



# Sistema de suspensión activa neumática para vehículo Ford F-350 de suspensión convencional

## Active pneumatic suspension system for Ford F-350 vehicles with conventional suspension

**I Adolfo Mauricio Lohse Rojas**

*Ingeniero en Mecánica Automotriz y Autotrónica por la Universidad para el Desarrollo y la Innovación (UDI), Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.  
mauriciolohse@gmail.com*

*Recibido: 31/05/2023*

*Aprobado: 02/06/2023*

### RESUMEN

**L**a investigación fundamenta la propuesta de adaptación de un sistema de suspensión activa neumática a los vehículos de la marca Ford F-350, que originalmente cuentan con un sistema de suspensión convencional. Como pasa en la mayoría de los vehículos, más específicamente en los Ford F-350, se notan diversos problemas en el funcionamiento general de la suspensión. El propósito de este proyecto es mejorar la seguridad y confort de los conductores de vehículos Ford F-350, según las especificaciones

técnicas y mecánicas de la marca. Técnicamente se busca, al agregar nuevos componentes al sistema de suspensión original, que el vehículo obtenga una mejoría en la estabilidad de manejo y que conserve un comportamiento mecánico que no afecte su funcionamiento mecánico de fábrica, para mantener al vehículo lo más cercano posible a su versión original.

**Palabras clave:**

*Seguridad, confort, tecnología, neumática.*

### ABSTRACT

**T**his research supports the proposal of adapting an active pneumatic suspension system into the Ford F-350 model vehicles that come equipped with a conventional suspension system. As it normally happens in most vehicles, more specifically the Ford F-350, quite a few problems are noticed regarding the general functioning of the suspension. The objective of this project is to improve the safety and comfort of drivers of the Ford F-350 vehicles according to technical and mechanical

manufacturer's specifications. Technically, by adding new components to the original suspension system, we aim to improve driving stability while, at the same time, maintaining mechanical behavior that does not affect the vehicle's mechanical functioning and keeping it closest to the manufacturer's version.

**Keywords:**

*Safety, comfort, technology, pneumatics.*

## INTRODUCCIÓN

Este estudio aborda el problema de la incorporación de un sistema de suspensiones neumáticas como elemento atenuador de los golpes y amortiguación de un vehículo Ford F-350, mediante la implementación de un esquema de suspensión neumática que toma como elementos principales un muelle de aire, un depósito y un conducto uniendo ambos elementos. El modelo es simulado con herramientas de análisis a través de un software para obtener características de la suspensión tales como la rigidez, amortiguamiento y respuesta dinámica. Los datos analíticos son validados con los ensayos realizados sobre un primer testeo de un modelo de suspensión propuesto. Los resultados materializan una serie de recomendaciones acerca del diseño óptimo de la suspensión, es decir, del dimensionamiento de sus elementos. El objetivo principal es lograr una mayor seguridad y confort para los conductores con la implementación de una suspensión activa neumática y, con los elementos de que esta dispone, garantizar mejoras sustanciales en el funcionamiento original del vehículo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Teniendo en cuenta que se trata de un proyecto de investigación y desarrollo, partimos del argumento inductivo en el caso de la revisión de los diseños existentes y la adaptación a uno nuevo, para así desarrollar el conocimiento y describir su funcionamiento para fundamentar la propuesta. Por ello, el método de investigación es de carácter inductivo y también se utilizó el método experimental de recopilación de información, que se puso en práctica en la etapa de prueba del proyecto. Se tomó como sistema estable de suspensión, aquel que no degrade la función de transferencia en ninguna de las llantas en recta o viraje durante el movimiento del vehículo, y que no afecte la función de transferencia, es decir, que el sistema de suspensión mantenga las cuatro ruedas en contacto permanente con la superficie.

Por otra parte, el sistema pasivo de suspensión bandea en viraje, por lo cual se determina la estabilidad normal mientras el vehículo pase la mayoría del tiempo tendiendo a la posición horizontal en rodaje, de modo que en la carrocería del vehículo se efectúa la compensación de las fuerzas de inercia tangentes

al giro del vehículo, produciendo así que mejore la estabilidad.

Cabe recalcar que el sistema de suspensión activa no influye en el giro de la llanta, solo compensa el bandeo lateral provocado por la inercia del giro. En el caso del sistema propuesto se simula el factor de inclinación lateral de la carrocería por medio de un acelerómetro del cual se tomaron: rango 0 ideal, sección media de rampa al 50% y sección final de rampa tendiendo al 100%, por medio de un volante de PC.

Se muestran por medio de un cuadro comparativo las diferentes mejoras propuestas por un sistema activo de suspensión. Como se observa en la Tabla 1, las ventajas y mejoras que el sistema de suspensión activa presenta potencian el mismo sistema mecánico a una expresión más alta refiriéndose así a la ganancia en cuanto a estabilidad y contacto superficial en lo que a las cuatro ruedas se refiere. Por otra parte, la tabla muestra las ventajas de conducción y control que el humano tiene sobre el sistema.

Cuadro comparativo Suspensión pasiva vs. Suspensión activa		
Detalle en parámetros de estabilidad	Suspensión activa	Suspensión pasiva
Estabilidad en viraje	No se degrada	Se degrada al menos en una rueda
Estabilidad en recta	No se degrada	No se degrada
Viraje en velocidad	No se degrada	Tiende a perder equilibrio por acción de la inercia
Controlabilidad de manejo	Mayor	Regular (Normal)
Posición de carrocería en curva	Mayor	Regular (Normal)
Adherencia de la superficie en las 4 ruedas	Mayor	Regular (Normal)
Tendencia al vuelco	Regular	Mayor
Desempeño en curvas progresivas o constantes	Mayor	Regular (Normal)

Tabla 1: Comparación entre suspensión activa y pasiva



Figura 1: Mapa conceptual del diseño de la investigación

## ESTRATEGIAS Y MÉTODOS

La información necesaria se obtuvo mediante la aplicación de estrategias de consulta sistemática de las fuentes y testeo sistemático de la población, utilizando las técnicas siguientes:

- Entrevistas a especialistas de los diferentes talleres de Santa Cruz de la Sierra y a docentes de la especialidad.
- Revisión bibliográfica documental, se consultaron libros y manuales de construcción de prototipos de cuadríciclos y monociclos, respectivamente, que aportaron información necesaria o datos técnicos sobre materiales, motores, diseños de armazones, sistemas de seguridad en el funcionamiento, estructura y desplazamiento de estos vehículos.
- Encuestas aplicadas a una muestra de las personas residentes en Santa Cruz de la Sierra, que desean cambiar los sistemas de suspensión de su vehículo a uno neumático.
- Método experimental de recopilación de información sobre funcionamiento, que se puso en práctica en la etapa de prueba del proyecto.

Sobre estas premisas se fundamenta el diseño de una propuesta de sistema de suspensión neumática, conforme a las especificaciones técnicas, mecánicas y de seguridad específicas, que cumpla con estándares de calidad y seguridad internacionales.

## RESULTADOS

### Respuesta en curva

Para analizar el comportamiento transversal del vehículo en curva, se partió de un modelo similar, pero en este caso, la excitación se supone que es un par M aplicado alrededor del centro de gravedad de la carrocería y no existe irregularidad en el suelo.

En la Figura 2, se muestra el ángulo de balanceo de la carrocería durante los cuatro primeros segundos. Se observa cómo, en el período transitorio, se alcanza un valor máximo del orden de 0,287 radianes (4,98°), mientras que en la respuesta permanente se sitúa en torno a 0,157 radianes (3,26°).

Se observa también, cómo al cabo de los cuatro segundos, la carrocería se balancea ya muy poco y puede considerarse que, a partir de este tiempo, se entra en el régimen permanente y la carrocería no se mueve.

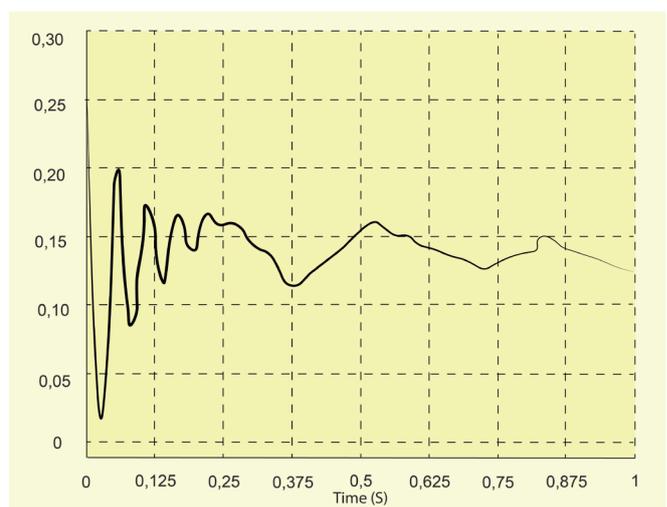


Figura 2: Ángulo de entrada de vehículo

### Cálculos de la masa de la suspensión

Masa de la suspensión

- Masa suspendida: chasis, carrocería, motor, transmisión
- Masa no suspendida: neumático, llanta, amortiguador, muelle y frenos.

° Peso no suspendido Ford F-350

- Eje delantero

Elementos	Cantidad	Peso Kg (100%)	Peso Kg (50%)
Bandeja Superior	2	4Kg	2Kg
Bandeja Inferior	2	4Kg	2Kg
Brazo de dirección	2	1Kg	0.5Kg
Amortiguador	2	4Kg	2Kg
Sistema de frenos	2	10Kg	5Kg
		$\Sigma = 23 \text{ Kg}$	$\Sigma = 11.5 \text{ Kg}$

Tabla 2: Componentes y peso del eje delantero

Rueda (llanta=12 Kg); (neumático=16 Kg)

Fórmula:

Peso total de la rueda + suma del 50% del peso total de los componentes

= (28 + 11,5) Kg = 39,5 Kg (Peso de masa no suspendida)

- Eje trasero

Elementos	Cantidad	Peso Kg (100%)	Peso Kg (50%)
Ballestas	2	92Kg	46Kg
Frenos	2	20Kg	10Kg
Amortiguador	2	4Kg	2Kg
Eje diferencial	1	185Kg	92,5Kg
		$\Sigma = 291 \text{ Kg}$	$\Sigma = 145.5 \text{ Kg}$

Tabla 3: Componentes y peso del eje trasero

Rueda (llanta =12 Kg); (neumático =16 Kg)

Formula:

Peso total de la rueda + suma del 50% del peso total de los componentes

= (28 + 145,5) Kg =173,5 Kg (Peso de masa no suspendida)

° Peso no suspendido Total Ford F-350

Fórmula:

Masa eje delantero + masa eje trasero

Mt = 39,5 Kg + 173,5 Kg

Mt = 213 Kg

° Peso suspendido Total Ford F-350

Mst = Peso total vehículo - Peso no suspendido

Mst = 3050 Kg - 213 Kg

Mst = 2837 Kg.

Al analizar los distintos comportamientos de la suspensión se observaron diferencias bastante notorias y significativas tanto en la suspensión pasiva como en activa.

### Reducción de cabeceo del vehículo

En la siguiente tabla podemos observar la reducción de cabeceo del vehículo, comparando datos de la suspensión activa y pasiva.

	Suspensión pasiva	Suspensión activa (neumática)
Valor máximo del Angulo de cabeceo (°)	2.59	1.07
Porcentaje de reducción	58.5%	

Tabla 4: Porcentaje de reducción de cabeceo del vehículo

Cabeceo del vehículo - grados

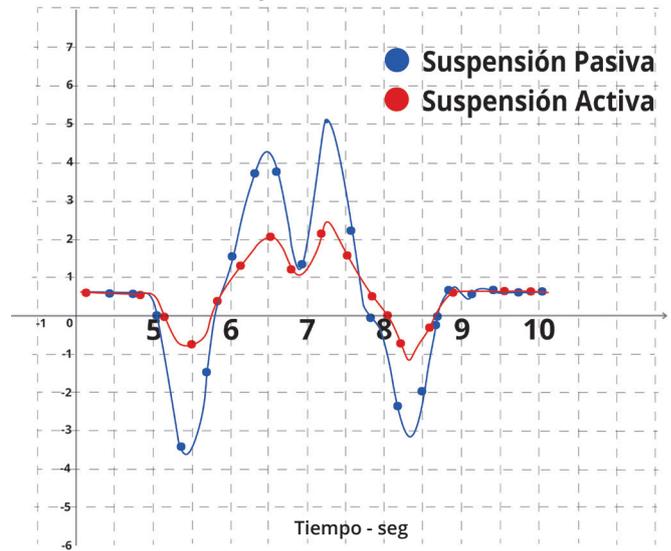


Figura 3: Comparación del cabeceo de suspensión pasiva con activa

## DISCUSIÓN

Estudiar el comportamiento de la suspensión de un vehículo es muy importante, no solo para nosotros sino para toda la sociedad, ya que va a mejorar la seguridad activa de los vehículos, factor que juega un papel esencial para la seguridad de las personas, evitando el riesgo de accidentes automovilísticos, y logrando también optimizar el confort de los ocupantes de vehículos.

Una vez implementado el modelo de suspensión neumática, se pudo comprobar de qué manera influyen en el comportamiento de la suspensión tanto las distintas variables de perturbación, como la propia morfología de la unidad experimental. Es importante recordar cómo afectan las irregularidades del terreno, las cuales influyen directamente sobre el sistema y en sí en el actuado, debido a que este puede sufrir variación de presión.

## RECOMENDACIÓN

Realizar un estudio de las características del vehículo antes de la implementación y ver pruebas en carretera para realizar un estudio más detallado del sistema de suspensión que posee el vehículo, que permita verificar si realmente es factible realizar esta adaptación.

---

## Bibliografía

- Ediciones CEAC. (1995). *Manual de Suspensiones Pasivas*. España: Editorial Grupo CEAC.
- Ediciones CEAC. (2005). *Manual de Sistemas Activos*. España: Editorial Grupo CEAC.
- Ediciones CEAC. (2007). *Manual de Suspensiones Activas*. España: Editorial Grupo CEAC.
- Davis, L., Keytanjian, F., Gispert, C., Gispert, D., Diez, A. y Chilton Book Company. (2003). Chilton: *Manual de reparación & mantenimiento de automóviles*, España: Editorial Océano Centrum.
- Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería & Agrimensura (2005). *La mecánica automotriz en la actualidad*. Argentina: Editorial Universidad Nacional de Rosario.
- Filippini, G. (2000). *Estudio del comportamiento dinámico de vehículos terrestres*. Argentina: Editorial Semantic Scholar.
- Gonzales, R. (15 de febrero de 2007) *Suspensión electromagnética Bose*. (comportamiento de la suspensión activa). <https://bloggderaulito.wordpress.com/?s=suspension+bose>
- Haynes, J. (1995). *Manual Austin Morris de Ensamblajes Mecánicos*. Inglaterra: Editorial Haynes.
- Haynes, J. (1995). *Manual de Ensamblaje de Sistema Citroën*. Inglaterra: Editorial Haynes.
- Haynes, J. (1999). *Manual de Ensamblaje Toyota*. Inglaterra: Editorial Haynes.
- Haynes, J. (2004). *Manual de Ensamblaje Fiat*. Inglaterra: Editorial Haynes.
- Haynes, J. (2005). *Manual Citroën de Ajustes y Calibración de Suspensiones pasivas y activas*. Inglaterra: Editorial Haynes.
- Hernández Valencia, J. (2003). *Sistemas de suspensión, amortiguación & dirección*. Chile: Editorial Fundación de Atacama.
- Lira M. (2018). *Memo Lira*. <https://memolira.com/breaking-news/suspension-independiente-todo-lo-que-debes-saber/>
- Mayz Acosta, E. (2001). *Conocimientos Básicos del Automóvil*. México: Editorial Andri Castañeda.
- Pérez, A. (1994). *Colección temática automotriz*. España: Editorial Paraninfo.
- Tixce, C. (2016). *Motor Racing*. <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/la-suspension-automotriz-y-su-funcion/>
- Vidal, J. (2006). *Enciclopedia mentor interactivo*. España: Editorial Grupo Océano.