

*«No todos entienden lo mismo cuando se habla de seguridad del vehículo. La mayor parte de la gente piensa en zonas deformables, en espacios rígidos para pasajeros y en cinturones de seguridad.»*

## Seguridad activa y pasiva en los vehículos

**D**ADA la complejidad y extensión de este tema, en el presente artículo nos proponemos solamente dar una visión general acerca del concepto de Seguridad que empleamos en la fabricación de vehículos.

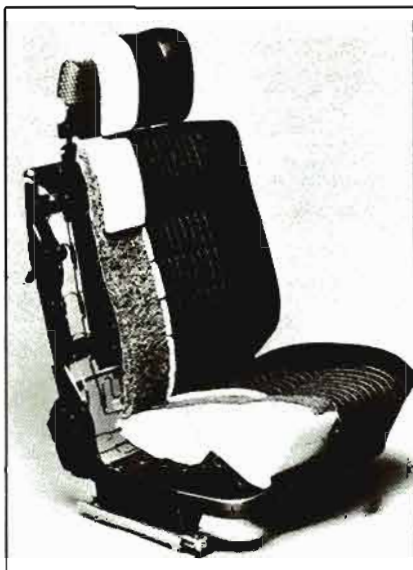
Nuestra empresa construye vehículos seguros no sólo obligada por el número creciente de disposiciones legales aparecidas en los últimos años, sino porque quiere mejorar la calidad y seguridad de sus vehículos, aunque a veces ésto restrinja las libertades de los fabricantes. Las exigencias reales del tráfico por carretera y del avance tecnológico fueron, y siguen siendo aún, las directrices principales según las cuales se lleva a cabo la fabricación. Si se construyesen coches rigiéndose sólo por las disposiciones legales, la seguridad en el tráfico por carretera no sería tan eficaz.

No todos entienden lo mismo cuando se habla de seguridad del vehículo.

La mayor parte de la gente piensa en zonas deformables, en espacios rígidos para pasajeros y en cinturones de seguridad. Sin embargo, la comple-



G. ZECH  
Director del Departamento de Ensayos de Seguridad de OPEL, S. A.



alidad del tema es mucho más amplia. Para llegar a una mejor comprensión podemos subdividir el tema en tres partes principales:

- *Calidad* (No deberá romperse ningún elemento de construcción portante).
- *Seguridad activa* (Prevención de accidentes).
- *Seguridad pasiva* (Disminución de lesiones en caso de accidentes).

### CALIDAD EN LA FABRICACION

La calidad en el sentido de seguridad se basa en la durabilidad y en el buen funcionamiento.

Serán condiciones necesarias para la seguridad, una amplia experiencia, cálculos exactos, trabajo intensivo de prueba y de desarrollo, así como una supervisión de primer orden en la fabricación.

Los elementos diseñados para soporte y conducción del vehículos (por ejemplo: componentes de dirección) deberán mantenerse sin deterioro incluso bajo condiciones extremas.

Por eso, son sometidos a pruebas más severas en el laboratorio que las que tendrán que soportar en carretera.

En el ejemplo de la suspensión delantera se describe a continuación el desarrollo de la construcción y prueba de seguridad.

Las llamadas piezas prototipo serán construidas según los planos de los Departamentos de Cálculo y de Construcción, y montadas en soportes de componentes, es decir, en vehículos de la producción normal o en vehículos de fabricación ajena. El elemento



*Ensayo de neumáticos.*

*«Los vuelcos de vehículos son espectaculares. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, sólo son peligrosos para los ocupantes que no se hayan abrochado el cinturón.»*

de construcción es comprobado detenidamente en el campo de pruebas de Dudenhofen, en todo tipo de carreteras y en trayectos poco transitables, como: pavimento basto, vía accidentada, paso de agua, trayecto polvoriento, montañas, calzada rápida, etc. Durante estas pruebas son registrados en una cinta magnética los datos llamados colectivos de carga, los cuales reflejan las medidas y frecuencias de carga a las cuales ha sido sometido el elemento objeto de ensayo. Los datos obtenidos alimentan al programa de control del banco de pruebas. Las funciones del programa de control pueden ser alteradas con el objeto de alcanzar en un corto periodo de tiempo las cargas a las cuales el elemento objeto de prueba es sometido durante la vida normal de un vehículo. Además, se calculará en una prueba amplia de correlación la relación de carga entre carretera, campo de pruebas y banco de pruebas. Esta será diferente para cada elemento de prueba.

Paralelamente a los ensayos mencionados en diferentes lugares y en condiciones extremas de calzada y climatología se realizan pruebas de conducción.

Siguiendo un esquema similar, se comprueba la durabilidad a la fatiga y la seguridad de funcionamiento, incluso bajo condiciones extremas, de todos los componentes portantes del vehículo, es decir, importantes para la seguridad. Los fallos técnicos no deberán ser, bajo ningún concepto, causa de un accidente.



«En ensayos de neumáticos se provoca la pérdida repentina de presión a diferentes velocidades y estados de calzada. Las llantas y los neumáticos tendrán que estar ajustados de tal forma, que el vehículo pueda ser frenado sobre una vía normal, incluso por un conductor medio.»

## SEGURIDAD ACTIVA

La *seguridad activa* es normalmente asociada con el mecanismo de traslación y con los frenos. Sin embargo, las medidas para «evitar accidentes» son mucho más amplias. El objetivo principal será aliviar de cargas pesadas al elemento más débil de la relación: calzada-vehículo-hombre.

Para evitar el cansancio, incluso en trayectos largos se han diseñado *asientos anatómicos* de goma-espuma, que además de ser confortables permiten la suficiente movilidad al conducir el vehículo.

Se le da la misma importancia a la buena *visibilidad de los instrumentos* que al fácil manejo de los interruptores, pulsadores y palancas.

Además, todos los interruptores y pulsadores deben ser identificados de forma clara mediante óptica, forma, posición y tipo de accionamiento, con el fin de excluir manejos erróneos, incluso por parte del acompañante.

El *campo visual* es de gran importancia cuando se diseña la carrocería. Por eso, ya en la primera fase del proyecto las limitaciones del campo visual debidas a los pilares son calculadas y reducidas al mínimo posible.

Con el ajuste de espejos interiores y exteriores, el ángulo muerto es reducido al mínimo.

La posibilidad de regulación desde el interior del espejo exterior debe permitir una perfecta visión incluso durante la marcha.

La buena colocación de los *limpiaparabrisas* contribuye a un mejor campo visual, sobre todo en condiciones climáticas adversas. Una aportación muy efectiva a la seguridad activa serán los accesorios del *lava-luna trasero* y *lavafaros*.

Los faros sucios disminuyen considerablemente el rendimiento luminoso y con ello el alcance visual. La mayor parte de los conductores no dan la debida importancia a este factor de riesgo.

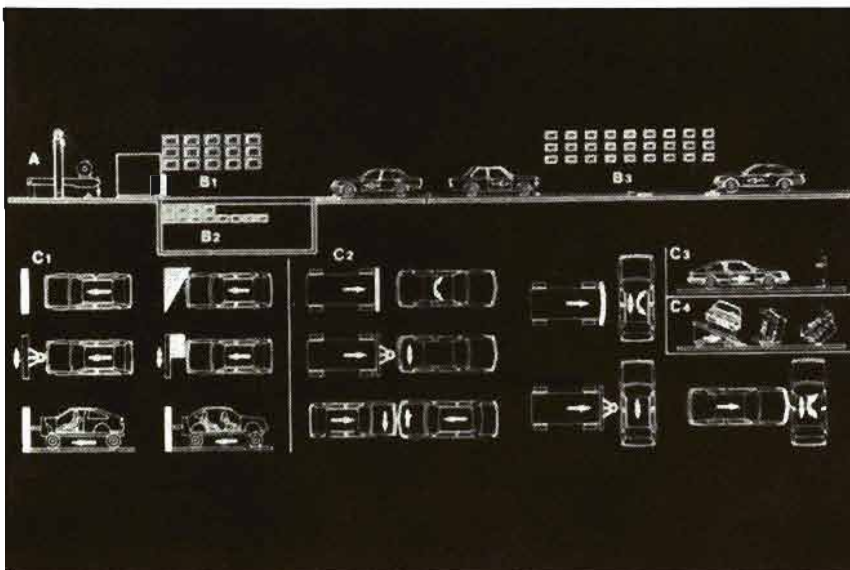
Los coches con pintura clara son más visibles, contribuyendo a la seguridad en el tráfico.

Se reducirá el nivel de ruido de los vehículos hasta un límite soportable, ya que el *ruido* disminuye la atención y acelera el cansancio. Ensayos exhaustivos en el banco de pruebas y en carretera forman parte de los esfuerzos más importantes para hacer confortable, y con ello «seguro», el puesto de trabajo del «conductor».

La implantación del cambio automático ha contribuido a liberar al conductor de trabajos innecesarios, que en muchas ocasiones no se han tenido en cuenta.

La lista de los elementos de seguridad que contribuyen al confort sería interminable. Volviendo al *comportamiento en ruta*, que es el segundo aspecto de la seguridad activa, éste se define como la reacción del vehículo a influencias de la calzada, del tiempo y del conductor.

El *comportamiento en ruta* es una combinación funcional de muchos componentes por separado, como



Esquema de ensayos de choque.



*«Si se construyesen coches, rigiéndose sólo por las disposiciones legales, la seguridad en el tráfico por carretera no sería tan eficaz.»*

neumáticos, ejes, dirección, amortiguadores, ballestas, etc. Será siempre un compromiso entre adherencia máxima a la calzada y confort máximo. Cada fábrica de automóviles tiene para lograr este compromiso una filosofía propia, desde aquella en la que prima el aspecto deportivo a la que da más importancia al confort con todas sus variantes intermedias.

En la fabricación del coche aparecen una serie de prioridades contradictorias: comportamiento del chasis, confort de suspensión, ruido, etc. Nuestra filosofía es que, en caso de duda, la seguridad en la conducción tendrá siempre preferencia, lo que, naturalmente, no significa que descuidemos el confort.

El diseño del chasis comprende la construcción de los componentes por separado y la coordinación de los mismos entre sí. A continuación se describen más detalladamente algunos aspectos de seguridad de componentes por separado:

### Neumáticos

La elección de los neumáticos se hace con arreglo al chasis, la presión del aire y el tipo de neumáticos contribuyen a la adherencia a la calzada y al confort. Como medida especial de seguridad equipamos por regla general nuestros vehículos sólo con neumáticos que estén autorizados como mínimo 5 km/h. por encima de la velocidad máxima del vehículo.

Analizamos detalladamente si cada tipo de neumático está de acuerdo con nuestras exigencias especiales (son aproximadamente 20 puntos especia-

les los que consideran nuestra filosofía particular de chasis).

Nos dedicamos intensivamente, de forma especial, a la adherencia de los neumáticos sobre las llantas. En ensayos de rajado se provoca la pérdida repentina de presión, diferentes velocidades y estados de calzada. Las llantas y los neumáticos tendrán que estar ajustados de tal forma, que el vehículo pueda ser frenado sobre una vía normal, incluso por un conductor medio.

### Frenos

Los frenos son de importancia vital, especialmente en situaciones de emergencia; por este motivo, nuestras exigencias sobrepasan con mucho las disposiciones legales.

Tendrá que comprobarse, tanto técnica como mecánicamente, la capacidad de carga permanente y los esfuerzos máximos. Para ello se efectúan ensayos en banco de pruebas «hasta el rojo candente», así como pruebas de conducción en la montaña.

Es difícil imaginar que cualquier conductor pueda someter los frenos a esfuerzos mayores que nuestro conductor de pruebas. En contraposición con la práctica de conducción normal no se emplea apenas, conscientemente, el efecto de frenado del motor.

Los forros son ajustados a su esfuerzo máximo-calor y rozamiento, y la distribución de la fuerza de frenado es ajustada cuidadosamente para el caso normal y extremo.

Por motivos de seguridad, el eje trasero no deberá nunca bloquearse antes que el delantero.

Por eso, si los forros de freno desgastados no son sustituidos por recambios originales, aumenta el peligro de accidente debido al desajuste originado por piezas diferentes a las estudiadas durante la construcción y ensayos del vehículo.

Recomendamos también, por motivos de seguridad, el cambio anual del líquido del freno, puesto que, a causa de la modificación química, descenderá el punto de ebullición, tan importante para carga extrema.

Las pinzas del freno se comprueban también en ensayos de reventamiento.

Las presiones de frenado sobrepasan para ello los 400 bar.

A título de comparación: un frenado en un momento de pánico, produce, aproximadamente, 100 bar, siendo la fuerza en el pedal de 250 N (correspondiente a 25 kp). Un frenado normal tiene lugar con aproximadamente 25 bar.

Los ensayos en el túnel aerodinámico los consideramos también dentro de la seguridad activa. Aquí se reduce al mínimo el empuje y la sensibilidad al viento de costado repentino, es decir, que cada desviación del curso será perceptible con antelación, de forma que el conductor podrá girar el volante en dirección contraria.

### SEGURIDAD PASIVA

La *seguridad pasiva*, en la que tenemos especial interés, ya que es nuestro campo directo de actividad. Mediante la introducción de la carrocería autosustentadora se creó en 1975



*Diferentes tamaños y modelos de «Dummy».*



*«El reposa-cabezas deberá absorber la carga de energía que recae sobre la vértebra cervical y los tendones de la nuca, en caso de choque trasero.»*

*«Dummy» para ensayo de lesiones en cabeza y pecho.*

la base de conceptos de seguridad actuales, con zonas deformables y compartimientos para pasajeros más rígidos.

Los usuarios no podrán sentir apenas la seguridad pasiva si no han sufrido algún accidente. Las estructuras de apoyo están escondidas debajo de la chapa, y las propiedades decisivas, como absorción de energía y resistencia, no son visibles.

A partir de 1962 incrementamos notoriamente el trabajo dedicado a la seguridad pasiva. En aquella época arrojamos varias veces un vehículo modelo Kadett por una pendiente, quedamos sorprendidos sobre la estabilidad de la forma del compartimiento para pasajeros. Hoy día podría uno

reirse de semejantes ensayos; sin embargo, todos los principios son penosos.

Comenzamos con una instalación provisional de choque. Una carretera escarpada servía para tomar impulso, y bloques de hormigón anclados en el suelo, como muro de choque. Posteriormente se utilizó el control remoto para conducir los coches contra un muro.

La etapa siguiente fue una instalación al aire libre, en el recinto del campo de pruebas de Dudenhofen, utilizando como impulsor un cabestrante modificado de vuelo a vela. Dadas las crecientes exigencias con respecto al registro de valor de medición y la frecuencia con la que la prueba se llevaba a cabo, esta instalación era ya insuficiente para satisfacer nuestras exigencias.

Así surgió una instalación de choque, como componente del Centro de Seguridad, en el viejo recinto del campo de pruebas de Rüsselsheim, proyectada según los criterios más modernos. En esta instalación se llevan a cabo ensayos de choque de vehículos completos y componentes importantes por separado. Estos ensayos de choque son simulaciones normalizadas de accidente.

En primer lugar expondremos algo referente a la prueba de choque y a los medios auxiliares necesarios.

La base para todas las medidas será el ser humano; a éste habrá que proteger en caso de accidente. Surgirán preguntas decisivas: ¿cómo se comporta el ser humano?. ¿qué es lo que éste puede soportar?. ¿cuáles son los mecanismos que pueden originarle lesiones o incluso matarle?

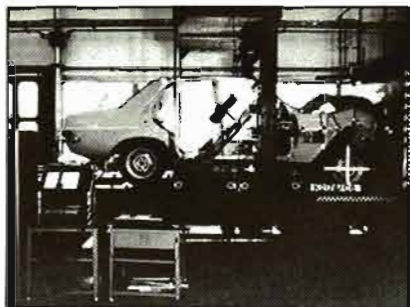
La biomecánica nos suministra sólo algunas respuestas, pues esta ciencia está aún en sus comienzos.

Ya que, evidentemente, no puede recurrirse al hombre como objeto de ensayo, servirá como sustituto un muñeco de medición (en la terminología técnica llamado Dummy). Disponemos de Dummy en varios tamaños y modelos, desde el niño hasta el llamado hombre al 95 por 100 (aquí el 95 por 100 significa que sólo el 5 por 100 de todos los hombres son más altos y pesan más). El Dummy representa los diferentes grupos de seres humanos en altura, peso, movilidad y distribución de masa; sin embargo, el Dummy no tiene músculos y no sufre lesiones.

Servirá como portador de aparatos. Las fuerzas y deceleraciones que hayan sido medidas en él tendrán que interpretarse y aplicarse a seres humanos.

Actualmente se definen indicaciones de lesiones en la cabeza, pecho, pelvis y muslo. Con el fin de encontrar valores numéricos, especialmente para las lesiones de pecho y cabeza, que al mismo tiempo consideren la magnitud de la deceleración, se definieron los índices de lesión HIC y SI.

Para el cálculo de estas complicadas operaciones es necesario disponer de amplias instalaciones de cálculo. El ordenador instalado en el centro de seguridad puede registrar 600.000 informaciones por segundo y, acto seguido, evaluarlas, empleando para ello complejos programas de cálculo.



Las estadísticas muestran que hasta ahora el choque frontal es el tipo de accidente con mayor número de víctimas.

En accidentes estandarizados se expresará la efectividad de medidas de seguridad mediante índices de heridas.

Nos hemos especializado en algunos tipos de prueba fácilmente reproducibles, ya que no podemos simular todos los tipos existentes de accidente. Sólo así será posible reconocer mejoras y comparar resultados.

Además del choque frontal con varias variantes, efectuamos el choque trasero, el choque lateral (vehículo-vehículo, o con vehículo de choque normalizado, bajo ángulos diferentes) y el vuelco del vehículo.

Para experimentos en los que sólo se trata de simular correctamente la deceleración del choque y no la correspondiente deformación del vehículo montamos los componentes a ensayar (por ejemplo, carrocería completa con Dummies, asientos, depósito, etc.) sobre un aluste sobre ruedas, que será frenado con una deceleración similar a la de la colisión en el accidente. De esta forma nos será posible limitar los gastos y controlar las condiciones de la prueba.

Destruimos un promedio anual de más de 100 vehículos y aproximadamente 100 carrocerías. Una prueba de choque cuesta entre 250.000 y 500.000 pesetas, dependiendo de la finalidad de la prueba y de los costos del trabajo. A ello hay que añadir los costos del vehículo, que van desde el valor de la chatarra (coche de pruebas fuera de uso) y 25.000.000 de pesetas para un prototipo. Esto hace que las cifras eleven fuertemente el presupuesto de investigación.

Las estadísticas muestran que, hasta ahora, el choque frontal es el tipo de accidente con mayor número de víctimas. Por eso prestamos la mayor atención a esta clase de choque y sus muchas variantes.

El trabajo intensivo de investigación y de desarrollo del pasado ha sido recompensado. Se ha mejorado fundamentalmente la seguridad pasiva de nuestros vehículos.

A continuación se resumen medidas esenciales para la protección en caso de choque frontal; estas medidas tendrán también validez condicionada para otros tipos de accidentes:

1. Parte delantera del chasis con zona de fuelle y rigidez adecuada, ajustados al comportamiento para pasajeros y al sistema de retención.
2. Unión efectiva de la aleta con el montaje de las ruedas, con el fin de que las aletas participen de forma efectiva en la absorción de energía.
3. Capot con zonas de doblamiento teórico, con el fin de que no sea empujado hacia el compartimento para pasajeros en caso de deformación extrema de la estructura delantera.
4. Los refuerzos de la caja hacen que las puertas sean suficientemente resistentes al pandeo, con el fin de conseguir que el compartimento para pasajeros siga siendo un espacio de supervivencia, incluso en caso de accidente grave.
5. Seguridad en los sistemas de cierre y resistencia de cerraduras y bisagras, con el objeto de evitar la aper-

«Recomendamos por motivos de seguridad, el cambio anual del líquido del freno, puesto que a causa de la modificación química, descenderá el punto de ebullición, tan importante para carga extrema.»

tura automática en caso de accidentes, pero con garantía contra agarrotamiento después del mismo.

6. Puntos de apoyo para cinturones de seguridad, elegidos de tal manera que garanticen una protección óptima.

7. Superficies de choque receptoras de energía en el compartimento interior.

8. La dirección de seguridad con rejilla de malla (que tan buenos resultados está dando) y los volantes revestidos de espuma se adaptan a las necesidades de cada modelo.

La lista podría proseguirse casi de forma indefinida.

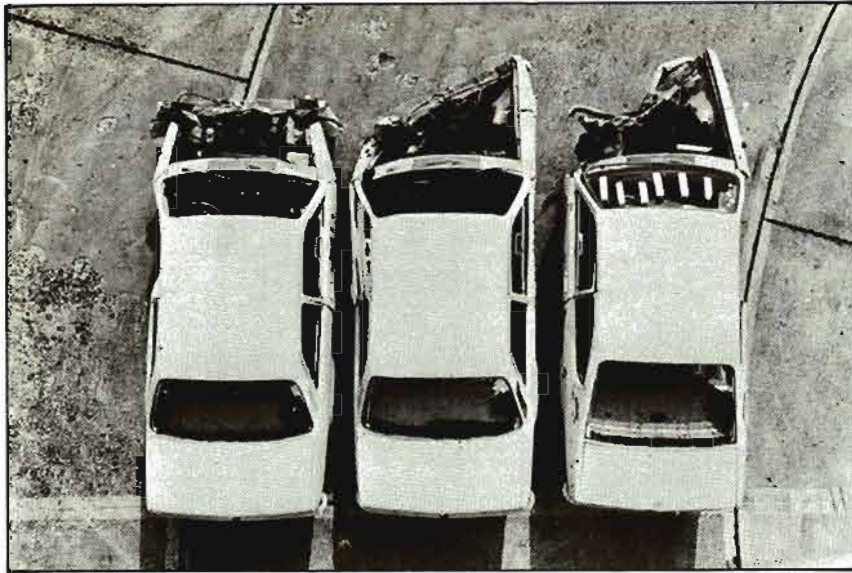
Hemos desarrollado una red protectora, como medida especial de protección, para caravanas y limusinas con espacio variable de carga.

Esto impide que los ocupantes puedan verse en peligro por deslizamiento de la carga.

Hemos aumentado de tal forma la resistencia de esta red y del respaldo trasero que, en caso de choque frontal a 50 km/h, pueda ser parada con seguridad una caja de cervezas o herramientas de 25 kilos que esté colocada en una posición cualquiera de la superficie de carga.

Dedicaremos especial atención a la protección contra accidentes de niños acompañantes. En un extenso programa de pruebas hemos elegido los productos de la enorme oferta de los proveedores, que responden a nuestras elevadas exigencias.

Estos productos están incluidos en nuestro programa de accesorios.



*«Los elementos diseñados para soporte y conducción del vehículo deberán mantenerse sin deterioro, incluso bajo condiciones extremas, por eso son sometidos a pruebas más severas en el laboratorio que las que tendrán que soportar en carretera.»*

### Cinturón de seguridad

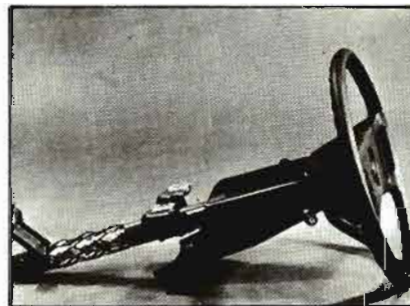
Queremos hacer especial alusión al elemento principal de todas las medidas de seguridad: el cinturón. Sin él serían inútiles muchas de las medidas de seguridad adoptadas y no tendrían ninguna utilidad las zonas de deformación cuyo diseño ha supuesto una gran investigación. No tendrá apenas importancia la forma de decelerarse un vehículo si el pasajero choca sin estar asegurado en el interior del mismo. Por eso la función principal del cinturón será hacer participar a los ocupantes en el recorrido de deformación del vehículo, es decir, que su velocidad propia tendrá que reducirse al mismo tiempo que la del vehículo. Por consiguiente, es de suma importancia abrocharse el cinturón correctamente, esto es, tan tenso como sea posible, con el fin de poder participar con antelación en el proceso de deceleración del vehículo. Sólo de esta forma podrá ser utilizada la zona de deformación del vehículo para el propio recorrido de frenado. El cinturón ofrece un recorrido adicional de frenado mediante el alargamiento del tejido.

Después de extensos ensayos, se colocaron los puntos de apoyo de los cinturones de la pelvis, de forma que se impide el llamado «submarining»; entenderemos por «submarining» la inmersión de la pelvis entre el asiento y el cinturón. Esto hace que el cinturón resbale desde los huesos firmes de la parte superior de la pelvis a las partes blandas sensibles del abdomen.

En caso de choque trasero, prestamos especial atención al depósito de

*Zonas de doblamiento teórico en el capot, con el fin de conseguir que el compartimento para pasajeros siga siendo un espacio de supervivencia.*

*Dirección de seguridad con rejilla de malla.*



gasolina, diseñado de tal forma que se eviten las fugas de combustible en caso de accidente.

Después de todo el trabajo realizado para mejorar la protección en caso de accidentes frontales, actualmente se le da una importancia cada vez mayor a la protección en caso de accidentes laterales, ya que la colisión lateral es el tipo de accidente que más víctimas produce después de la colisión frontal. Por regla general los accidentes laterales ocurren en la ciudad, y las velocidades de colisión son, sin duda, menores (38 km/h de media) que en la colisión frontal (55 km/h de media). Sin embargo, las medidas de protección son mucho más difíciles de llevar a cabo.

La unión del lateral se construye como elemento de tracción, ya que

falta en la parte lateral una zona suficiente de deformación. Mediante el llamado efecto de malla protectora se consigue una recepción de energía muy efectiva, con amplia protección de los ocupantes.

El sistema de fabricación exige mucho de cerraduras y bisagras no sólo a los propios elementos que las constituyen, sino también a su sujeción a la estructura. Por eso las cerraduras y las bisagras son considerablemente más resistentes de lo que prescriben las leyes.

El accidente de costado no se puede simular mediante un mero ensayo estándar, puesto que el punto de colisión, el ángulo de colisión, así como la masa y la rigidez del contrario, influirán de forma esencial sobre las características de deformación del vehículo, y con ello también sobre la cinemática de lesiones de los ocupantes. Actualmente consideramos como el mejor compromiso el hacer entrar en colisión, con diferentes ángulos de choque, al vehículo a ensayar con un ariete rígido o con otro vehículo.

Los vuelcos del vehículo son espectaculares. Sin embargo, en la mayor parte de los casos sólo son peligrosos para los ocupantes que no se hayan abrochado el cinturón.

El marco del techo y los pilares están ajustados unos con otros, de tal forma que los ocupantes se encuentran en una jaula andante y segura. Es asombroso que bajen ocupantes ilesos de un vehículo totalmente demolido.

Recientemente los esfuerzos se han encaminado a la protección de los participantes en el tráfico más débiles (no



«El accidente de costado no se puede simular mediante un mero ensayo estándar, puesto que el punto y ángulo de colisión, así como la masa y la rigidez del contrario, influiría en las deformaciones producidas.

motorizados). El elevado porcentaje de peatones y ciclistas involucrados en accidentes demuestra la importancia de este problema.

Sin embargo, los dispositivos de seguridad del vehículo no serán suficientes por sí solos para reducir de forma efectiva el riesgo de lesiones de los participantes en el tráfico más débiles.

Consideramos que seguramente no serían menos efectivas las medidas encaminadas a crear más vías de tráfico especiales para peatones y bicicletas. En la actualidad falta, por desgracia, un conocimiento seguro sobre la cinemática de lesiones y sobre la biomecánica de los peatones y de los conductores de vehículos de dos ruedas. Por esto, es difícil encontrar el compromiso razonable entre las diferentes exigencias, a menudo contrarias, de cada grupo de la población; por ejemplo, distintas alturas de los parachoques para proteger a niños y a adultos.

Después de todas las comprobaciones del vehículo, en la terminología científica conocidas como pruebas de choque, nos ocuparemos ahora de algunas comprobaciones de piezas por separado.

El objetivo principal será la resistencia y la capacidad de absorción de energía.

En una prensa, llamada en terminología técnica Cruscher, se calcularán las curvas características de vía de fuerza de piezas portantes.

Determinaremos con antelación el comportamiento de Crash mediante un programa de cálculo, siendo para ello sustituidos los componentes por parámetros matemáticos o físicos.

En la primera fase se utilizan valores

*«Los vehículos tendrán que reaccionar siempre de forma previsible, incluso en caso de espuma de costado, repentino.»*

teóricos del vehículo y, en la optimización de la carrocería, datos registrados de forma experimental. La computadora calculará el óptimo teórico modificando las magnitudes matemáticas. Las influencias dinámicas tendrán que compensarse con los factores de corrección que faltan del accidente real, ya que los valores de medición se calculan de forma estática. A continuación se transformarán los valores numéricos en medidas reales, es decir, que se fabricarán vehículos partiendo de los valores de resistencia procedentes de la calculadora. El choque real tendrá entonces que demostrar aún que las modificaciones realizadas aportarán el resultado deseado.

### **Comprobación de la seguridad del compartimiento para pasajeros**

Mediante un péndulo de impacto se simula un posible choque de la cabeza del ocupante con piezas del compartimiento para pasajeros. En caso de un accidente frontal estándar, a 50 km/h, contra una pared rígida, la cabeza del ocupante asegurado con cinturón de pelvis podrá chocar, en determinadas circunstancias, contra el cuadro de instrumentos, hasta aproximadamente 24 km/h. En la prueba con la forma de cabeza simulada hemos comprobado que, en los lugares más desfavorables de nuestro tablero de instrumentos, se produce una deceleración de 500 m/seg<sup>2</sup>, la cual se encuentra por debajo del límite que puede soportar la cabeza humana, 800 m/seg<sup>2</sup> (aproximadamente 80 g).

La llamada prueba de torso (25 km/h, masa de torso 35 kg) simula el choque, contra el volante, del ocupante que no lleva puesto el cinturón

de seguridad. En este caso deben reducirse a una dimensión tolerable las fuerzas que surgen entre el pecho y el volante. Esto se consigue con el diseño de tubos envolventes que ceden en la colisión y volantes revestidos de espuma capaces de absorber la energía.

Las fuerzas estarán comprendidas, por lo general, en el orden de las magnitudes de 5-8 kN (600-800 kp); permitidos, 11 kN.

El reposa-cabezas deberá absorber la carga de energía que recae sobre la vértebra cervical y los tendones de la nuca, en caso de choque trasero. Sin embargo, habrá que ajustar además el borde superior del reposa-cabezas a la altura de los ojos, y la resistencia del respaldo del asiento tendrá que ajustarse a la del reposa-cabezas. La comprobación de la resistencia se realizará mediante un dispositivo construido expresamente para ello. Todos nuestros reposa-cabezas son considerablemente más altos y más consistentes que lo que exigen las normas, con el fin de proteger también a ocupantes de más altura de lo normal.

Los anclajes de los cinturones de seguridad no deberán fallar en ningún caso. Sin embargo, será deseable una deformación, y con ello una transformación de energía de la estructura adyacente, con el fin de que las puntas de carga que aparecen en el accidente no carguen el esqueleto humano más que lo que pueda soportar. En la prueba actuarán, por cada sistema de cinturón de seguridad, más de 30 kN (aproximadamente 3 toneladas) sobre la carrocería, lo que supondrá, aproximadamente, 100 kN o 10 toneladas, si se comprueban al mismo tiempo las tres posiciones de los asientos traseros.

El circuito del sistema de seguridad pasiva comienza en el tráfico por carretera y regresa al mismo sitio a través de construcción, desarrollo y pruebas. En un programa de investigación de consecuencias de accidente, al sur de Hessen, estudiamos, juntamente con la policía y con los médicos, accidentes graves ocurridos con nuestros vehículos. Con ello queremos comprobar la eficacia de las medidas probadas en los ensayos de choque y en el laboratorio e investigar cómo podrían conseguirse otras mejoras. Con el fin de poder encontrar remedios adecuados, analizamos las causas de lesiones aparecidas, juntamente con los médicos. ■