



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i5.1579>

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de investigación

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

Dynamic analysis of sedan vehicle automotive shock absorbers, case study

Análise dinâmica de amortecedores automotivos para veículos sedan, estudo de caso

Edison Cristobal Caisaguano-Vega ^I
ecaisaguano.mdm@uisek.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3283-2699>

José Vicente Manopanta -Aigaje ^{II}
ingenieriatecnicamc@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2813-265X>

Jairo Edison Guasumba-Maila ^{III}
jguasumba@tecnoecuatoriano.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0533-0397>

Bryan Jhon Briceño -Martínez ^{IV}
bryan.briceno@unl.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9428-3341>

Correspondencia: ecaisaguano.mdm@uisek.edu.ec

***Recibido:** 17 de octubre de 2020 ***Aceptado:** 12 de noviembre de 2020 * **Publicado:** 07 de diciembre de 2020

- I. Magister en Diseño Mecánico, Investigador Independiente, Ambato, Ecuador.
- II. Magister en Diseño Mecánico, Investigador Independiente Ligado a Ingeniería Técnica MC, Quito, Ecuador.
- III. Magister en Diseño Mecánico, Docente Investigador, Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, Quito, Ecuador.
- IV. Magister en Diseño Mecánico, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

Resumen

Los amortiguadores son elementos básicos de la suspensión en la industria automotriz, esto se debe a su gran capacidad de absorber energía producida por la carga del viaje, otorgando mejor agarre a los neumáticos y un control más efectivo del tren de dirección. El análisis se centró en las cualidades dinámicas de los amortiguadores, se realizó las experimentaciones en rangos de velocidad constante y variable, evaluando el comportamiento del amortiguador con los ensayos de una diagramadora bajo norma, y se utilizó software, programa que recoge los datos luego de la simulación del banco de pruebas, todo esto aplicado en tres amortiguadores de diferentes procedencias, que serán comparados. Los resultados mostraron las fuerzas, las velocidades y desplazamientos a las velocidades prefijadas bajo norma que soportaron sin problema cada componente probado, se evaluó por tanto los productos de los cuales todos cumplen y se encuentran dentro de los rangos de fuerza establecidos por la norma, también caracterizados como consecuencia brindando el mayor confort al conducir, y favorecen una buena tracción al viaje a sus velocidades máximas permitidas.

Palabras claves: Amortiguador; vehículo automotor; sistemas automotrices; ingeniería del transporte; suspensión.

Abstract

Shock absorbers are basic elements of suspension in the automotive industry, this is due to their great capacity to absorb energy produced by the load of the trip, giving better grip to the tires and a more effective control of the steering train. The analysis focused on the dynamic qualities of the shock absorbers, experiments were carried out in constant and variable speed ranges, evaluating the behavior of the shock absorber with the tests of a diagrammer under standard, and software was used, a program that collects the data after the simulation of the test bench, all this applied in three shock absorbers from different origins, which will be compared. The results showed the forces, speeds and displacements at the preset speeds under the standard that each tested component withstood without problem, therefore the products of which all comply and are within the force ranges established by the standard were evaluated. consequently characterized by providing the

greatest comfort when driving, and favor good traction when traveling at their maximum permitted speeds.

Keywords: Shock absorber; motor vehicle; automotive systems; transportation engineering; suspension.

Resumo

Os amortecedores são elementos básicos da suspensão na indústria automotiva, isto se deve a sua grande capacidade de absorver a energia produzida pela carga da viagem, dando melhor aderência aos pneus e um controle mais eficaz do trem de direção. A análise incidiu sobre as qualidades dinâmicas dos amortecedores, foram realizados experimentos em faixas de velocidade constante e variável, avaliando o comportamento do amortecedor com os testes de um diagramador sob padrão, e foi utilizado o software, programa que coleta os dados após a simulação da bancada de testes, tudo isso aplicado em três amortecedores de diferentes origens, que serão comparados. Os resultados mostraram as forças, velocidades e deslocamentos nas velocidades predefinidas sob a norma que cada componente testado resistiu sem problemas, portanto, foram avaliados os produtos que atendem e estão dentro das faixas de força estabelecidas pela norma. consequentemente caracterizado por proporcionar o maior conforto na condução e favorecer uma boa tracção ao circular nas velocidades máximas permitidas.

Palavras-chave: Amortecedor, veículo automotor; sistemas automotivos; engenharia de transporte; suspensão.

Introducción

En los primeros vehículos automóviles no se utilizaba ningún tipo de suspensión y, realmente era innecesaria debido a que eran lentos y pesados, rápidamente y a medida que los vehículos se volvieron más ligeros y rápidos, se percataron de la falta de suspensión no sólo producía pésimo confort, sino que aparecían momentos en los que los neumáticos perdían el contacto con el suelo, perdiéndose tracción y estabilidad (Baez, 2016; Arteaga et al., 2020). Pero “el amortiguador en realidad no absorbe el impacto. Esa es la función de los resortes de suspensión. Como es bien sabido, un sistema de resorte / masa sin disipación de energía exhibe un movimiento armónico

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

perpetuo con el resorte” (Rhoades, 2006). Además, Bonnick y Newbold (2011) precisan que la función del amortiguador de la suspensión no es aumentar la resistencia al desvío del resorte, sino controlar la oscilación del resorte (este es el movimiento continuo hacia arriba y hacia abajo del resorte después de pasar por un golpe o hueco en la superficie de la carretera).

En otras palabras, absorbe la energía dada al resorte, de ahí el nombre más común del amortiguador. Para ello, en este elemento se obliga al aceite hacer su trabajo fluyendo a través de los orificios del pistón y convirtiendo la energía del resorte en movimiento, el calor que absorbe el aceite y se transfiere finalmente al ambiente (Remy, 1974). Por ello, se debe generar una fuerza de amortiguamiento opuesta para disminuir la velocidad de un cuerpo con una determinada masa, así se funda el funcionamiento que rigen los amortiguadores utilizados (Guamán, Llanes-Cedeño, Celi-Ortega, Rocha-Hoyos, 2019).

La caracterización de los amortiguadores se utilizan diagramas para demostrar las prestaciones de un amortiguador, las curvas más importantes son: fuerza versus desplazamiento, fuerza versus velocidad también fuerzas versus tiempo. Así estas tres graficas muestran el mismo rendimiento del amortiguador, no obstante, cada diagrama muestra ciertos aspectos de aquel rendimiento (Fan y Anderson, 1990). “Los diagramas característicos del amortiguador son construidos a partir de datos experimentales generados por pruebas estándar: fuerza versus desplazamiento (...). Estos son explorados en las frecuencias de interés” (Lozoya Santos, Hernandez Alcantara, Morales Menedez, y Ramirez Mendoza, 2015).

Este tipo de elemento automotriz de acuerdo con Ishchenko (2017) resume que el mal funcionamiento de un amortiguador con la experiencia operativa a largo plazo, y de numerosos estudios teóricos y experimentales, demuestran que las cualidades dinámicas de un automóvil de pasajeros están significativamente influenciadas por la condición técnica de amortiguadores hidráulicos. También menciona que cuando funcionen mal o se modifiquen los parámetros de trabajo del amortiguador, ocurre que las aceleraciones de las oscilaciones de la carrocería aumentan, que la suavidad del movimiento se deteriora y el nivel del estado esfuerzo de los elementos de carga de la estructura aumenta (Vega, Llanes-Cedeño, Molina, y Rocha-Hoyos, 2018). Otros estudios indagan el comportamiento de un amortiguador para saber cuáles serían las variaciones de los diagramas que se presentan en las curvas características, por ello se revisa el

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

trabajo de Castellani, Scappaticci, Bartolini, y Astolfi (2016) en el cual afirman que: el trabajo se dedica a la dinámica de un amortiguador hidráulico monotubo, cuyo diseño se asemeja a los amortiguadores de vehículos de carreras, se adopta un enfoque físico para el modelado numérico de la operación global del dispositivo, y el modelo se valida experimentalmente en un banco de pruebas integral, realizada a velocidades y frecuencias típicas de los vehículos de carreras (...), ya que es posible observar la evolución del comportamiento interno, a través del acceso óptico, conjuntamente con los enfoques de prueba experimental estándar. Estas técnicas experimentales son especialmente adecuadas para el análisis del fenómeno de cavitación: se investiga la influencia de las principales condiciones de contorno (presión de compensación, temperatura del fluido) en el inicio y la evolución de la cavitación.

En el presente estudio se analiza la comparación mediante ensayos de esta autoparte, la caracterización dinámica en el banco de pruebas de amortiguadores rígidas bajo norma JSAE JASO C611 y se determinan experimentalmente las curvas características que puedan ser tomadas en cuenta en las evaluaciones dinámicas para una conformidad de estas autopartes.

Método

El protocolo de ensayo de la caracterización de los amortiguadores será a través de las gráficas características de comportamiento. Se propone la siguiente ruta, la selección de los amortiguadores objeto de estudio, a los cuales son sometidos a la máquina de ensayo y bajo parámetros prestablecido y planteados, se obtienen datos experimentales que después permiten construir los diagramas o curvas características, marcando las diferencias y realizando comparaciones entre las curvas vinculadas al análisis de validación y certificación de marcas que se exploran y describen en los resultados que muestren las condiciones de funcionamiento de estos elementos.

Protocolo de pruebas en el banco

En la figura 1 se observa el banco de pruebas para el ensayo del comportamiento dinámico, se ha utilizado la máquina de caracterización de amortiguadores dynoschock-11 que se observa en la tabla 1.

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

Figura 1: Banco de ensayo Dynoschok



11 (Fuente: Soft-Engine)

Este dinamómetro es posible probar cualquier tipo de amortiguador, y el software permite todas las tipologías de posibles pruebas. El dinamómetro mide la tracción y la fuerza de compresión del amortiguador. Si es necesario, los componentes hidráulicos y gaseosos de la fuerza pueden separarse. Un mecanismo de "yugo escocés" permite la oscilación del amortiguador en el dinamómetro. El movimiento del yugo escocés es accionado por un motor eléctrico, controlado por el software por un inversor (SOFT-ENGINE, 2019).

Tabla 1: Descripción de las partes de la máquina de ensayo

| | Descripción |
|----------------------|----------------------------------------------------|
| Mecánicas | “Scotch-yoke “ mechanism |
| Stroke adjustment | Max. 150 mm; Variation accuracy: 1 mm. |
| Speed without charge | Max. 2000 mm/s |
| Speed with charge | Max. 1500 mm/s |
| Electric motor | 11 KW three-phase |
| Electronics | Hi-accuracy data store electronic unit;; Inverter. |

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

| | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Devices | Load cell 2500 Kg, (up to 5000 Kg optional); Linear displacement transducer (freq. 1 KHz); Thermocouple. |
| Software | Shock 3.1 |
| Security | All moving parts protection sheet; Electric power supply safety interruption device; Emergency press button. |

Fuente: "Dynoshock 10" dynamometer (Engine-Soft., 2015).

Es preciso mencionar que cada amortiguador se somete a pruebas estandarizadas a las diferentes velocidades fijas dictadas por la norma JASO C611. Los ensayos se realizaron en la ciudad de Ambato, con una temperatura ambiente aproximada de 20 °C. Las curvas se consiguen los parámetros característicos observados, usando el software del equipo. Las características buscadas se calculan en el banco de pruebas mediante el software por medio de la generación de un informe automático del ensayo.

Prueba a velocidad fijada

Permite la adquisición de datos por uno ciclo a velocidad programada (velocidad en m/s o frecuencia de oscilación en Hz) y constante. Es una prueba útil con el propósito de valorarse el calibrado del amortiguador en función de una carrera máxima a cierta velocidad, de modo que se mostrara el correcto funcionamiento interno, externo del amortiguador y notar eventuales anomalías, con base al desempeño del amortiguador en el curso de la trayectoria de la curva característica por ejemplo de la fuerza / desplazamiento (que normalmente tiene que ser de forma elíptica).

Análisis dinámico de los amortiguadores

Se emplea el equipo de caracterización mecánica, para los diferentes tipos de amortiguadores usados como motivos de presente estudio para este efecto se realizan pruebas. Para efectos de análisis de este trabajo se emplea tres amortiguadores de diferentes marcas tipo strut bitubo, con el objeto de caracterizar el comportamiento dinámico de estos amortiguadores, en virtud de la cual se

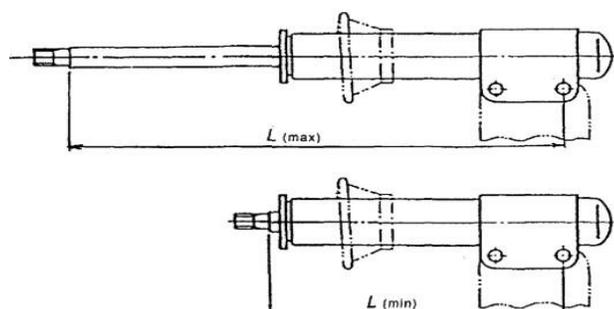
Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

consiga las curvas características de cada autoparte (Rocha -Hoyos et al., 2019a). El primero son elaborados por la empresa desde el 2014 produce los amortiguadores como equipo original. El segundo tipo como producto premium, debido a que sus productos superan los estándares de calidad de los repuestos genéricos que brinda el mercado de autopartes. El tercer tipo de los amortiguadores está siendo reconocida por su alta calidad y su sistema de suministro por parte de los mejores fabricantes de automóviles del mundo, además, la obtención de la certificación ISO / TS 16949 demuestra una excelente calidad y fiabilidad de las piezas de suspensión. Se realizaron los ensayos en tres marcas diferentes de amortiguadores. La reproducibilidad del ensayo y que marquen el comportamiento dinámico, se considera elementos para ensayarlo y empleando siempre un amortiguador sin uso, ensayo o funcionamiento previo (Rocha-Hoyos, et al., 2019b).

Procedimiento utilizado en la caracterización de los amortiguadores, preparación de las muestras

El estudio se utilizan tres marcas de amortiguadores comerciales en Ecuador usados en los autos sedan, uno de ellos de fabricación nacional y dos importados. Estas probetas son nuevas empaquetadas que se encuentran como repuestos en cualquier centro de comercio de auto repuesto a nivel nacional, se ensayaran las 3 marcas, en la figura 2 se indican las dimensiones de medida y configuración geométrica de la probeta que son tomadas como recomienda la normativa JASO C611, se detalla la manera de tomar estas medidas y se presentan un esquema de las dimensiones a medir.

Figura 2: Longitud de amortiguador L máx. and L min



Fuente: (JASO C611)

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

En la tabla 2 se resume la carrera que registran los amortiguadores de fábrica y alternos se observa que varían entre los 50mm y 51mm como longitud mínima, mientras que la longitud máxima del amortiguador varía entre 350mm y 352mm.

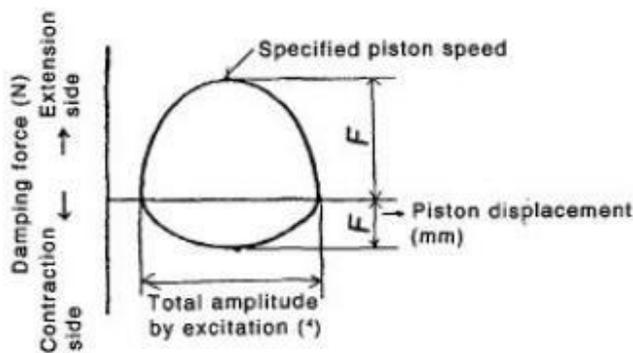
Tabla 2: Dimensiones de la longitud del amortiguador (Nacional, Alterno 1, Alterno 2)

| | L (máx.) | L(min) |
|----------|----------|--------|
| Nacional | 550.2 | 350.2 |
| Alterno1 | 551.22 | 351.22 |
| Alterno2 | 551.95 | 351.95 |

Fuente: reportes del ensayo

En el 6 ítem de la norma JSAE JASO C611 se expone la generalidad del cómo se debe realizar el ensayo, en la figura 3. se observa el diagrama para medir fuerza de amortiguación característica, a la velocidad del pistón del amortiguador que es prefijada, en donde F es la fuerza de amortiguamiento.

Figura 3: Diagrama fuerza de amortiguamiento



Fuente: (JASO C611, 1993)

Resultados Dinámicos de los Amortiguadores

Los ensayos realizados a los amortiguadores permiten obtener las curvas características del comportamiento a partir de los datos recabados por el banco de pruebas. Para la caracterización del amortiguador automotriz es importante conocer las características de los diagramas

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

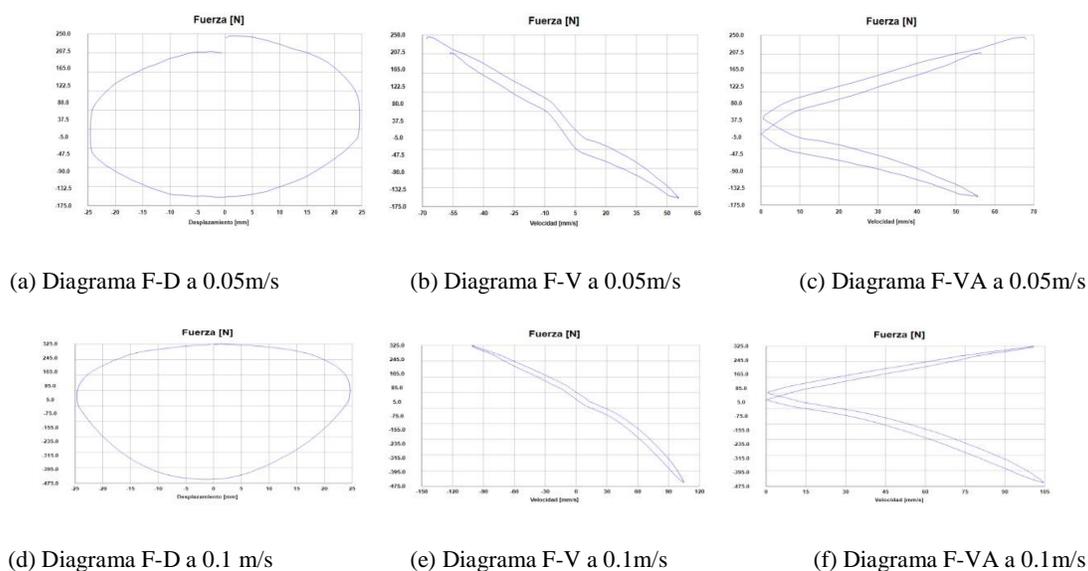
Fuerza-Desplazamiento (F-D), Fuerza-Velocidad (F-V) y fuerza-velocidad absoluta (F-VA). Los resultados máximos serán sometidos a la comparación entre las probetas de la misma marca y confirmar el comportamiento característico del amortiguador de cada marca, en base a la evaluación de la conformidad con respecto a la norma.

Resultados

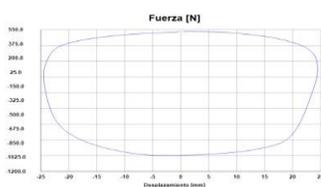
Pruebas de amortiguador nacional con velocidad fija del pistón

En la figura 4 se presentan los diagramas característicos que se generan luego de someter al amortiguador bajo procedimiento JSAE JASO C611 a diferentes velocidades fijas del pistón, se inicia con 0.05m/s luego se realiza nuevamente el protocolo de procedimiento de la norma y se varia la velocidad a 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s y 1 m/s respectivamente, se fija una carrera de 50mm de recorrido del pistón. En las gráficas FD se aprecia que las trayectorias son continuas y no presentan cambios bruscos, que distinguen un funcionamiento estable del amortiguador.

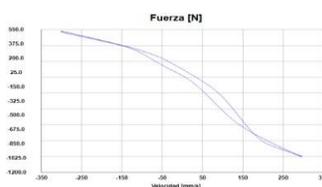
Figura 4: Diagramas característicos amortiguador nacional probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a, d, g, j, m), fuerza vs velocidad (b, e, h, k, n) y fuerzas vs velocidad absoluta (c, f, i, l, o) a velocidades fijas



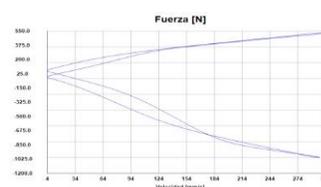
Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio



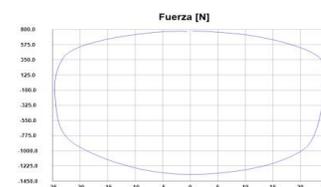
(g) Diagrama F-D a 0.3m/s



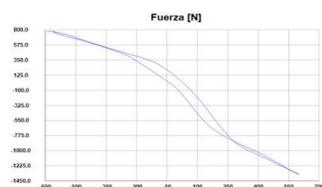
(h) Diagrama F-V a 0.3m/s



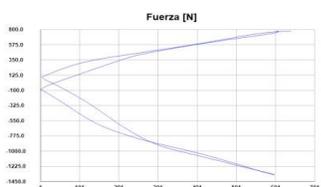
(i) Diagrama F-VA a 0.3 m/s



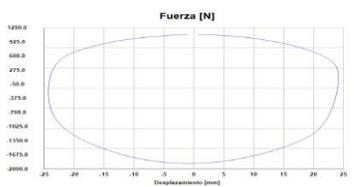
(j) Diagrama F-D a 0.6m/s



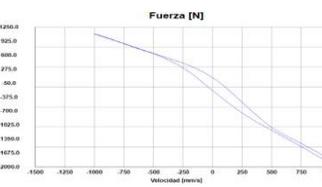
(k) Diagrama F-V a 0.6m/s



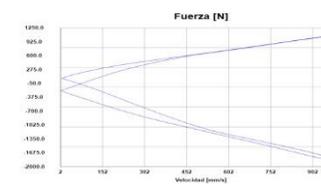
(l) Diagrama F-VA a 0.6m/s



(m) Diagrama F-D a 1m/s



(n) Diagrama F-V a 1m/s



(o) Diagrama F-VA a 1m/s

Fuente: Autores, 2020

Las gráficas FV a bajas frecuencias la histéresis observada con respecto a las generadas en altas velocidades es mínima, luego en velocidades de control medias de 0.3 por la norma se aprecia el funcionamiento de la apertura de la válvula limitadora de presión de manera suave efectuando en su trabajo y apertura en la carrera de compresión y disminuyendo el valor de la fuerza amortiguadora. Además, con respecto a la carrera de extensión se aprecia un comportamiento igual de suave y prolongado, pero al cierre de esta válvula se distingue un cambio brusco y repentino de la pendiente de las curvas generadas como se observa en la gráfica FV a 0.3 m/s en parte la inferior derecha. Luego en la tabla 3 se resumen de los detalles más importante de los diagramas característicos, así como los valores máximos de fuerza en todas las velocidades de excitación, en el ciclo de extensión se alcanzó un valor máximo de 1895.87N y velocidad máxima alcanzada de 1003.73 mm/s a la mayor excitación posible bajo norma, se registra el incremento de la temperatura de la probeta en la mayor parte de ensayos con un valor de 0.6 °C.

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

Tabla 3: Resultados de amortiguador nacional a velocidad fija

| Velocidad nominal de ensayo (mm/s) | Frecuencia nominal de ensayo (Hz) | Temperatura inicial del Amortiguador (°C) | Excursión (mm) | Fuerza máxima de Compresión (N) | Fuerza máxima de Extensión (N) | Velocidad máxima de Compresión (mm/s) | Velocidad máxima de Extensión (mm/s) | Temperatura Media (°C) |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|----------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| 50 | 0.32 | 22.00 | 50.11 | 247.46 | 155.66 | 56.47 | 55.75 | 22.60 |
| 100 | 0.64 | 22.00 | 50.11 | 327.29 | 459.00 | 100.87 | 104.93 | 22.60 |
| 300 | 1.91 | 22.00 | 50.11 | 530.84 | 1013.79 | 300.90 | 297.27 | 22.60 |
| 600 | 3.82 | 22.00 | 50.15 | 778.31 | 1357.05 | 603.43 | 600.10 | 22.80 |
| 1000 | 6.37 | 22.00 | 50.15 | 1089.63 | 1895.87 | 995.80 | 1003.73 | 23.00 |

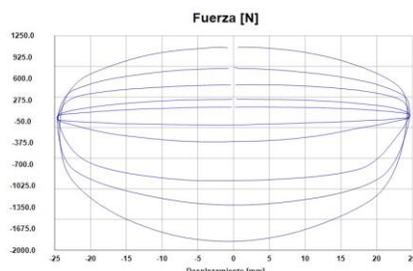
Fuente: Autores, 2020

Resultados de las pruebas de amortiguador nacional con velocidad del pistón variable

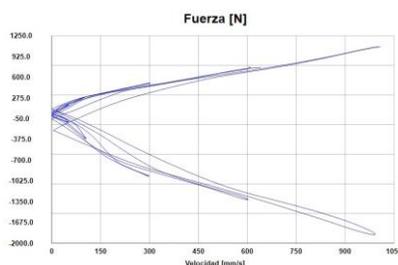
Con el propósito de conocer el comportamiento del amortiguador regido bajo procedimiento JSAE JASO C611, con diferentes velocidades del pistón de tal manera que se inicie el ensayo con 0.05mm/s luego se aumente de manera consecutiva las velocidades de excitación a 0.1mm/s, 0.3mm/s, 0.6mm/s y se finalice en 1 mm/s. Como se muestra en la figura 5, los cinco diferentes ciclos que fueron ensayados de manera consecutiva, se prevé conseguir que se recojan valores inferiores a los ensayos de manera individual y confirmar la fatiga térmica e inercias acumuladas en la configuración de las curvas alcanzadas, pero por la forma de la continuidad en las gráficas no es apreciable la diferencias más aun la generación de efectos de cavitación en el amortiguador, se observa una fuerza máxima extrema de compresión de 1077.66 N y una fuerza de expansión máxima de 1875.92N, además se desarrolló una velocidad de compresión máxima de 1000.7 mm/s y una velocidad máxima en la expansión de 1001.83 mm/s se alcanzó una temperatura al final de cada ciclo de 19.1°C tomando en cuenta que la probeta del ensayo registro una temperatura inicial de 19°C registrándose menor gradiente de temperatura.

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

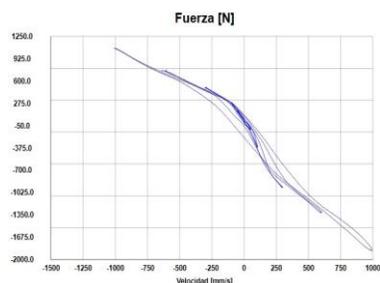
Figura 5: Diagramas característicos amortiguador nacional probeta 1 fuerza vs desplazamiento (a) y fuerza vs velocidad absoluta (b) y fuerza vs velocidad (c) a velocidad variable (0.05m/s, 0.1m/s, 0.3m/s, 0.6m/s, 1m/s)



(a) Diagrama F-D velocidad variable



(a) Diagrama F-VA velocidad variable



(c) Diagrama F-V velocidad variable

Fuente: Autores, 2020

Igualmente, en la tabla 4 se recopilan los valores que se destacan por cada uno de los ciclos de ensayos, se distinguen los incrementos de fuerza y velocidad máximos en la compresión y extensión, así pues, para la velocidad de excitación de control de 0.3m/s se registra en compresión un valor de 510.89N que corresponde a un 0.96 % menos que con velocidad fija, también en extensión se consigue un valor de 953.92 frente al

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

1013.79 N con un 0.94% menor. Se confirma la disminución en la fuerza, pero se demuestra la similitud y poca diferencia en las variaciones en todos los ciclos.

Tabla 4: Resultados de amortiguador nacional a velocidad variable

| Velocidad nominal de ensayo (mm/s) | Frecuencia nominal de ensayo (Hz) | Temperatura inicial del Amortiguador (°C) | Excursión (mm) | Fuerza máxima de Compresión (N) | Fuerza máxima de Extensión (N) | Velocidad máxima de Compresión (mm/s) | Velocidad máxima de Extensión (mm/s) | Temperatura Mediana (°C) |
|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|----------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| 50 | 0.32 | 19.00 | 50.15 | 171.63 | 111.76 | 50.91 | 50.29 | 19 |
| 100 | 0.64 | | 50.15 | 287.37 | 363.21 | 100.04 | 104.87 | 18.9 |
| 300 | 1.91 | | 50.15 | 510.89 | 953.92 | 301.57 | 298.93 | 18.9 |
| 600 | 3.82 | | 50.15 | 766.33 | 1321.12 | 605.15 | 604.3 | 18.9 |
| 1000 | 6.37 | | 50.15 | 1077.66 | 1875.92 | 1000.7 | 1001.83 | 19.1 |

Fuente: Autores, 2020

Discusión de resultado de la evaluación entre amortiguadores

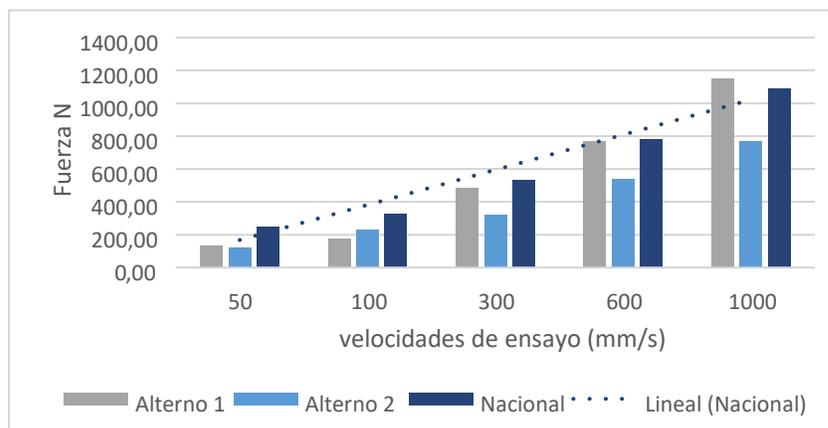
En la figura 6, se observa un gráfico de barras entre los tres amortiguadores diferentes, que corresponden a las fuerzas de amortiguación en el ciclo de compresión, en él se destaca el amortiguador nacional que desarrolla fuerzas más altas, por lo que este elemento tiene un comportamiento más duro en el funcionamiento, no obstante en el último ensayo a velocidad de excitación alta de 1m/s, la válvula que actúa en compresión del amortiguador alterno 1 reacciona de tal manera que se eleva el valor del amortiguamiento, que hace se presente una gran fuerza de 1149.50N en el amortiguamiento, esta característica operativamente le otorga a la suspensión mayor estabilidad sobre la carretera.

En la figura 7, se muestra en el ciclo de extensión que por el contrario en el amortiguador alterno 2 se presenta una fuerza menor a las encontradas con respecto a las otras marcas en cada una de las diferentes velocidades de prueba, una fuerza menor significa que se tiene un amortiguador mucho más blando y que le otorga mayores efectos en cuanto al confort del conductor y ocupantes siendo

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

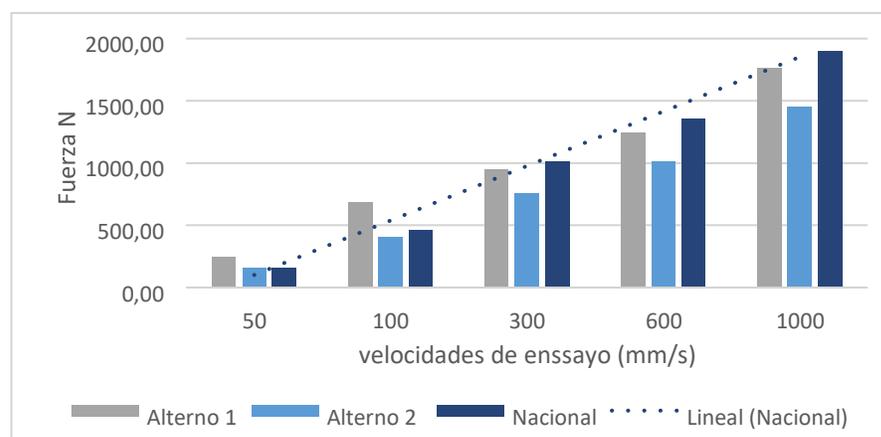
beneficioso, esta característica se corresponde al criterio pensado en cumplir con disminuir al máximo las vibraciones de la carretera recogidas por las suspensiones que después se entrega a la carrocería (Caisaguano, 2019).

Figura 6: Comparación de fuerza de compresión de amortiguadores alterno 1, alterno 2 y nacional a 0.0.5mm/s, 0.1mm/s, 0.3mm/s, 0.6mm/s, 1mm/s



Fuente: Autores, 2020

Figura 7: Comparación de fuerzas de extensión en amortiguadores alterno 1, alterno 2 y nacional a 0.0.5mm/s, 0.1mm/s, 0.3mm/s, 0.6mm/s, 1mm/s.



Fuente: Autores, 2020

Cuando se realiza la comparación entre los amortiguadores de distintas marcas se observa que existe semejanza pero no similitud en cuanto a los diagramas característicos obtenidos se contrasta

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

estas hechos en función de los análisis desarrollados por (Castellani et al., 2017; Ferdek y Łuczko, 2012; Skrickij et al., 2018) que mencionan que estos amortiguadores bitubo mejoran la respuesta, cuando se verifica el comportamiento de los amortiguadores que contienen gas, aquellos describen trayectorias mucho más limpias que se presenta en los diagramas de fuerza velocidad.

Conclusiones

Se comprobó que difieren en su respuesta al comportamiento y valores de fuerza de amortiguación obtenidos, los amortiguadores alterno 1 y nacional alcanzan mejores respuestas gráficas en los diagramas característicos sin la presencia de cavitación, por ende estas trayectorias más suaves son beneficiosas para la suspensión, a su vez, las fuerzas del amortiguador alterno 2 disminuyen cuyo efecto inherente a esta característica trae como consecuencia mayor confort al conducir, además en cuanto al amortiguador nacional por desarrollar fuerzas de amortiguación mayor de entre las probetas analizadas, este elemento brinda mayor estabilidad al conductor, esta característica es beneficioso, al poseer las mejores prestaciones evitando obstáculos en carretera.

Las fuerzas de amortiguamiento que alcanzaron las marcas permiten validarse como producto garantizable, además el amortiguador más blando es el alterno 2, luego el componente automotriz con características de comportamiento más duro corresponde al amortiguador nacional en cuanto a sus prestaciones en el funcionamiento tanto a la velocidad de 0.3 m/s conforme a la norma como los rangos de extensión y de compresión.

Referencias

1. Arteaga, O., Ortiz, M., Cárdenas, E., Rocha-Hoyos, J., Amores, K., Balarezo, A., & Rodríguez, J. A. (2020). Design of a magnetically sensitive monotube damper for leg prostheses applying magnetic materials. *Materials Today: Proceedings*, 27, 96-101.
2. Baez, M. A. (2016, 12 13). Estudio del comportamiento termico y dinamico de los amortiguadores para vehiculos aotomoviles tipo turismo. Catala: Universitat Politecnica de Catalunya Departament de Maquinas i Motors Termics.
3. Bonnick, A., & Newbold, D. (2011). A practical approach to motor vehicle engineering and maintenance. Retrieved from

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

4. <https://content.taylorfrancis.com/books/download?dac=C2011-0-11826X&isbn=9781136270222&format=googlePreviewPdf>
5. Caisaguano, C. (2019). Análisis de durabilidad y caracterización del comportamiento dinámico de amortiguadores de fábrica y alternos para uso de carretera.
6. Castellani, F., Scappaticci, L., Bartolini, N., & Astolfi, D. (2017). Numerical and experimental investigation of a monotube hydraulic shock absorber. *Archive of Applied Mechanics*.
7. <https://doi.org/10.1007/s00419-017-1302-5>
8. Engine-Soft. (2015). Manual de Empleo Dinoshock 11. Italia, Francia. FALCONARA.
9. Fan, Y., & Anderson, R. J. (1990). Dynamic Testing and Modelling of a Bus Shock Absorber. <https://doi.org/10.4271/902282>
10. Ferdek, U., & Łuczko, J. (2012). Modeling and Analysis of a Twin-Tube Hydraulic Shock Absorber. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*.
11. Guaman, E. R., Llanes-Cedeño, E. A., Celi-Ortega, S. F., & Rocha-Hoyos, J. C. (2019).
12. Parámetros del Múltiple de Escape para su Diseño Computacional: una revisión. *Información tecnológica*, 30(6), 255-268.
13. Ishchenko, V., Industry, Y. S.-M. & M., & 2017, undefined. (n.d.). Ways of improving the units construction of hydraulic shock absorbers of passenger cars on the bogie of kvz-cnii type. *Search.Ebscohost.Com*. Retrieved from
14. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authType=crawler&jrnl=20760507&AN=122476827&h=kN1QUq4juP0C5Yh3SYTfGLJ2TM6t%2BQgh%2F%2FZwH%2B%2BVfiW%2FZediJM6VeL3QQDQHdvd6tI%2BWti7vHC%2BYOgajQjaL0A%3D%3D&crl=c>
15. JSAE JASO C611 (1993) Suspension Struts for Automobiles, Tokyo, Japón.
16. <https://standards.globalspec.com/std/176356/JASO%20C611>

Análisis dinámicos de los amortiguadores automotrices de vehículos sedan, caso de estudio

19. Lozoya-Santos, J. de-J., Hernández-Alcantara, D., Morales-Menendez, R., & RamírezMendoza, R. A. (2015). Modelado de Amortiguadores guiado por sus Diagramas
20. Característicos. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI, 21. 12(3), 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2015.05.001>
22. Remy, D. (1974). Acdelco. Retrieved from <http://www.acdelco.com.ar/productosamortiguadores.html>
23. Rhoades, K. S. (2006). Development and experimental verification of a parametric model of an automotive damper. Retrieved from <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/4156>
24. Rocha-Hoyos, J., Llanes-Cedeño, E., Andrade-Villarreal, J., Caiza-Quishpe, L., & LeguísamoMilla, J. (2019a). Incidencia del uso de gasolina extra y mezcla al 5% con etanol anhidro en los microfiltros de los inyectores multipunto. *Enfoque UTE*, 10(2), 28-38.
25. Rocha-Hoyos, J. C., Llanes-Cedeño, E. A., Celi-Ortega, S. F., & Peralta-Zurita, D. C. (2019b). Efecto de la Adición de Biodiésel en el Rendimiento y la Opacidad de un Motor Diésel. *Información tecnológica*, 30(3), 137-146.
26. Skrickij, V., Savitski, D., Ivanov, V., & Skačkauskas, P. (2018). Investigation of Cavitation Process in Monotube Shock Absorber. *International Journal of Automotive Technology*. <https://doi.org/10.1007/s12239-018-0077-1>
27. Vega, W. H., Llanes-Cedeño, E. A., Molina, J. V., & Rocha-Hoyos, J. C. (2018). Revisión de las Características de Modelado y Optimización para el Diseño del Sistema de Suspensión Macpherson. *Información tecnológica*, 29(6), 221-234.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).