

## Capítulo 2.

### El amortiguador

#### 2.1. Presentación

Actualmente la inmensa mayoría de los automóviles han adoptado la suspensión independiente para cada rueda delantera suprimiendo el eje rígido, algunas veces también se hace lo mismo con las ruedas traseras. La principal ventaja de este tipo de suspensión es que disminuye el peso no suspendido, es decir, el peso cuyos movimientos no son amortiguados por los muelles. Cuanto más pequeño es éste, menores resultan los impactos transmitidos a los pasajeros cuando las ruedas pisan las desigualdades de la vía. Por otra parte las ruedas no se comunican mutuamente las vibraciones e impactos que sufren, permanecen más tiempo en contacto con el terreno, siendo la marcha más segura y confortable.

En una suspensión *MacPherson*, los brazos de suspensión inferiores, 1, están unidos, a través de una rótula a una mangueta, 2. Ésta se prolonga con un tubo, 3, en cuyo interior se aloja y fija un amortiguador telescópico (ver figura 2.1-1) cuyo extremo superior, con interposición de una cazoleta y un taco elástico, se fija a la carrocería. El muelle helicoidal, 5, se sitúa entre dicha cazoleta y un asiento, 4, fijo al tubo. Los brazos de suspensión inferiores suelen estar relacionados por una barra estabilizadora, 6.

Los amortiguadores *MacPherson* realizan una doble función, portante y de amortiguamiento (ver figura 2.1-2). Por ello, las cargas que soportan son axiales, principalmente debidas al movimiento vertical del vehículo, y transversales, debidas a los esfuerzos en frenadas, giros, etc.

Las partes más relevantes de un amortiguador *MacPherson* convencional se muestran en la figura 2.1-3.

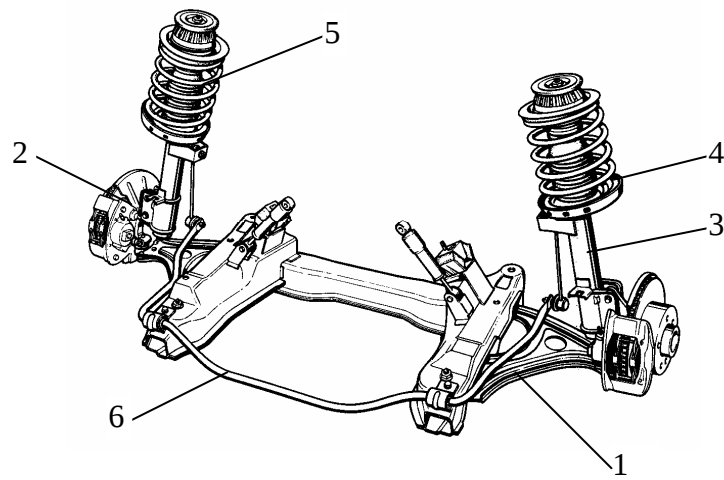


Fig. 2.1-1. Suspensión tipo *MacPherson*.



Fig. 2.1-2. Amortiguador hidráulico de tipo telescópico.

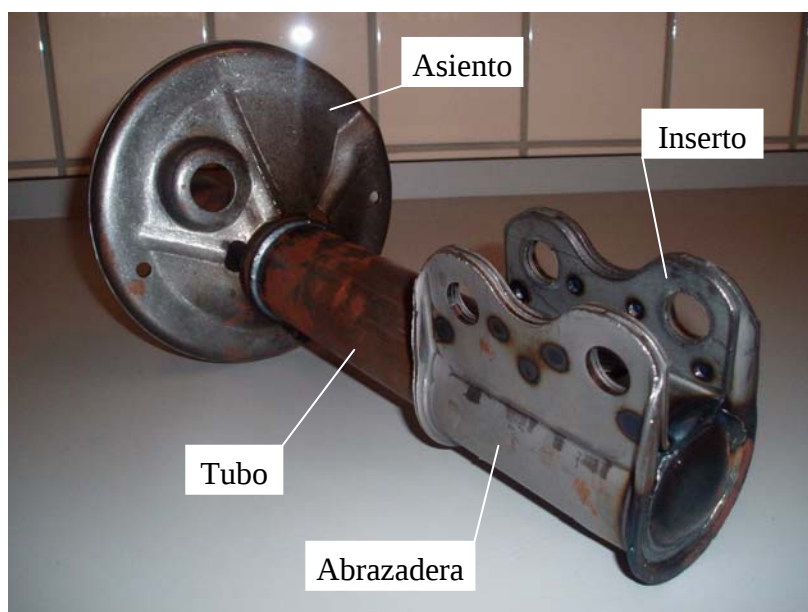


Fig. 2.1-3. Partes de un amortiguador *MacPherson*.

Como se ha comentado, la opción utilizada en el diseño analizado para la unión entre asiento y tubo es una unión a presión, como se muestra en la figura 2.1-4.

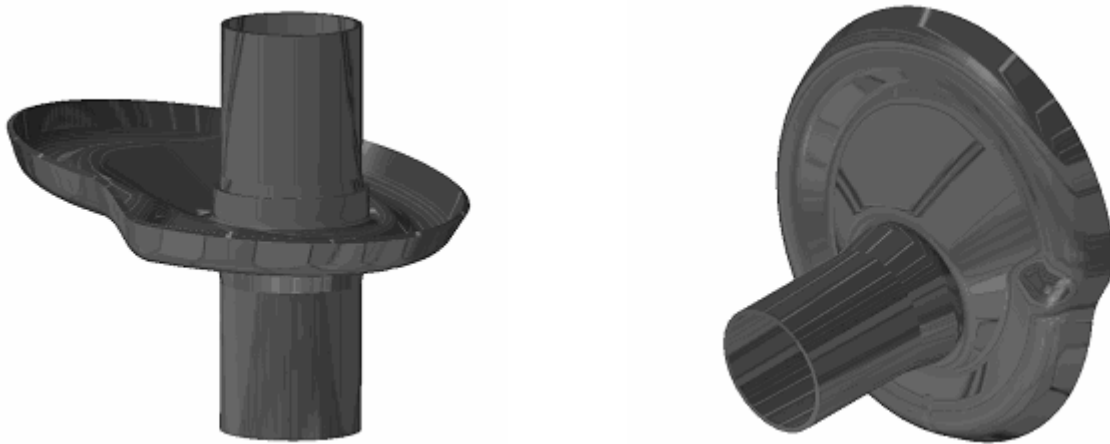


Fig. 2.1-4. Solución propuesta

## 2.2 Elementos constitutivos

Los principales componentes de la suspensión son: el tubo, el amortiguador, el asiento, el muelle, la abrazadera y el inserto. Aquéllos que van a ser considerados en este proyecto son el tubo, que envuelve el amortiguador, y el asiento, sobre el que se apoya el muelle. Sus características, tanto geométricas como mecánicas, serán diferentes de acuerdo con su función, su modo de empleo y su proceso de fabricación, siendo ambos elementos de acero. En la zona en la que tendrá lugar el ajuste a presión, de manera que entre ambos existe una cierta interferencia para garantizar la funcionalidad de la unión.

### 2.2.1. El asiento

La geometría del asiento (o cazoleta) es bastante peculiar y no presenta simetría ni siquiera con respecto al plano medio: existe un cambio brusco de pendiente en dirección circunferencial necesario para servir de asiento al muelle de manera adecuada. Su forma podría asemejarse a la de un plato circular con un agujero también circular no concéntrico con la circunferencia exterior, y con un reborde en dicho agujero, a modo de superficie de contacto. Por otra parte, la forma de este reborde es tal que, una vez montado el conjunto, el eje del tubo no es perpendicular a la superficie del plato, sino que existe una cierta inclinación, puesto que el eje del muelle no tiene la misma dirección que el amortiguador. La obtención de la forma final del asiento se consigue a través del conformado en caliente de una “chapa” plana

mediante una matriz. Su espesor es constante en todos los puntos y su geometría se representa en la figura 2.2.1-1.

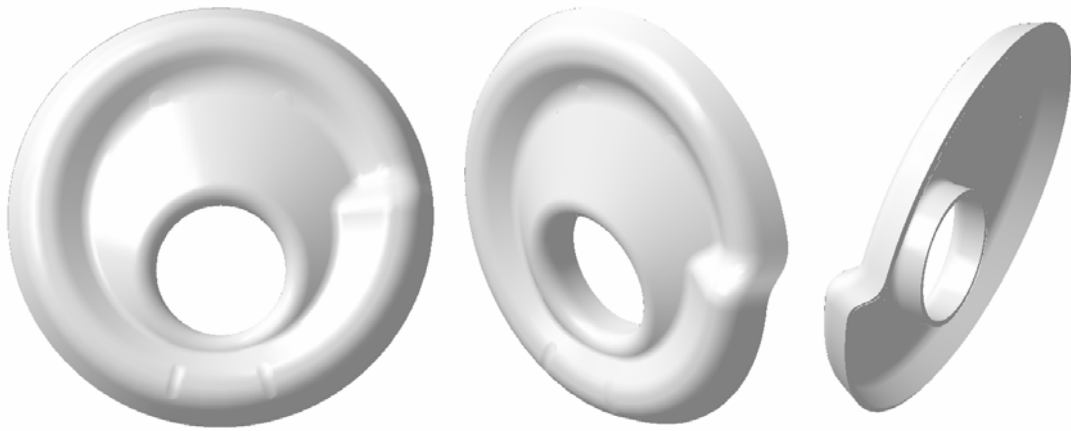


Fig. 2.2.1-1. Elementos constitutivos: el asiento.

### 2.2.2. El tubo

La geometría del tubo posee simetría de revolución. Partiendo de un tubo cilíndrico al que se somete a un proceso de conformado, se obtiene una forma adecuada para la unión con el asiento. A grandes rasgos, se pueden distinguir en el tubo dos zonas: la de contacto y los extremos, alejados del contacto. Los extremos tienen geometría cilíndrica y su diámetro es algo menor que el de la zona donde se efectúa la unión. Observando su sección, la zona del contacto se distingue porque su diámetro es algo más elevado y tiene un resalto que sirve de tope al asiento en su inserción y, al mismo tiempo, impide los posibles deslizamientos del mismo después del montaje, como consecuencia de la carga de uso. Todo el tubo es de espesor constante, menor que el del asiento, y su geometría puede observarse en la figura 2.2.2-1.

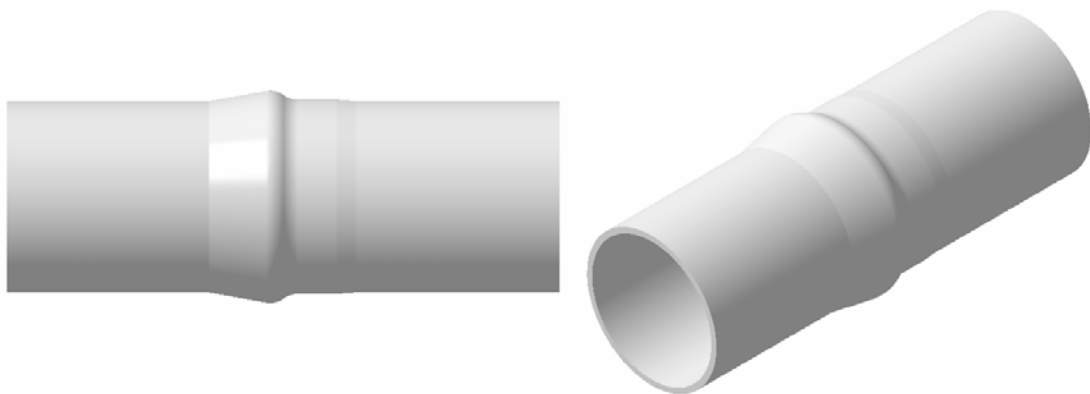


Fig. 2.2.2-1. Elementos constitutivos: el tubo

## 2.3. Montaje y solicitaciones

### 2.3.1. Proceso de inserción

El proceso de inserción del asiento en el tubo intenta reproducir de manera aproximada el montaje de los elementos de la unión. Para ello, fijando el tubo en uno de sus extremos, se aplica una fuerza sobre el asiento en la dirección del eje del tubo, que permita vencer la fricción existente entre ambos elementos y producir una energía de deformación suficiente. La aplicación de esta fuerza se realiza a través de un molde de material polimérico que entra en contacto con toda la cara del asiento, molde que se desplaza en dirección axial (ver figura 2.3.1-1).

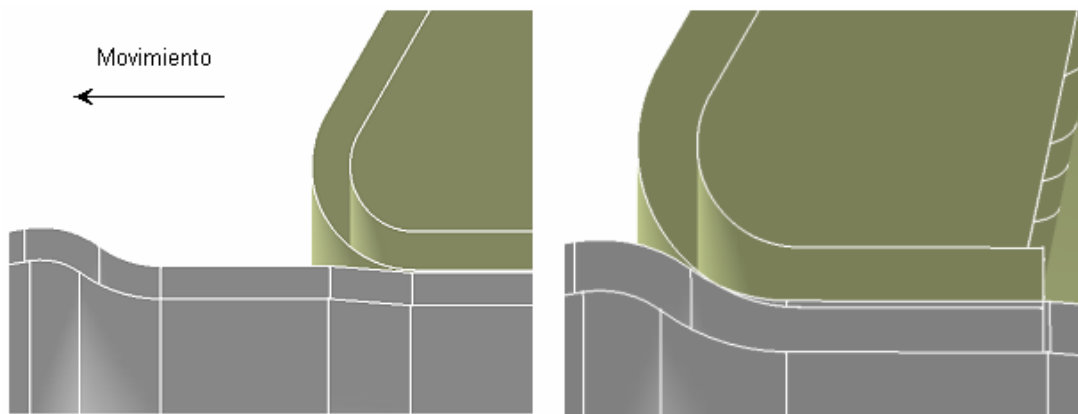


Fig. 2.3.1-1. Proceso de inserción. Posición inicial y final.

El montaje de ambos elementos tiene interés para determinar las tensiones residuales y deformaciones plásticas tras la inserción.

### 2.3.2. Proceso de carga y descarga

El proceso de carga cíclica consiste en la aplicación de una fuerza distribuida en la zona del asiento sobre la que se apoya el muelle, que intenta simular la fuerza ejercida por éste, por tanto, la resultante de esta fuerza no es coaxial con el eje del tubo, sino que tiene la dirección del muelle. Esto da lugar a que sobre el asiento aparezca un momento que, junto a la particular geometría del mismo, hace que las tensiones aumenten en determinadas zonas del asiento. El valor de la carga total sobre cada amortiguador será aproximadamente la cuarta parte de la fuerza vertical ejercida por el vehículo, debido a su peso y a la componente vertical de la inercia. Por ello, el valor que se considere en los posteriores análisis deberá guardar un

margen de seguridad y ser mayor que el previsto en condiciones normales. La forma de aplicación de la carga se muestra en la figura 2.3.2-1.

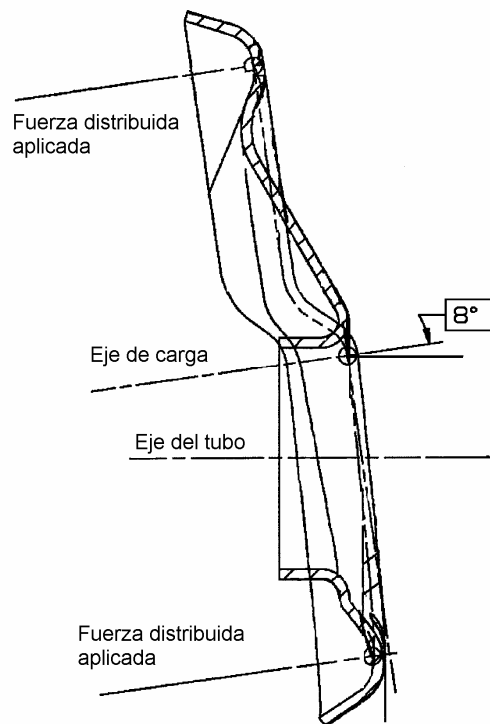


Fig. 2.3.2-1. Aplicación de la carga cíclica.

Este proceso de carga se compone de una serie de ciclos de carga y descarga sobre el asiento que pretenden simular el funcionamiento normal de la suspensión con objeto de determinar la evolución de las magnitudes de interés y evaluar la resistencia de la unión a fatiga.

## 2.4. Puntos de interés en el análisis del amortiguador

Evidentemente, la situación considerada posee como concepto clave el contacto entre tubo y asiento, que conlleva toda la problemática asociada a dicho fenómeno. Por tanto, la zona de mayor interés será fundamentalmente aquélla en la que se produce el contacto. Una vez montado el conjunto, el proceso de carga y descarga a que se verá sometida la unión da lugar a la aparición del fenómeno de *fretting fatigue* debido a la existencia de pequeños deslizamientos relativos entre las superficies en contacto. En consecuencia, la obtención de conclusiones válidas para el diseño requiere un estudio detallado de la evolución de las tensiones y las deformaciones en el tiempo y a lo largo del espesor en los puntos más

desfavorables, que se estudiará en su momento. Con ello, se pretende analizar la resistencia a fatiga de los elementos en la unión y determinar la vida de la misma en condiciones óptimas y seguras para su funcionamiento.

Otro punto de interés en el estudio es el proceso de inserción y las tensiones residuales y deformaciones plásticas que permanecerán en el amortiguador. Un estudio detallado de la evolución de tensiones y deformaciones en el proceso de inserción permitirá analizar la probabilidad de rotura dúctil y el grado de seguridad del amortiguador frente a la misma.

