

Capítulo 1.

Introducción y objetivos

1.1. Amortiguador Macpherson

El automóvil es el medio de transporte más empleado en la actualidad, tanto para el transporte de personas como de mercancías. El confort y las perturbaciones que existen en el habitáculo dependen del tipo de carga. Así, por ejemplo, cuando la carga transportada son personas, se requieren pocas perturbaciones y vibraciones, mientras que si la carga es inanimada puede admitirse un mayor grado de perturbaciones. Aún así, la tendencia actual es la de eliminar en lo posible las vibraciones que se producen en el habitáculo del automóvil sea cual sea la carga.

La suspensión de un vehículo tiene como cometido absorber las vibraciones producidas por las desigualdades del terreno sobre el que se desplaza y a la vez mantener las ruedas en contacto con el pavimento, proporcionando un adecuado nivel de confort y seguridad en la marcha protegiendo a su vez la carga y la propia estructura del automóvil.

Los elementos más importantes de las suspensiones son los amortiguadores. Éstos se diseñan además de para obtener un comportamiento dinámico, en función de unas necesidades constructivas, para que sean capaces de asegurar un funcionamiento adecuado durante su vida útil, sin que se produzca el fallo en los mismos. En este último aspecto, la geometría de los componentes del amortiguador y su resistencia juegan un papel fundamental, ya que pequeños cambios en ambos factores pueden cambiar sustancialmente el comportamiento a fatiga del amortiguador. Las múltiples soluciones geométricas y constructivas que existen hacen que el proceso de diseño sea complicado y tedioso. Las tendencias modernas hacen que cada día se requieran componentes menos pesados, procesos de construcción más baratos y soluciones más arriesgadas, con lo que el proceso de diseño y preparación gana en importancia. Actualmente, las herramientas que se utilizan para el diseño de amortiguadores están basadas en métodos numéricos, concretamente en el Método de los Elementos Finitos, que permiten evaluar tensiones y deformaciones principalmente, antes de realizar un prototipo para su validación experimental, pudiendo así realizar modificaciones, reduciendo costes y tiempo en el proceso de diseño.

Uno de los aspectos más importantes en el diseño de un amortiguador es la elección de los materiales que componen los elementos. Hoy día, la variedad de materiales hace que el comportamiento de los componentes mecánicos sea muy diverso, existiendo múltiples opciones, cuya elección no se basa sólo en los criterios de funcionamiento del material, sino también en criterios de fabricación y montaje. Las características propias del material, su curva de comportamiento y acabados superficiales son claves en el diseño de elementos mecánicos para la industria de la automoción.

Este informe se centrará en el estudio en un sistema de suspensión tipo *Mcpherson*, cuya geometría se representa en la figura 1.1-1.

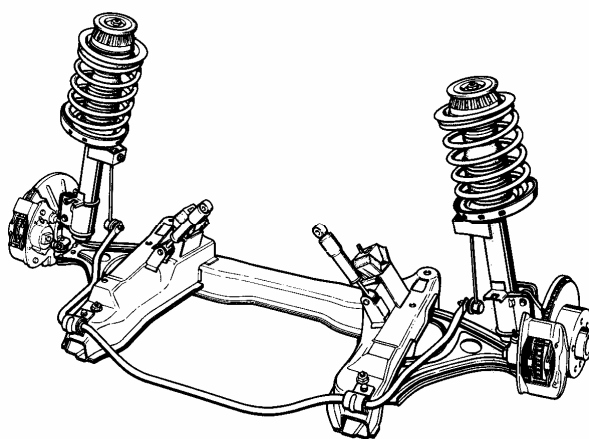


Fig. 1.1-1. Sistema de suspensión tipo *MacPherson*.

1.2 Tipos de unión. Justificación de las uniones con ajuste a presión

Los procedimientos más utilizados para el ensamblaje de piezas suelen ser ajustes a presión y soldadura (véanse las figuras 1.2-1 y 1.2-2). En relación a la vida a fatiga de los componentes, las uniones por soldadura pueden producir concentradores de tensión, pudiendo hacer que dicha vida a fatiga disminuya.

Parece lógico pensar que los ajustes a presión pueden ser una buena solución, ya que reducen costes y aceleran el proceso de montaje. Por contra, un ajuste a presión no exime de la existencia de tensiones residuales propias del proceso de montaje. Además el deslizamiento relativo entre las piezas puede dar lugar a un tipo de fallo conocido como *fretting fatigue* que disminuye considerablemente la vida útil de las piezas.

El estudio que se realiza en este documento es un análisis de una determinada solución constructiva para amortiguadores *MacPherson*. Dicha solución propone un diseño de ajuste a

presión entre el asiento y el tubo del amortiguador, cuando tradicionalmente se venía usando una unión soldada, como se representa en las figuras 1.2-3 y 1.2-4.



Fig. 1.2-1. Unión soldada de asiento y tubo.



Fig. 1.2-2. Ajuste a presión de abrazadera y tubo.



Fig. 1.2-3. Amortiguador *MacPherson*. Unión soldada entre el asiento y el tubo.

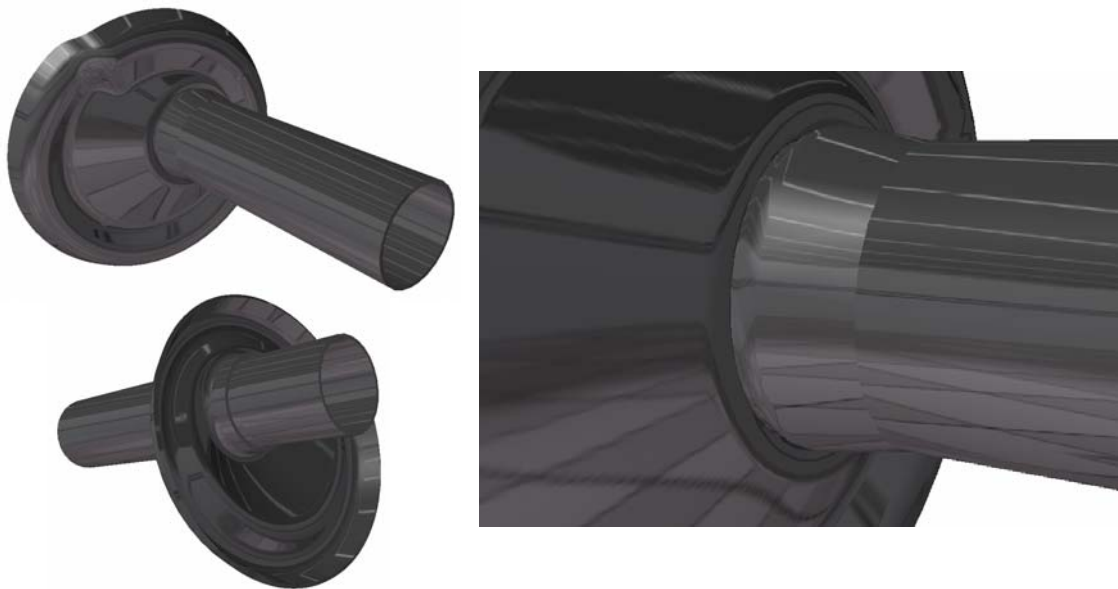


Fig. 1.2-4. Imagen virtual de un amortiguador *MacPherson*. Unión a presión entre el asiento y el tubo propuesta.

Este análisis permitirá la reducción del número de ensayos a efectuar para tener unas garantías suficientes en cuanto a la resistencia de dicha unión. Por muy precisos que sean los estudios numéricos que se realicen para estas uniones, los ensayos experimentales son siempre convenientes para la verificación de resultados y la comprobación de la funcionalidad del método. Ello es debido al empleo de diversas hipótesis y criterios en los estudios numéricos y a la existencia de determinadas variables experimentales asociadas a la realidad práctica de los ensayos y del uso final de los elementos.

Los amortiguadores de tipo *MacPherson* poseen la característica de soportar sobre sí mismos todo el peso del vehículo sin disponer de otro medio de apoyo, es decir, combinan labores portantes y de suspensión. Este factor aumenta en mayor medida el interés de un detallado estudio de resistencia de sus elementos constitutivos.

De acuerdo con el modo de funcionamiento del amortiguador, es preciso realizar un análisis dinámico para determinar los posibles fallos. Se analizará la posibilidad de rotura dúctil durante el montaje y por fatiga durante el funcionamiento. En cuanto a la posibilidad de fallo por deformación plástica, el problema que se plantea es el correspondiente a la obtención de una geometría deformada no apta para cumplir con su funcionalidad, alcanzándose plastificaciones localizadas de valor importante. El fallo por fractura será el más preocupante en lo referente a la seguridad y será debido generalmente a un proceso de fatiga, según el cual se produce la iniciación de una grieta en un punto crítico (normalmente por concentración de tensiones) y el crecimiento de la misma. La problemática asociada a este tipo de fallos por fractura se fundamenta en la brusquedad del mismo, lo que plantea una mayor precaución en su estudio dada la gravedad de los accidentes que pueden derivarse en dicho caso.

A continuación se indican las razones que motivan el estudio de la nueva unión, así como sus características, ventajas e inconvenientes.

La alternativa por la que se ha apostado como posible solución consiste, sencillamente, en llevar a cabo la unión mediante un ajuste a presión. Esto se consigue con la fabricación del tubo y del asiento de tal forma que en la zona de unión exista una cierta interferencia, como puede observarse en la figura 1.2-5. Por otra parte, la propia realización de este proceso de unión conllevará un menor coste económico, ya que la soldadura por arco de los componentes lleva asociada una gran complicación del procedimiento y el ajuste a presión no tendría en principio mayor dificultad que la de aplicar una cierta fuerza adecuada en el asiento manteniendo sujeto el tubo por uno de sus extremos. Los inconvenientes que existen al cambio del método de unión son la existencia de tolerancias de fabricación (que en este caso tienen mucha mayor importancia) y la falta de experimentación en este sentido.

En cuanto a la interferencia comentada, su valor deberá ser suficientemente alto para que permita la aplicación de las cargas normales de uso sin que haya unos desplazamientos considerables (deben ser prácticamente nulos) en la zona del ajuste. Por otra parte, no podrá ser demasiado elevada para no provocar tensiones en el material que puedan dar lugar al fallo de alguno de los elementos.

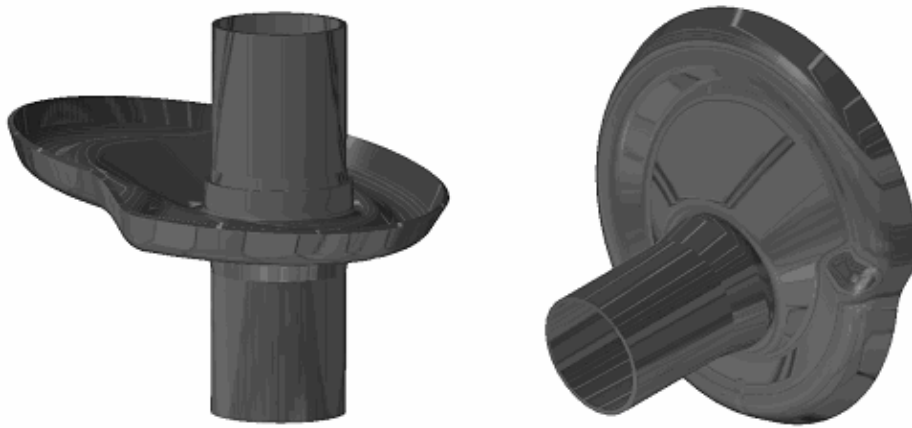


Fig. 1.2-5. Unión propuesta (ajuste a presión).

1.3 Objetivos del proyecto

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de una aplicación informática que permita el análisis de la unión entre el tubo y el asiento de un amortiguador *Mcpherson* por medio de un ajuste a presión. Se permite al usuario de la aplicación la construcción de diferentes geometrías, mediante la variación de algunos parámetros del modelo, aunque siempre siguiendo unos patrones que conforman las geometrías de los componentes del amortiguador, así como el uso de distintos materiales. Con ello se pretende verificar su validez y limitaciones, así como evaluar las características asociadas al proceso de montaje y a su posterior uso en el automóvil. Se estudiarán por tanto el proceso de inserción del asiento en el tubo así como el proceso de carga cíclica.

Los objetivos a satisfacer en este proyecto son los siguientes:

- 1º) Caracterizar de forma detallada el estado tensional del asiento y del tubo al final del proceso de inserción y en las sucesivas cargas y descargas.
- 2º) Estudiar la posibilidad de rotura dúctil de los componentes.
- 3º) Determinar la resistencia a fatiga de los componentes.

4º) Argumentar a partir de los resultados si es posible o no este tipo de unión a presión para la geometría y los materiales seleccionados.

Es importante tener en cuenta que las conclusiones que se obtengan están íntimamente ligadas a las características del contacto (interferencia y rozamiento) y a las propiedades de los materiales, de manera que cualquier modificación en este sentido requerirá un nuevo análisis de la situación.

De acuerdo con la dificultad asociada a la realización de este proyecto, es preciso plantearse en primer lugar la metodología a seguir para desarrollar el estudio completo de una manera óptima. Los pasos que se llevarán a cabo son los siguientes:

- Análisis del problema desde un punto de vista general, teniendo en cuenta todas las propiedades y características del proceso y evaluando la influencia de todos los fenómenos que entrarán en juego. Algunos de estos fenómenos son: el contacto entre los dos elementos, la existencia de plastificación generalizada en determinadas zonas, el efecto del rozamiento durante los procesos de inserción y de carga cíclica, etc. Cada una de estas particularidades será estudiada con precaución, sobre todo en lo que se refiere a la aplicación correspondiente que se tiene en la unión. Por otra parte, este análisis general del problema permitirá tomar decisiones sobre los parámetros a tener en cuenta y los procesos de carga a resolver. Ello se refiere a la elección del modo de realizar la inserción y del valor de la carga y el número de ciclos en el proceso de carga y descarga, así como de las variables de interés de las que se obtendrán resultados y conclusiones útiles para la validación de la unión por ajuste a presión.
- Análisis de la forma de abordar el estudio mediante elementos finitos. Una vez que se tiene claro qué se pretende estudiar y las consideraciones necesarias para ello, se procede a la implementación del problema en un programa comercial de elementos finitos, en este caso ANSYS®, lo que requiere un conocimiento importante de la forma de trabajo y resolución de dicho programa, sobre todo en lo relacionado con los fenómenos presentes en el problema que se va a analizar.
- Postprocesado de los resultados, según los criterios de resistencia seleccionados y las magnitudes de mayor importancia. Los resultados que se obtienen de los diferentes modelos se emplearán para determinar la validez de la unión y las zonas más desfavorables de la misma. Durante la inserción del asiento en el tubo se

estudiará el valor de las tensiones que aparecen como consecuencia de la interferencia entre ambos elementos, determinando si sus valores pueden dar lugar a la saturación estructural de alguno de los componentes. Con el proceso de carga cíclica se analizará la evolución de las tensiones y deformaciones para determinar la resistencia a fatiga de los elementos y se evaluará la existencia de contacto con o sin deslizamiento en la unión como consecuencia de la aplicación de la carga de ensayo.

Un último paso a tener en cuenta en el análisis de la unión sería la verificación experimental de los resultados numéricos. Esto excede de los límites del proyecto, pero será comentado brevemente debido a su importancia. Después de la resolución numérica del problema de la unión mediante ajuste a presión, sus conclusiones deben ser comprobadas por medio de ensayos experimentales, que consistirán en el proceso de montaje del tubo y el asiento del amortiguador y en la aplicación de una carga cíclica sobre el asiento para comparar la vida real de la unión con la obtenida numéricamente. Estos ensayos se efectuarán en un cierto número de uniones con ajuste a presión (de las mismas características y dimensiones que las estudiadas) y sus resultados deberían ser similares a los obtenidos tras el estudio numérico. De esta manera, se podrá validar el análisis numérico empleado, lo que permitirá reducir en gran medida el número de ensayos necesarios para poder garantizar la seguridad de la unión.