

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Preparación del sistema de suspensión del auto de carrera
Suzuki Forsa I para participar en rallys deportivos**

Proyecto de investigación

Santiago José Romero Torres

Electromecánica Automotriz

Trabajo de titulación presentado como requisito

para la obtención del título de

Licenciado en Electromecánica Automotriz

Quito, 20 de diciembre de 2015

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERIAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Preparación del sistema de suspensión del auto de carrera Suzuki Forsa I
para participar en rallys deportivos**

Santiago José Romero Torres

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Eddy Wladimir Villalobos Espinosa

Ing. Mecánico

Firma del profesor

Quito, 20 de diciembre de 2015

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Santiago José Romero Torres

Código: 00111958

Cédula de Identidad: 1709633190

Lugar y fecha: Quito, 20 diciembre de 2015

Índice

CONTENIDO

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| 2 | MARCO TEÓRICO | 10 |
| 2.1 | Historia del Suzuki Forsa I | 10 |
| 2.2 | Suspensiones. Características Generales | 17 |
| 2.3 | Componentes de las suspensiones | 18 |
| 2.4 | Tipos de suspensiones..... | 26 |
| 3 | DESARROLLO..... | 34 |
| 3.1 | Desmontaje de suspensión delantera. | 34 |
| 3.2 | Preparación y montaje de coilovers en la suspensión delantera. | 37 |
| 4 | DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 41 |
| 5 | RECOMENDACIÓN | 44 |
| 6 | CONCLUSIONES..... | 45 |
| 7 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 46 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Auto Suzuki Forsa | 10 |
| Figura 2. Auto Suzuki Spirit..... | 11 |
| Figura 3. Auto Chevrolet Spirit..... | 12 |
| Figura 4. Auto Suzuki Swift..... | 13 |
| Figura 5. Auto Suzuki Baleno..... | 13 |
| Figura 6. Tipos de resortes o muelles..... | 19 |
| Figura 7. Amortiguador..... | 21 |
| Figura 8. Barra estabilizadora..... | 23 |
| Figura 9. Bandejas..... | 24 |
| Figura 10. Rotulas..... | 25 |
| Figura 11. Sistema de Suspensión Rígida..... | 26 |
| Figura 12. Sistema de Suspensión Semirrígida..... | 27 |
| Figura 13. Sistema de Suspensión de Eje Oscilante..... | 28 |
| Figura 14. Sistema de Suspensión de Brazos Tirados..... | 29 |
| Figura 15. Sistema de Suspensión McPherson | 29 |
| Figura 16. Sistema de Suspensión Paralelogramo Deformante..... | 30 |
| Figura 17. Sistema de Suspensión Multibrazo..... | 30 |
| Figura 18. Sistema de Suspensión Semi-Independiente..... | 31 |
| Figura 19. Sistema de Suspensión delantera con Coilovers..... | 32 |
| Figura 20. Desconexión Manguera de Freno..... | 34 |
| Figura 21. Maniobra de retiro de la Manguera de Freno..... | 35 |
| Figura 22. Separación del Amortiguador de la Carrocería. Paso I..... | 35 |
| Figura 23. Separación del Amortiguador de la Carrocería. Paso II..... | 36 |
| Figura 24. Separación del Amortiguador de la Carrocería. Paso III..... | 36 |
| Figura 25. Peso total del Vehículo..... | 37 |
| Figura 26. Proceso de Selección y Preparación del Coilovers..... | 39 |
| Figura 27. Instalación del Coilovers Derecho..... | 39 |
| Figura 28. Instalación del Coilovers Izquierdo..... | 40 |

RESUMEN

El Suzuki Forsa I, es un auto diseñado y comercializado a partir de 1984, durante estos años se le han ido haciendo modificaciones y adaptaciones que le han permitido mantenerse como un auto competitivo en el complejo y complicado mundo del automovilismo. El creciente interés que despiertan las carreras de automovilismo en el Ecuador ha incentivado la búsqueda de autos económicos, ligeros, adaptables y a su vez resistentes para desarrollar esta actividad competitiva tanto en terreno regular como irregular, características estas que reúne el Suzuki Forsa I, convirtiéndolo en un prototipo ideal para la práctica de este deporte. Uno de los elementos indispensables en los autos que se dedican a esta actividad es el ajuste de la suspensión delantera para que la misma se adapte a las características del terreno y que a su vez mantenga la estabilidad y seguridad del vehículo. En este trabajo se expone la adaptación del sistema de suspensión del auto de carrera Suzuki Forsa I, utilizando coilovers, para participar en rallys deportivos.

ABSTRACT

The Suzuki Forsa I, is a designed car and marketed starting from 1984, during these years they have been gone making modifications and adaptations that have allowed him to stay as a competitive car in the complex and complicated world of the motoring. The growing interest that you/they wake up the motoring careers in the Ecuador has motivated the search of economic, slight cars, adaptive and in turn resistant to develop this competitive activity so much in land to regulate as irregular, characteristic these that the Suzuki gathers Forsa I, transforming it into an ideal prototype for the practice of this sport. One of the indispensable elements in the cars that are devoted to this activity is the adjustment of the front suspension so that the same one adapts to the characteristics of the land and that in turn it maintains the stability and security of the vehicle. In this work the adaptation of the system of suspension of the career car Suzuki Forsa I is exposed, using coilovers, to participate in sport rallies.

1 INTRODUCCIÓN

El campo automotriz a nivel mundial se ha desarrollado e incrementado considerablemente en los últimos años. Aunque se plantea que el primer automóvil propulsado por un motor de combustión interna fue construido por el alemán Gottlieb Daimler en el año 1866, no fue hasta el año 1885 que Karl Benz diseña el primer automóvil alimentado con combustible derivado de petróleo (Nigrinis, 2014), despertando de esta forma el interés por competir y comprobar quién era el más veloz de la época.

Para satisfacer las necesidades y gustos de las personas se han creado innumerables cantidades de diferentes tipos de vehículos los cuales son usados con diferentes propósitos, estos a su vez se pueden seguir subdividiendo en categorías. Contamos con vehículos diseñados el transporte masivo de personas, transporte de carga, movilización personal, uso laboral, uso diario y con fines deportivos. (Nigrinis 2014)

La ingeniería mecánica en el campo automotriz ha trabajado no solo en el descubrimiento de vehículos capaces de desarrollar elevadas potencias, sino que los mismos mantengan los niveles de confort y seguridad establecidos y necesarios para cada una de sus funciones específicas, teniendo en cuenta su interrelación con los factores externos que pueden influir en su desempeño. (Todomecánica, 2012)

La demanda de vehículos difiere a nivel mundial, es por eso que la industria automotriz ha creado centros en Latinoamérica que se encargan de estudiar las características de los vehículos que serán comercializados en esta área. En Ecuador solo contamos con dos empresas relacionadas directamente con la producción de los mismos (Tecnoautos, 2011), que se dedican fundamentalmente al ensamblaje de partes y piezas previamente diseñadas y construidas en alto

porcentaje en el exterior, a esto se suma que la gran mayoría de talleres mecánicos locales han direccionado su trabajo hacia la reparación y mantenimiento de los vehículos, más no en la ingeniería mecánica a nivel automotriz, demostrando que debemos maximizar el desarrollo de nuestra industria automovilística.

El automovilismo a nivel mundial es un deporte con gran acogida por un buen número de seguidores. Las primeras carreras se realizaron en Europa y posteriormente se expandieron a Estados Unidos y otros países. Contamos con competencias tales como: Fórmula Uno, Rally DAKAR y Rally WRC, entre otras, (Tecnoautos, 2011), donde millones de fanáticos disfrutaban de esta pasión. Nuestro país no escapa de este entusiasmo, ya que los propietarios de automóviles preparan sus vehículos para competir en carreras organizadas localmente buscando obtener un equilibrio entre comodidad para transitar en las calles en el día a día y capacidad de desarrollar grandes velocidades en las pistas.(Zambrano, 2015)

En los últimos años en el país se ha generado un gran interés por las carreras de automóviles lo que ha llevado a la aparición de varios clubes y sociedades automovilísticas, creándose así diferentes competencias y campeonatos con estándares y reglamentos internacionales, todo eso ha incentivado a los diferentes especialistas mecánicos a investigar individualmente la forma de optimizar y mejorar las características de los vehículos utilizados con el objetivo de cumplir con las expectativas actuales y participar de la mejor manera posible.

Podemos decir que el automovilismo, más allá de la expresión deportiva, constituye una valiosa fuente de experimentación, aprendizaje y enseñanza que contribuye al constante progreso de la industria automotriz, gestándose así el perfeccionamiento de técnicas y métodos constructivos. (Nigrinis, 2014)

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Historia del Suzuki Forsa I

El Suzuki Forsa I, es un auto de carreras creado por la empresa japonesa Suzuki Motor Corporation dedicada a la fabricación de automóviles (especialmente todo-terrenos y compactos). Presentado por primera vez a Japón en 1983, el Suzuki Forsa es otro nombre para el Suzuki Cultus, también conocido como el Swift, el Sprint, la Luciérnaga, el Geo Metro y Metro. La Forsa sólo estaba disponible desde 1985 hasta 1988. Una parte de la primera generación fue vendida como modelo supermini en algunas partes de América del Norte y del Sur Word que saco urbano. (Nigrinis, 2012)



Figura 1. Auto Suzuki Forsa I

El proyecto comenzó a gestarse a finales de 1984 y arrancó en forma en 1985. El nuevo automóvil para un mercado cambiante debía ser económico, familiar y muy moderno desde el punto de vista tecnológico, condiciones que reunía el Suzuki Forsa. (Nigrinis, 2014)

En Colombia se le llamaría inicialmente Chevette Sprint, pero luego de algunos estudios de mercado se decidió llamarlo Chevrolet Sprint para separarlo del modelo de origen. El modelo fue

presentado oficialmente el 7 de octubre de 1986, e inmediatamente causó sensación. (Todomecánica, 2012)

El auto recibió en los años siguientes varios retoques, el más notable en 1998 cuando su pequeño motor recibió la inyección electrónica, producto de las nuevas reglamentaciones impuestas en el mercado colombiano a partir del año anterior. Desde 1998 en Japón y Brasil se habían cerrado las líneas de producción de materiales para el CKD del Sprint, por lo que la filial de Suzuki en Colombia; Colmotores decide iniciar su producción de forma local ante la todavía alta demanda por éste vehículo, importando sólo aquellas partes que no era posible manufacturar localmente, tales como los computadores de control del sistema de inyección, entre otros. (Nigrinis, 2012)

En el 2002, se fabricó localmente el primer Chevrolet Sprint Taxi, con el cual logró un puesto en la opinión y el uso de los taxistas, aunque en este aspecto no fue tan popular como si lo fue en el mercado particular. En 2004 ante el cese de su producción por parte de su compañía matriz y ante el poco mercado dejado por sus directos competidores, el Sprint sale del mercado, con 70,848 unidades vendidas, incluyendo taxis, convirtiéndolo en otro hito de la industria automotriz colombiana. (Nigrinis, 2012)



Figura 2. Auto Suzuki Spirit

El Sprint se vendió casi en el mundo entero con el nombre de Suzuki Cultus o Forsa, con excepción de Canadá donde se llamó Pontiac Firefly. De ello podemos poner variados ejemplos. (Nigrinis, 2012)

En los Estados Unidos y Canadá, el Chevrolet Sprint fue un auto que se vendía con GM para el mercado continuo la Chevette hasta 1987. En el modelo 1988, la aspiración natural hatch back fue nombrado el Chevrolet Sprint Metro. (Nigrinis, 2012)



Figura 3. Auto Chevrolet Spirit

En Bolivia, se vendió la 1a generación del Suzuki Swift, a la que se denominó localmente como Forsa, sin ser éste su nombre de origen. Era fabricado en Japón en versiones de 3 y 5 puertas. En 1987 recibe un ligero retoque y algunas modificaciones en la puerta trasera. Fue muy popular por su buen servicio brindado entre las ramas particular y pública, gracias a su amplitud y sus por sus 4 puertas, siendo uno de los automóviles más económicos vendidos en Bolivia junto al Daihatsu Charade, Subaru Justy, al Hyundai Pony y el Lada 2105. (Nigrinis, 2014)



Figura 4. Auto Suzuki Swift

Posteriormente fue sustituida por el Suzuki Swift 1.3 HB 5 puertas importado desde Japón.

En Chile, la segunda generación fue vendida hasta el año 1996, para dejar un espacio y dar mayor volumen de ventas al Suzuki Baleno. En el año 2005 llegó la tercera generación, la que fue un gran éxito de ventas por el llamativo diseño y el completo equipamiento; posicionándose principalmente como un vehículo juvenil. La cuarta generación se vende desde el año 2011, y ha conseguido una gran aceptación y un buen número de matriculaciones; manteniendo el buen ritmo de ventas de la generación anterior. También se vendió la primera generación ya que en Chile existen modelos de 1987 y 1988. (Nigrinis, 2014)



Figura 5. Auto Suzuki Baleno

En Ecuador, se vendió la 1ra generación, a la que se denominó localmente como Forsa 1 1000 cc 43 HP, sin ser éste su nombre de origen. Era fabricado en Japón en solo una versión de 3 puertas. Fue llamado el auto del pueblo por su costo y su buen servicio siendo uno de los automóviles más económicos vendidos en Ecuador. Posteriormente fue sustituido por el "Forsa 2" 1000 cc 2 puertas. (Nigrinis, 2014)

En Venezuela, se vendió a partir de la segunda generación introducido en el año 92 como Chevrolet Swift en versión 1300 el primer año y luego en versión 1600 16V automático y sincrónico como una forma de aumentar su cuota de mercado (aún se vendía el Chevette con buenas ventas) siempre fueron carburados ya que nunca llegaron versiones en inyección, se mantuvo en venta hasta el año 96 año en que se retiraron el Swift y el Chevette para dar paso definitivo al Corsa que ya se vendía desde el 95, (Nigrinis, 2012), el más popular fue la versión 1300 automático que por su resistencia a todo y poca necesidad de mantenimiento fue un verdadero caballo de guerra. (Nigrinis, 2014)

Sobre este auto se puede apreciar toda una larga historia, desde una primera hasta una cuarta generación, primero lanzado en Japón en 1983 con el nombre de Suzuki Forsa, y que después apareció en Colombia el 7 de octubre de 1986 como Chevrolet Sprint y que se mantendría en producción por casi 18 años y del cual se fabricarían 70.848 unidades, la última donada por Gm Colmotores al Banco Arquidiocesano de alimentos como una contribución social a favor de los más necesitados. (Zambrano, 2015)

Quedan muchos recuerdos agradables e inolvidables reafirmados por su calidad a toda prueba, que se ve todos los días en calles y carreteras donde la gran mayoría de ellos transportan a sus dueños y a sus familias con la confiabilidad del primer día. Aún en este momento en que

los precios de los usados bajan de manera acelerada y hay modelos que poco o nulo atractivo para los clientes, el Sprint , o Forsa I, sigue siendo apetecido y sus precios continúan fuertes, algo que sucede con pocos modelos en la actualidad. (Zambrano, 2015).

Características generales.

El Suzuki Forsa I, nombrado de esta forma por ser la primera generación de estos autos, fue diseñado con carrocerías hatch back de tres y cinco puertas, sedán de cuatro puertas y descapotable de dos puertas. (Tecnoautos, 2011)

Contaban con motores de gasolina, de 1.0 y 1.3 litros de cilindrada, disponibles con carburador o inyección de combustible, el primero también con turbocompresor. El de 1.3 litros contaba con 8 válvulas alimentadas por un carburador doble que trabajaba en sincronía con una caja manual de 5 velocidades con frenos delanteros de disco y campana atrás. (Tecnoautos, 2011)

Llamó poderosamente la atención como el Swift GT I, uno de los muchos nombres que recibió este auto, alcanzaba tanta potencia con un motor de 4 cilindros, sólo 1.298cc, 16 válvulas, twin cam y que llegaba a alcanzar 101 hp a sólo 6450 rpm pudiendo alcanzar como máximo las 7500 rpm. (Nigrinis, 2014)

Otras características técnicas de este auto era la presencia de un panel frontal con dos faros rectangulares, sin bombillo intercambiable del tipo de unidad sellada (Sealed Beam) que llamó la atención y fue punto de referencia para la época, las luces traseras y el alumbrado trasero de la matrícula también hicieron época sobre todo este último al incorporarse el

alumbrado en la parte superior de la matrícula, lo cual rompía los tradicionales esquemas de alumbrado en la parte inferior de la matrícula. (Tecnoautos, 2011)

Sus dimensiones exteriores se mantuvieron por varias generaciones y tipos de autos, su largo total es 4,075 m, ancho total 1,600 m, altura total 1,380 m, distancia entre ejes 2,365 m, trocha delantera 1,365 m y trocha trasera 1,340 m, su altura mínima al piso 16, 5 cm. Su peso bruto es de 1.230 kilos los cuales se distribuían en 780 kilos de peso total y 450 kilos de capacidad de carga. Su tanque de combustible presentaba una capacidad de 10.6 galones. (Tecnoautos, 2011)

El interior del vehículo estaba tapizado en vinilo y paño escocés, poseía un timón bastante rústico, un tablero central con los mandos ubicados de manera muy diferente en los modelos posteriores y otras características que lo hicieron acreedor de un gran confort para propietarios. V

Uno de los puntos más vulnerables con que contó esta primera versión y que después fue modificado por sus fabricantes fue sin dudas la suspensión. El Forsa I contaba con una suspensión trasera muy poco amable, la cual estaba basada en una ballesta transversal, que dificultaba la amortiguación y afectaba el confort de los tripulantes al transitar por vías o caminos irregulares. (Zambrano, 2015). Este elemento desapareció con esta versión y en lo sucesivo se fueron incorporando espirales más amables, de tipo independiente en ambos lados, con McPherson adelante y con resorte suaves atrás. (Nigrinis, 2014). Otro elemento sustancial que recibió cambios después de la primera versión fueron las llantas de lona de 12 pulgadas originales, las que posteriormente fueron cambiadas a llantas de 13". (Tecnoautos, 2011)

2.2 Suspensiones. Características Generales

Se conoce como suspensión automotriz, a las formas de utilizar las fuerzas mecánicas de torsión, con la pretensión, de amortiguar y suavizar el desplazamiento, de un vehículo, sobre irregularidades de la superficie de un terreno. (Aficionados a la mecánica, 2013)

Se define como suspensión al conjunto de elementos, con capacidad elástica, que absorben las irregularidades del terreno por el que se circula, se interponen entre las partes suspendidas de un automóvil (bastidor, motor, carrocería y pasajeros) y las partes que no suspendidas (ruedas, frenos y los puentes rígidos). Estos elementos elásticos son los muelles o resortes y los amortiguadores, constituyen el sistema de suspensión del vehículo. (Aficionados a la mecánica, 2013)

La suspensión es un componente de vital importancia tanto para la industria automotriz como para los propietarios de los vehículos. Su finalidad, no solo es brindar comodidad y confort a los pasajeros, también ayudan a proteger todos los elementos del vehículo y a dar estabilidad al mismo especialmente en curvas, gracias a su capacidad de absorber golpes y desniveles provenientes de la calzada. Esto permite asegurar la adherencia de las ruedas al suelo, mejorar la calidad rueda-suelo y aumentar la estabilidad del vehículo (Arellano, 2011). Se consideran un elemento vital para la seguridad vial: se trata de uno de los tres pilares del triángulo de seguridad del coche por lo que resulta clave detectar posibles fallos en la misma antes de que sea demasiado tarde. (Dixon, 1996)

Otra de las funciones que debe cumplir el sistema de suspensión es transmitir las fuerzas de aceleración y de frenada entre los ejes y el bastidor o chasis, resistir el par motor y de frenada, así como los efectos de las curvas, mantener el ángulo de dirección en todo el recorrido y

conservar el paralelismo entre los ejes y la perpendicularidad del bastidor. (Aficionados a la mecánica, 2013)

Aunque las suspensiones han evolucionado bastante a lo largo de los años, el principio básico por el que se fundamentan sigue siendo el mismo, sin embargo, cada tipo de suspensión lo hace de diferente manera. (Guijarro, 2009).

2.3 Componentes de las suspensiones

A continuación se detallan los principales componentes de la suspensión

Resortes:

Un resorte es una pieza mecánica que típicamente se usa para almacenar energía y liberarla subsecuentemente. Su principal función es la de absorber golpes o mantener la fuerza entre dos superficies. Están hechos de forma espiral y con la capacidad de retornar su tamaño original una vez que la energía es liberada. (Mogul, 2014). Esta pieza emplea el principio de la elasticidad para amortiguar los baches de la carretera, y así mantener la integridad y el confort del vehículo de y de sus ocupantes. Este hecho hace que la energía creada por el esfuerzo aplicado se acumule momentáneamente. En el caso de los resortes de láminas estos reaccionan combándose, y los espirales o de barra de torsión se retuercen. Cuando el resorte recupera su estado original esta energía creada se libera.



Figura 6. Tipos de resortes o muelles

Los resortes se pueden clasificar de tres maneras diferentes, estas son las siguientes: (Vanegas, 2011)

Según su forma:

- Helicoidal cilíndrico: Para su elaboración se disponen de una gran cantidad de materiales, el más utilizado es el acero. Las espiras suelen ser más gruesas que los demás y se fabrican en caliente
- Helicoidal cónico: Estos tipos de resortes se caracterizan por poseer gran rigidez, que crece a medida que la carga aumenta. Cuando esta desaparece, vuelve a su punto inicial. Su uso no es muy frecuente.
- En espiral: Suelen ser resortes de torsión que no requieren mucho espacio axial. Gracias a sus grandes cantidades de espiral dispuestos de forma muy junta son utilizados principalmente en el área de relojería, metros enrollables, juguetería mecánica, etc. Están compuestos por una lámina de acero inoxidable.
- Laminar: Se compone de varias láminas de acero u otro material dispuestas una arriba de la otra de forma curvada o recta. Suelen utilizarse en vehículos para amortiguar los

golpes producidos por las imperfecciones que puede llegar a tener una carretera. Se encuentran entre el chasis y el eje de la rueda.

Según la forma de la sección transversal del hilo:

- Circular
- cuadrada
- Rectangular

Según el tipo de carga que soportan:

- De compresión: Como su nombre lo indica, están contruidos únicamente para soportar cualquier presión. Los hay cónicos, biónicos, cilíndricos, etc.
- De torsión: Su función es puntalmente la torsión o girado. Esto se debe a que contiene propiedades muy elásticas, ya que puede almacenar energía mecánica cuando gira y devolverla cuando termina el proceso. La fuerza que libera es directamente proporcional a la cantidad de giros que se produce.
- De tracción: Se caracterizan por utilizar solamente fuerza de tracción. En sus extremos poseen dos ganchos que se ajustan y aferran al elemento en cuestión. Pueden encontrarse diferentes modelos: alemán, inglés, catalán, giratorio, abierto, cerrado, etc. Los ganchos que se encuentran en sus puntas permiten montar estos resortes en cualquier lugar y de cualquier manera.
- De flexión: se denomina resorte de flexión a un resorte de compresión formado por otro tipo de arandelas o espirales más elásticas con otro montado pero que cumplen la misma función. Se caracterizan por poseer un rasgo distintivo: si una de las arandelas que lo

compone se rompe no afecta el funcionamiento del resorte en sí, es decir, puede seguir marchando de la misma manera que antes del altercado.

Para determinar qué tipo de resorte debe utilizarse en una situación determinada debe tenerse en cuenta varios factores como por ejemplo: cantidad de espirales, sentido de arrollamiento, distancia entre los espirales, diámetros de los espirales, longitud en estado libre, carga del resorte.

Amortiguadores:

El amortiguador es un componente común de la suspensión de automóviles y de otros vehículos, como motocicletas, bicicletas, aviones. Este es un dispositivo que atenúa las oscilaciones de un vehículo al forzar el paso de aceite a través de un sistema de válvulas de magnitud pequeña. Sirve para controlar el movimiento del vehículo y mantener las llantas adheridas al piso. (Alberdi, 2013)

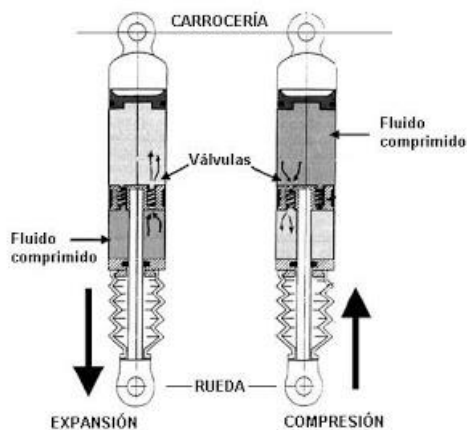


Figura 7. Amortiguador

La función de este es controlar los movimientos de la suspensión, los muelles y/o resortes. El movimiento de la suspensión genera energía cinética, que se convierte en energía térmica o calorífica. Esta energía se disipa a través del aceite. (Alberdi, 2013).

El amortiguador es un dispositivo construido con un eje cromado y dos tubos de acero (uno dentro del otro). El tubo exterior se denomina tubo de reserva (lleno de aceite). El interno, tubo de compresión. En un extremo, el eje de acero tiene el apoyo que se ancla al vehículo. En el otro extremo se monta un pistón, que siempre se desplaza a lo largo del tubo de compresión, el cual presiona o succiona aceite que fluye a través de válvulas instaladas en el tubo de compresión. Esta construcción genera dos fuerzas muy diferentes, extensión y compresión, cuyas funciones son adherir el vehículo a la vía terrestre, aportar seguridad en las curvas y la obtención permanente de una marcha confortable. (Alberdi, 2013).

Los amortiguadores, junto a los resortes, son un elemento básico de la suspensión de los vehículos. El sistema de suspensión, que actúa entre el chasis y las ruedas, se encarga de absorber las irregularidades del terreno por el que se transita buscando aumentar el control del vehículo y el confort de los pasajeros. En este sistema los resortes son los encargados de absorber los impactos del terreno, mientras que el amortiguador disminuye rápidamente el movimiento del resorte, restringiendo sus movimientos para evitar que continúen oscilando y garantizar el control sobre el vehículo. (Alberdi, 2013).

Tener el control para la seguridad del vehículo significa ser capaz de frenar, pasar por baches (huecos) dar la vuelta y cambiar de dirección o esquivar de manera repentina, en el momento exacto y de manera oportuna. Los amortiguadores se encargan de mantener el contacto de los neumáticos con el suelo evitando que reboten y resistiendo los movimientos de la

carrocería. Cuando contamos con amortiguadores en buen estado nuestro vehículo mantendrá tracción con el terreno y la estabilidad óptima en todas las condiciones de manejo.

Barra estabilizadora

La barra estabilizadora, como su nombre lo indica tiene como principal función estabilizar al auto. Al tomar las curvas con rapidez el coche se inclina, hacia el lado exterior, obligado por la fuerza centrífuga.

Para aguantar esa propensión a inclinarse se emplean los estabilizadores, que están constituidos por una barra de acero doblada abiertamente. Por el centro, se une al bastidor mediante unos puntos de apoyo sobre los que puede girar; por sus extremos se une a cada uno de los brazos inferiores de los trapecios. (Mogul, 2014).

Las características elásticas del material tratan de mantener los tres lados en el mismo plano. Al tomar una curva, uno de los lados recibe más peso que el otro y trata de aproximarse a la rueda; la barra se torsiona por este peso y ese mismo esfuerzo se transmite al otro brazo, tratando de mantener ambos lados de la carrocería a la misma distancia de las ruedas, con lo que se disminuye la inclinación al tomar las curvas. (Mogul, 2014).

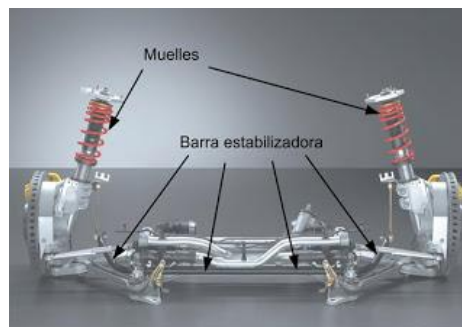


Figura 8. Barra Estabilizadora

A pesar de que son sin duda, los amortiguadores, los resortes o muelles y las barras estabilizadoras los elementos primordiales de las suspensiones, existen otros componentes que de una forma u otra ayudan a que la suspensión cumpla con sus funciones, entre ellos mencionamos las bandejas, los topes de gomas, las rótulas, los tensores o barras tensoras y los candados. (Mogul, 2014).

Las Bandejas: su finalidad es controlar los movimientos longitudinales de las ruedas, por efecto de las salidas y frenadas fuertes, además permitir libremente los movimientos verticales de las ruedas, por las irregularidades que presenta el camino. (Mogul, 2014).

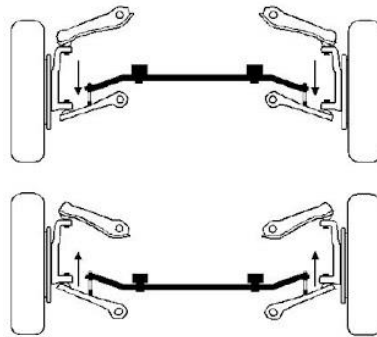


Figura 9. Bandejas

Los topes de gomas: tiene como finalidad evitar los golpes directos de metal con metal, cuando las oscilaciones pasan de los rangos normales. (Mogul, 2014).

Las Rótulas: tiene por finalidad permitir libremente los movimientos verticales de las ruedas, como también los movimientos angulares de la dirección. (Mogul, 2014).



Figura 10. Rótulas

El **Tensor o barra tensora**: su finalidad es la de controlar los movimientos longitudinales, cuando en lugar de bandeja traen brazo de suspensión. (Mogul, 2014).

Los **Candados**: tienen por finalidad permitir la libre extensión de las hojas aceradas del paquete de resortes, como también su curvatura. (Mogul, 2014).

También podemos señalar que juegan un importante papel en el sistema de suspensión de un vehículo otras partes o componentes del mismo como son los puntos de apoyo, los cuales, como lo indica su nombre sirven de sostén o apoyo a los otros componentes de la suspensión, la mesa chasis o semichasis las cuales son elementos fijos que propician el anclaje de los elementos elásticos; el chasis propiamente dicho, el cual estabiliza desde el punto de vista estructural al vehículo; los ejes, los cuales al unir ambos neumáticos propician la transmisión de vibraciones, desniveles y altibajos entre ambas gomas, además hay que mencionar también las gomas y las llantas, las cuales además de dar estabilidad al auto funcionan en ocasiones como elementos elásticos con función de amortiguación y por ende influyen, o mejor dicho, contribuyen a la suspensión del vehículo. (Mogul, 2014).

2.4 Tipos de suspensiones

Existen muchas clasificaciones pero en este trabajo las dividiremos en suspensiones dependientes (rígidas, semirrígidas y neumáticas) e independientes, más recientemente ha apareciendo un nuevo tipo de suspensiones denominadas "activas electro generadoras", que generan energía para los vehículos eléctricos. (Finjas, 2013)

Dentro de las suspensiones dependientes tenemos las suspensiones rígidas que son aquellas en las que las ruedas izquierda y derecha son unidas por un simple eje formando un conjunto. (Gutiérrez, 2012). Es uno de los sistemas más antiguos que existe. Puede ser delantera o trasera y su construcción es simple y duradera, pero los movimientos de los neumáticos izquierdo y derecho afectan a los otros y la inclinación se transmite a todo el vehículo, lo que provoca inestabilidad del auto. (Gutiérrez, 2013). Existen 3 variantes de este tipo de suspensión: la suspensión rígida con muelles, la suspensión rígida con sistema de conexión y la suspensión rígida con sistema de barra tirante. (Mecánica, 2013). La suspensión rígida se utiliza fundamentalmente en vehículos industriales, autobuses, camiones y vehículos todoterrenos. (Iñiguez, 2013)

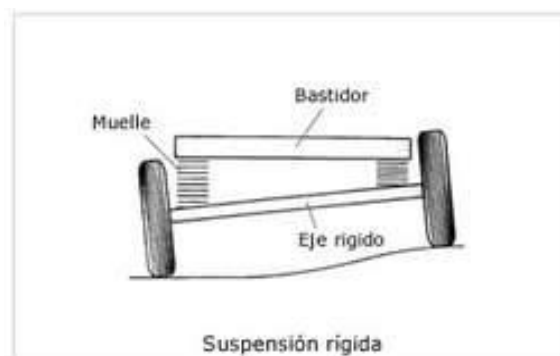


Figura 11. Suspensión rígida

El sistema semirrígido es muy parecido al sistema anterior, a diferencia que estas llevan un brazo adicional, que permite reducir las vibraciones e inclinaciones que puede recibir el coche. Es decir, no es rígida, pero tampoco es independiente, por lo que el aislamiento de las oscilaciones es relativamente limitado. Es un sistema común que incorporan muchos coches de calle, en sus versiones básicas. (Norauto, 2007).

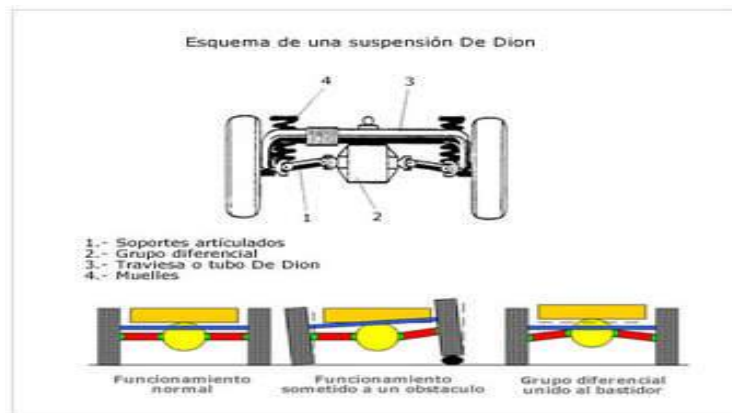


Figura 12. Sistema de suspensión semirrígida

La suspensión neumática se basa en el mismo principio de la suspensión convencional y consiste en intercalar un resorte neumático entre el bastidor y el eje de las ruedas, lo que permite una mejor amortiguación de los defectos del camino transitado. (Iñiguez, 2013).

El sistema independiente es de las mejores opciones que podemos encontrar en el mercado, debido a que es la más óptima desde el punto de vista de confort y estabilidad al reducir de forma independiente las oscilaciones generadas por el pavimento sin transmitirlas de una rueda a otra del mismo eje, de hecho, la mayoría de coches nuevos en el mercado lo utiliza hoy en día. (Gutiérrez, 2013) Una suspensión independiente consiste en que cada rueda está conectada al automóvil de forma separada con las otras ruedas, lo cual permite que cada una se mueva hacia arriba y hacia abajo sin afectar la del lado opuesto. La suspensión independiente se

puede utilizar en las cuatro ruedas y su principal ventaja es que posee menor peso no suspendido que otros tipos de suspensión por lo que las acciones transmitidas al chasis son de menor magnitud. Actualmente éste tipo de suspensión es el único que se utiliza para las ruedas directrices. (Finjas, 2013).

Dentro de este grupo podemos diferenciar varios sistemas, entre los que destacan:

- Suspensión de eje oscilante.

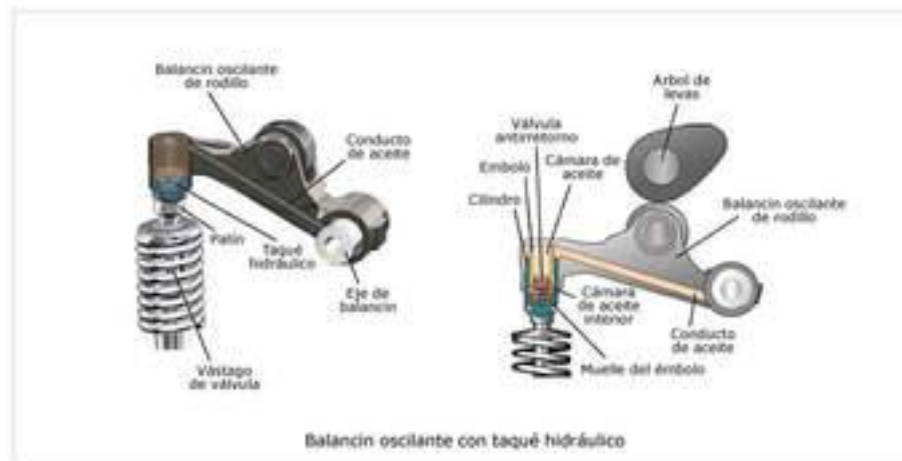


Figura 13. Suspensión de eje oscilante

- Suspensión de brazos tirados.

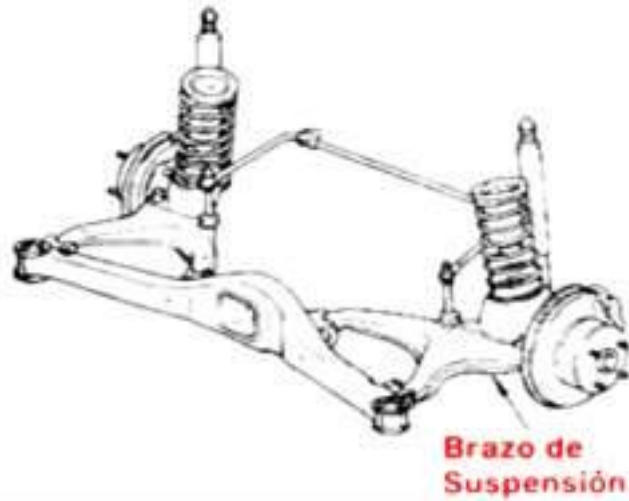


Figura 14. Suspensión de brazos tirados

- Suspensión McPherson.

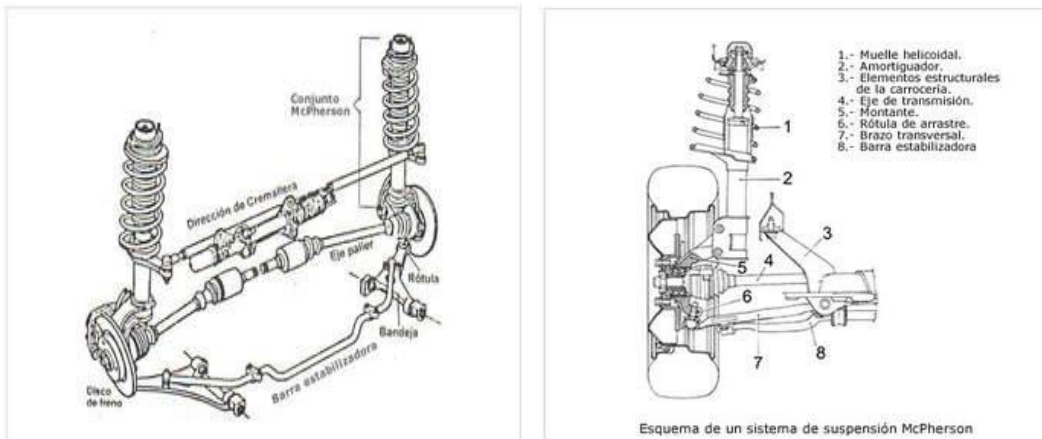


Figura 15. Sistema de suspensión McPherson

- Suspensión de paralelogramo deformable.



Figura 16. Sistema de suspensión de paralelogramo deformable

- Suspensión multibrazo (multilink).



Figura 17. Sistema de suspensión multibrazo (multilink)

Una variante de este tipo de suspensión es la llamada suspensión semi-independiente, la cual es utilizada en algunos automóviles de tracción delantera, esta permite un movimiento independiente limitado de cada rueda, al transmitir una acción de torsión al eje sólido de conexión. (Finjas, 2013)

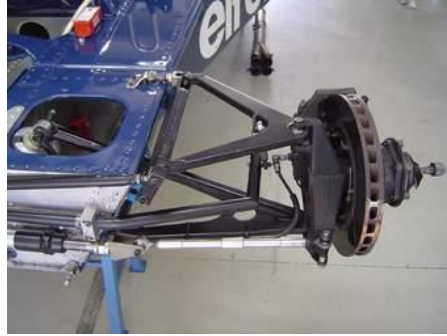


Figura 18. Sistema de suspensión semi-independiente

Múltiples son las variantes que se utilizan en cuanto a sistemas de suspensiones se refieren, por ejemplo en casi todos los autos destinados al turismo el eje delantero usa sistemas independientes, ya que permite un mejor contacto de las ruedas con el suelo al girar. La suspensión más utilizada en el eje delantero es la de tipo McPherson y sus variantes más modernas basadas en ella. Aunque el tipo de suspensión dependerá de la finalidad con la que se utilizará el vehículo. (Km77, 2013)

Sin embargo, en el eje trasero las soluciones son habitualmente más sencillas y baratas, sobre todo en los coches de gama más baja, en las que la suspensión en las ruedas traseras no es independiente. Estos tipos de suspensión, en principio, no tienen tan buen comportamiento como las independientes, pero su buena relación entre costo y comportamiento hace que sean ampliamente utilizadas. (Km77, 2013)

El Suzuki Forsa I es un auto de turismo, que en su versión inicial presentaba suspensiones poco amigables tanto delanteras como traseras, posteriormente las delanteras fueron sustituidas por suspensiones independientes tipo McPherson (Km77, 2013). Con el creciente interés del automovilismo en Ecuador este auto se ha hecho presente en los diferentes circuitos nacionales y se busca de manera permanente mejorar las características técnicas de estos autos con la

finalidad de lograr una mejor adaptación a este nuevo rol. El sistema de suspensión juega un papel fundamental en este sentido y una de las variantes más utilizada es la adición de un coilovers a la suspensión delantera. (Amores, 2013)



Figura 19. Sistema de suspensión delantera con coilovers

Un coilovers es en realidad una combinación de un amortiguador hidráulico y un resorte. Este sistema se ha utilizado en vehículos de carrera desde hace varios años. Entre sus ventajas se enumeran la facilidad ajustar la altura del vehículo, lo cual es fundamental en los autos de carrera, la estabilidad en el balanceo de la suspensión y la facilidad para cambiar los resortes, estas facilidades hacen que carros convencionales, al usar coilovers, adquieran características de un auto de carrera (Stein, 2014).

Los coilovers se dividen en dos categorías básicas: los paquetes modificados y los paquetes dedicados. Los más comunes son los modificados y sirven para modificar un amortiguador ya existente, los paquetes de coilovers dedicados, tiene una camisa soldada o ensamblada de manera permanente mediante cualquier otro método, y aquí se utiliza un amortiguador nuevo, construido específicamente para un uso determinado. (Stein, 2014).

Es por eso que teniendo en cuenta la creciente utilización del Suzuki Forsa I con fines deportivos y las ventajas del uso de coilovers en autos de carrera se decide realizar esta

investigación con el objetivo de llevar a cabo la preparación del sistema de suspensión del auto de carrera Suzuki Forsa I para participar en rallys deportivos dándole respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

¿La utilización de coilovers en la suspensión delantera beneficia al auto de carrera Suzuki Forsa I para participar en rallys deportivos?

3 DESARROLLO

3.1 Desmontaje de suspensión delantera.

Para llevar a cabo la adaptación del coilovers con fines de rally en el Suzuki Forsa I primeramente tenemos que remover o desmontar la suspensión hidráulica que presenta, en este caso el auto en cuestión, para logra este paso debemos seguir una serie de pasos que nos permitirán desmontar dicha suspensión de una forma, rápida y segura. (San, 2013)

Primeramente desconectamos la manguera de freno, para esto removimos el perno de unión y las dos empaquetaduras lo que nos permitió desconectar la manguera de freno del calibrador de freno de disco (figura 20). Posteriormente drenamos el líquido de freno en un contenedor aparte y procedimos a remover el sujetador de la manguera de freno lo que nos permitió retirar dicha manguera del soporte de freno (figura 21).

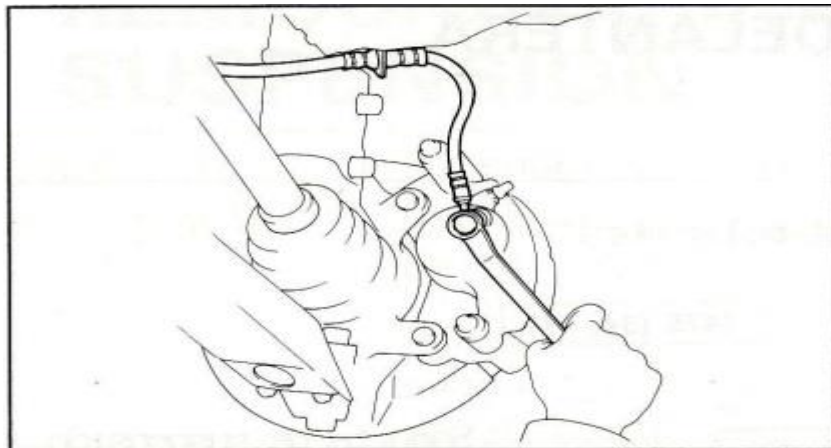


Figura 20. Desconexión de la manguera de freno.

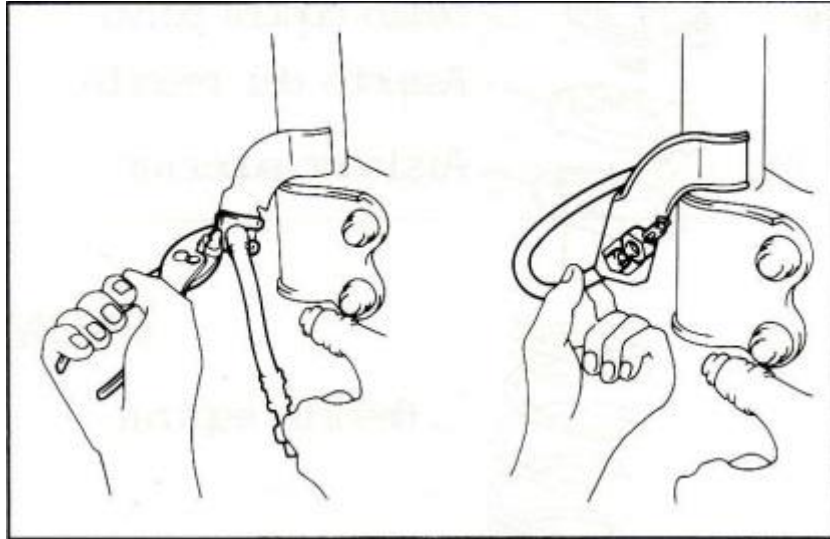


Figura 21. Maniobra de retiro de la manguera de freno.

Una vez separada la manguera de freno proseguimos retirando el amortiguador de la carrocería, (Tips, 2013) para realizar esta acción primeramente tuvimos que remover las tuercas de la parte superior del soporte de la suspensión, (figura 22), una vez removidas pudimos separar el amortiguador de la carrocería, siempre cuidando no dañar la culata del eje de mando para lo que utilizamos una tela y lo cubrimos con la misma.

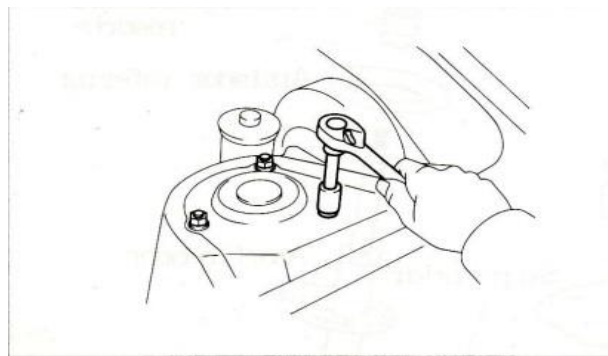


Figura 22. Separación del amortiguador de la carrocería. Paso I.

Al tener el amortiguador en nuestras manos procedimos a retirar el resorte espiral del mismo, para esto aseguramos primeramente el amortiguador a un tornillo de banco mediante un perno y dos tuercas que unieron a la porción inferior del casco del amortiguador con el tornillo de banco, lo que nos permitió asegurar el amortiguador y de esa forma prevenir daños al mismo o provocar accidentes en el sitio de trabajo. (Tips, 2013)

Una vez asegurado el amortiguador, removimos el resorte espiral utilizando una herramienta SST para comprimir el resorte espiral, (figura 23), usando esta herramienta sostuvimos el asiento o base del resorte para evitar que girara y removimos la tuerca superior, (figura 24), al realizar esta acción estuvimos en condiciones de remover el resorte de la suspensión, su asiento, el sello de polvo, los aisladores y los topes, quedando de esta forma desmontada la suspensión y listo para ser reemplazado el resorte. (Tips, 2013)

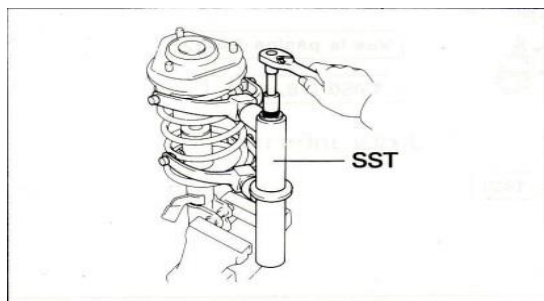


Figura 23.

Separación del amortiguador. Paso II

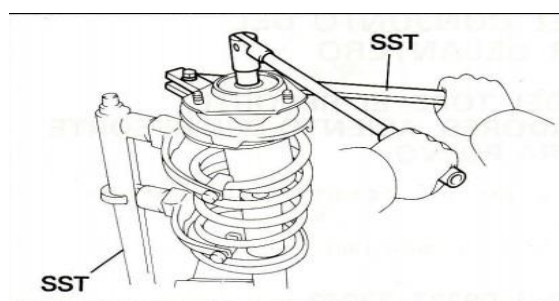


Figura 24.

Separación del amortiguador. Paso III

3.2 Preparación y montaje de coilovers en la suspensión delantera.

Al instalar un coilovers en la suspensión delantera del vehículo se debe analizar el objetivo con el cual se va a instalar la suspensión, en este caso, al ser un auto modificado para rallys deportivos se sugiere tener en cuenta las características del vehículo, el peso total, incluyendo combustible y peso del copiloto y del piloto, así como el tipo de terreno en el cual se desplazará el auto. (Urbantuning, 2012)

Estos elementos nos guiarán en la búsqueda de un resorte o muelle que cumpla los requisitos necesarios de rigidez, flexibilidad y resistencia para cada caso.

En el caso del Suzuki Forsa I, adaptado para rallys deportivos, tanto en terreno regular como irregular es necesario conocer, primeramente, el peso total del vehículo y por cada rueda, el peso total del combustible y el del piloto y copiloto. (Hernández, 2013) En el caso estudio, y como se muestra en la figura 25, el peso total del vehículo es de 904,5 Kg, lo cual incluye el peso de los 10 galones de combustible (2,88 kg por galón, total 28,8 Kg) y 140 kg que son la suma del peso del piloto y el copiloto.



Figura 25. Peso Total y por ruedas del vehículo.

Una vez que conocemos este imprescindible elemento se procede a calcular algunas variables que permitirán que el muelle o resorte cumpla o cuente con sus requisitos de funcionamiento, es necesario calcular el espacio de operación que tendrá el resorte, lo cual dependerá en gran medida de la altura del vehículo la cual deberá ser ajustable para lograr su mejor adaptación a los distintos tipos de pistas de carrera, para lograr este objetivo es necesario determinar el diámetro del alambre a utilizar (d), lo que depende del existente en el mercado. (Haggit, 2013)

Otro elemento a considerar son las fuerzas a las que estará sometido el resorte (y que depende en gran medida del peso antes determinado) y las deformidades que, juntos conforman la constante elástica, es importante igualmente conocer la precarga a la que estará sometido el resorte. Como variable en este caso utilizamos el diámetro de arrollamiento, D ($C = D/d - 6-12$). (Gil, 2002)

Igualmente se necesita conocer el tipo de servicio que brindará el resorte, el cual puede ser estático-dinámico o de tracción-compresión y como variable se utilizaría la determinación del número de espiras con la fórmula nº útil/total de espiras, N_u/N_t , los que nos dará tipo de terminación. (Eliot, 2012)

Por último se necesita conocer la tolerancia, las condiciones ambientales imperantes, la longitud natural (L_0) y los costos de los resortes en el mercado lo cual puede incidir en la decisión final del consumidor o cliente. (Eliot, 2012)

Después de determinar todas las variables antes mencionadas se decidió utilizar un resorte de 60 libras y se procedió a montar el coilovers en la suspensión delantera, tanto derecha

como izquierda del Suzuki Forsa I como se muestra en la secuencia de figuras que incluye desde la figura 26 a la figura 28.



Figura 26. Proceso de selección y preparación del coilovers.



Figura 27. Proceso de instalación del coilovers derecho



Figura 28. Proceso de instalación del coilovers izquierdo

De esta forma queda modificada la suspensión delantera del automóvil con coilovers con la posibilidad de ajustar la altura de la misma según el terreno en el que se desempeñe el vehículo.

4 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Con la incorporación del coilovers al sistema de suspensión delantera del auto Suzuki Forsa I logramos mejorar las características de este auto y la vez lo hacemos un automóvil más competitivo desde el punto de vista de seguridad, aerodinamia y adhesión a la superficie de carrera. (International, 2013)

El sistema coilovers nos brinda la facilidad de regular de forma sencilla y rápida la altura de la suspensión, lo cual juega un papel fundamental en la estabilidad y seguridad de los autos que participan en rallys deportivos. (Eliot, 2012)

Cuando el auto se disponga a participar en circuitos irregulares, como puede ser por pistas a campo traviesa o en rallys campestres se tendrá que subir la altura de la suspensión, lo que facilitará la adaptación a las irregularidades del terreno como puede ser la presencia de baches, huecos, desniveles y otras irregularidades que pueden encontrarse en este tipo de circuitos. (Jibaja, 2013)

Al aumentar la altura de la suspensión se gana en espacio entre el borde superior del neumático y las estructuras rígidas del auto, sobre todo el chasis. Al transitar por esta superficie irregular el auto tendrá mayor margen de sortear estas irregularidades sin causar golpes bruscos o daños al resto de las estructuras del vehículo.

Si al contrario, participaríamos en un rally en una ciudad, en superficie lisa y regular o un circuito diseñado para este tipo de pista es recomendable disminuir la altura de la suspensión, lo que disminuiría la distancia entre la superficie (pista) y los elementos estáticos o fijos del

vehículo. (Dark, 2008) Al lograrse este objetivo será, de forma general, menor la altura total del vehículo por lo que disminuirá la resistencia del mismo al aire, convirtiéndolo en un auto con mejores índices de rendimiento y menor resistencia al aire, lo que lo convierte en un prototipo de auto más aerodinámico. (Maíz, 2013)

Otra de las ventajas de disminuir la altura de la suspensión y a la vez disminuir la distancia entre la pista de carrera o de circulación y los elementos rígidos del automóvil es que disminuye la corriente de aire que circula por debajo del vehículo, lo que trae como resultado que la fuerza negativa que ejerce el aire al penetrar en los diversos espacios y componentes del automóvil, producto a la relación negativa del vector desplazamiento y velocidad en comparación con el vector resistencia, sea menor, sin afectar el flujo de aire que circula por los neumáticos el cual propicia el enfriamiento de los mismos y aumenta su rendimiento. (Martínez & Romero, 2012)

Otro elemento a destacar es que al disminuir la altura promedio del vehículo, la relación de las dimensiones altura y ancho del vehículo se modifican favorablemente, desplazando el centro de gravedad hacia una posición más equilibrada del vehículo lo que permite mayor adhesión a la pista de carrera o circuito en el cual se está desplazando, además propicia mayor estabilidad y seguridad sobre todo a la hora de tomar curvas cerradas, las cuales son características de estos circuitos de carrera, sin perder velocidad y propician, al disminuir la fuerza de resistencia del aire, la adquisición de velocidades mayores en menores espacios de tiempo. (Milliken & Milliken, 1995)

El uso de coilovers en la suspensión delanteras de estos vehículo brinda la posibilidad de una forma sencilla de regular la altura de la misma, lo que permite al conductor adecuar su auto

para determinadas actividades, ya sean desde el punto de vista competitivo, al participar en rallys por circuitos irregulares o regulares, o desde el punto de vista de actividades diarias.

5 RECOMENDACIÓN

Incorporar coilovers en el sistema de suspensión delantera de los autos Suzuki Forsa I destinados a rallys deportivos por las facilidades de manipulación, así como las ventajas en cuanto a rendimiento, velocidad y aerodinamia se refiere que aporta este sistema.

6 CONCLUSIONES

La incorporación de coilovers al sistema de suspensión delantera del auto Suzuki Forsa I aporta ventajas significativas al funcionamiento y rendimiento del vehículo, ya que permite su adaptación tanto al tránsito urbano como rural, facilitando de este modo su participación en eventos de velocidad tanto en circuitos regulares como irregulares, conservando los parámetros de seguridad y estabilidad y mejorando parámetros como son la resistencia al aire y la velocidad. Además la manipulación del sistema para adecuar la altura del automóvil es factible de realizar de forma ágil y sencilla.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aficionados a la mecánica (2013). Suspensión. Extraído el 15 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension9.htm>
- Alberdi Urbieto, J. Amortiguadores y suspensión. Manuales de automoción. Tecnun. 2012. Extraído el 16 de septiembre de 2015. Disponible en www.tecnun.es/automocion
- Amores León, JP. (2013). *Diseño de un Vehículo de Competencia: Fórmula SAE*. Tesis de grado la obtención del título de Ingeniero Mecánico. Universidad San Francisco de Quito.
- Arellano Parada, C. *Sistemas de suspensión y dirección del automóvil*. Centro educativo salesianos Talca. Manual modulo A-5. 2011.
- Dark, D. (2008). El auto de carreras, sus características. Extraído el 11 de agosto de 2015. Disponible en: <http://www.urbantuning.com/mecanica-carroceria-4/939-que-son-los-coi-overs-explicaditos.html>
- Dixon, J. (1996). Tires, suspension and handling. Gran Bretaña: Society of Automotive Engineers.
- Eliot, A. (2012). Diferencia entre coilovers y amortiguadores. Extraído el 21 de julio de 2015. Disponible en: http://www.ehowenespanol.com/diferencia-coilovers-amortiguadores-info_390032/
- Fingas, J. (2013). Gen Shock electricity-generating active suspension is coming to passenger cars, eventually. Extraído el 23 de agosto de 2015. Disponible en: <http://www.engadget.com/2013/09/01/zf-levant-power-active-regenerative-suspension-cars>
- Gil Martínez, D. (2002). Manual del Automóvil Reparación y Mantenimiento. Madrid: Cultural S. A.
- Guijarro Arias, AE.; Ponce Aylwin, JJ. (2009). *Diseño y construcción de un vehículo de tipo Kart Cross para rally*. Tesis de grado la obtención del título de Ingeniero Mecánico. Universidad San Francisco de Quito.
- Gutiérrez C. (2012). Suspensión rígida. La suspensión rígida en el automóvil. Extraído el 18 de agosto de 2015. Disponible en: <http://elauladelprofesorgutierrez.blogspot.com/>
- Gutierrez Quispe, D. (2013). Sistema de suspensión, dirección y frenos. Extraído el 28 de agosto de 2015. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos95/sistema-suspension-direccion-y-frenos/sistema-suspension-direccion-y-frenos.shtml>.

- Haggit, C. (2013). What is DOT in Brake Fluid? Recuperado el 24 de julio de 2015. Disponible en: http://auto.howstuffworks.com/auto_parts/brakes/brake-tests/how-to-check-brake-fluid2.htm
- Hernández, J. (2013) Guía de Mecánica Automotriz. Extraído el 19 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.etp.uda.cl/areas/>
- International, S. (2013). 2013 Formula SAE Rules. Washington: 2012 SAE International.
- Iñiguez, F. (2013). *Implementación de una suspensión neumática con control eléctrico en un vehículo*. Tesis de grado la obtención del título de licenciado en electromecánica automotriz. Universidad San francisco de Quito.
- Jibaja Rivera, CA; Larrea Naranjo, AM. (2013). *Potenciación de un Vehículo de Serie para uso Deportivo*. Tesis de grado la obtención del título de licenciado en electromecánica automotriz. Universidad San francisco de Quito.
- Km77 (2013). McPherson. Extraído el 4 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.km77.com/glosario/m/mcpherson.asp>
- Maíz Acostas, E. (2013). Conocimientos Básicos del Automóvil. La suspensión. Extraído el 21 de agosto de 2015. Disponible en: <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-37.html>
- Martínez Tayupanda, FV.; Romero Romero, DJ. (2012). *Preparación repotenciación del motor de un vehículo Suzuki Forza 993 CM3 para competición*. Tesis de grado la obtención del título de Ingeniero Automotriz. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Mecánica y motores (2013). Sistema de suspensión. Extraído el 11 de septiembre de 2015. Disponible en:
<http://www.mecanicaymotores.com/sistema-de-suspension.html>
- Milliken, F.; Milliken, D. (1995). Race Car Vehicle Dynamics. EEUU: SAE international.
- Mogul, J. (2014). Información técnica y automotriz. Extraído el 11 de Septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.itacr.com/boletin29.html>
- Nigrinis Velandia, R. (2012). Chevrolet Sprint. Extraído el 23 de julio de 2015. Disponible en: http://www.carrosyclassicos.com/historia/352/chevrolet_sprint#.Vc0SzLU5A5O
- Nigrinis Velandia, R. (2014). El Recordado Chevrolet Swift. Extraído el 23 de julio de 2015. Disponible en: http://www.carrosyclassicos.com/historia/755/_chevrolet_swift#.Vc0SzrUsA5M

- Norauto. (2007). Suspensión. Recuperado el 9 de septiembre de 2015, de Norauto: <http://www.norauto.com.ar/moduloMecanicaProd01.php>
- San Zapata, J. (2013). Diseño de Elementos de Máquinas I. Piura: EUMED.
- Stein, A. (2014). La forma y la función de una suspensión coilovers. Extraído el 4 de agosto de 2015. Disponible en : http://www.ehowenespanol.com/forma-funcion-suspension-coilover-hechos_358198/
- Tecnoautos. (2011). Ficha técnica del carro marca Chevrolet Sprint. Extraído el 17 de agosto de 2015. Disponible en: <http://tecnoautos.com/automoviles/fichas-tecnicas/ficha-tecnica-del-chevrolet-sprint-ensamblado-en-1985/>
- Tips automotriz (2013). Como cambiar los amortiguadores. Extraído el 17 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://tipsautomotriz.blogspot.com/2012/12/como-cambiar-los-amortiguadores.html>
- Todomecánica. (2012). Recopilación sobre la historia del automóvil. Recopilado el 29 de agosto de 2015. Disponible en: <http://www.todomecanica.com/otros-documentos/historia-automovil.html>.
- Urbantuning. (2012). Que es un coilovers. Extraído el 15 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.urbantuning.com/mecanica-carroceria-4/939-que-son-los-coilovers-explicaditos.html>
- Vanegas, L. (2011). Diseño de resortes. Extraído el 11 de septiembre, 2105. Disponible en: http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/PresCap9_Res.pdf
- Zambrano, J. (2015). Top 10 de GM-Chevrolet en Colombia. Extraído el 18 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.terra.com.co/automovil/articulo/html/aum1044.htm>