema de dirección vehicular manual a eléctricamente asistida.* Obtenido de Implementación y conversión del sistema de dirección vehicular manual a eléctricamente asistida: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/50346/1/D-109673%20-%20ARRATA%20-%20YOZA.pdf

Bravo Aguilar, E. E., & Malqui Trujillo, J. C. (2023). *Dimensionamiento e implementación del sistema de dirección y sistema de frenos en un prototipo GO KART eléctrico para la carrera de Ingeniería Automotriz.* Obtenido de Dimensionamiento e implementación del sistema de dirección y sistema de frenos en un prototipo GO KART eléctrico para la carrera de Ingeniería Automotriz: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/19220/1/65T00495.pdf

Cereghino Rodríguez, C. M. (2020). *Diseño mecánico del sistema de dirección para un vehículo de competencia para SHELL ECO MARATHON en Lima, Perú.* Obtenido de Diseño y construcción de un sismtae de suspensión delantera independiente par un vehículo tubular tipo "Buggy" para uso en todo terreno: https://repositorio.utec.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12815/189/Cereghino%20Rodr%EDguez_Tesis.pdf?sequence=1

Chicaiza Gallo, K., & Villarroel Gallardo, H. (Marzo de 2023). *Diseño y construcción de un sistema hidraúlico para una máquina de pruebas para conexciones metálicas viga-columna.* Obtenido de Diseño y construcción de un sistema hidraúlico para una máquina de pruebas para conexciones metálicas viga-columna https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37667/1/Tesis%20I.M.%20746%20-%20Chicaiza%20Gallo%20Kevin%20Joel%20-%20Villarroel%20Gallardo%20Henry%20Paul.pdf

Estévez Cisneros, J., & Vallejos Morillo, G. (2022). *Análisis del comportamiento cinemático del sistem de suspensión al modificar la altura del vehículo.* Obtenido de Análisis del comportamiento cinemático del sistem de suspensión al modificar la altura del vehículo: https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13043/2/04%20MAUT%20192%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

Gallardo Amaya, R., Jaramillo, H. Y., & Gómez Camperos, J. A. (2020). *Conceptos básicos de mecánica de fluidos e Hidráulica.* Obtenido de Conceptos básicos de mecánica de fluidos e Hidráulica: https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/bitstream/handle/20.500.14167/3147/Conceptos%20básicos_mecánica_Fluidos_e_hidráulica_2020-.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Guanuña Zamora, S. D., & Zapata Jerez, D. A. (2022). *Ingeniería inversa aplicada al*

Fecha de recepción: 05 / 08 / 2024
Fecha de aceptación: 16 / 10 / 2024
Fecha de publicación: 16 / 05 / 2025

diseño del rotor de una bomba de dirección hidráulica del vehículo Chevrolet Aveo. Obtenido de Ingeniería inversa aplicada al diseño del rotor de una bomba de dirección hidráulica del vehículo Chevrolet Aveo: https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3aa30bcc-7320-44f8-847c-c1f2ac2ce092/content

Jubany Ruiz, K. (JUNIO de 2020). *Diseño de un Kart.* Obtenido de Diseño de un Kart. http://hdl.handle.net/2117/331857

Llivisica Aucapiña, C. A. (2018). *Diseño y construcción del sistema de dirección de un vehículo de competencia fórmula SAE eléctrico.* Obtenido de *D*iseño y construcción del sistema de dirección de un vehículo de competencia fórmula SAE eléctrico: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15520/1/UPS-CT007621.pdf

Solís Obando, K. D., Yaselga, E., & Guevara, M. (14 de Noviembre de 2022). *El sistema de dirección y el papel que desarolla en los vehículos.* Obtenido de El sistema de dirección y el papel que desarrolla en los vehículos: https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4897/11848