

- Introducción
- Historia del automóvil
- Concepto de seguridad en el automóvil
  - Introducción
  - Los accidentes de tráfico
  - Los sistemas de seguridad
- Seguridad activa
- Tren de rodaje
- Dirección
- Frenos
- Neumáticos
- ESP: Sistema Electrónico de Estabilidad
- Suspensión
- Acondicionamiento fisiológico
- Seguridad pasiva
- Física de accidentes
- Carrocería de seguridad
- Sistema de retención de ocupantes
- Cinturón de seguridad
- Reposacabezas
- Airbag
- Sillas para niños
- Investigación y desarrollo
- Conclusión
- Anexos
  - Biografía de Henry Ford
  - Legislación anticontaminación
  - Los motores
  - Análisis termodinámico de los motores de explosión
  - Sobrealimentación en gasolina y diesel

- Bibliografía

### **1771 " El primer automóvil"**

Nicolas Joseph Cugnot creó un dispositivo para mover cañones con tres ruedas y caldera de vapor. Pero Amedée Bollée fundó un centro de fabricación de motores a vapor con orientación comercial y presentó un carricoche a vapor en 1873 al que llamó *L'Obéissante*.

### **1880 Un viaje para la Historia**

Bollé realiza el primer viaje conocido de la historia del automóvil. Lo realizó entre París y Berlín en un vehículo similar a un autobús movido por vapor.

Gottlieb Daimler registra la patente de un motor de gasolina previsto exclusivamente para su montaje en un vehículo en abril y presenta en agosto el "vehículo montura", el antecesor de la motocicleta. Paul, el hijo de Daimler, realiza el primer viaje público, con lo que se transforma en el primer *motero* de la historia.

### **Ford, la primera licencia para conducir**

Henry Ford pone en marcha su primer vehículo, el *Quadricycle*. Para circular por las calles de Detroit se ve obligado a pedir al alcalde un permiso especial de circulación: el primer carnet de conducir de EE.UU. y Ford se convierte así en el primer ciudadano en tener licencia para conducir.

### **Karl Benz patenta el primer auto a motor**

Benz consigue una patente que le identifica como creador del primer automóvil "capaz de moverse por sí mismo" con un motor de combustión interna. Era un triciclo con la rueda delantera dirigible (pues no había podido resolver los problemas de dirección con dos ruedas), un sólo cilindro y 0,88 caballos.

El nacimiento oficial del coche corresponde a Benz, pero otros también experimentaban. En 1886, De Dion Bouton & Levassor ofrecía por catálogo vehículos con propulsión a vapor. En 1888, Magnus Volk convierte un carro en coche eléctrico y un sultán turco encarga uno. Volk es, pues, el primer exportador de coches.

En parte por problemas técnicos y en parte por facilitar la construcción, Benz vuelve a incorporar elementos del carro en el Benz Victoria. Los compradores, más receptivos a estos modelos ya conocidos, aumentan y Benz decide poner a sus automóviles nombres procedentes de la construcción de carrozas.

La empresa Panhard & Levassor sitúa el motor por primera vez en la parte delantera del vehículo. Ello requiere un complicado sistema de transmisión, pero el automóvil gana en estabilidad.

Wilhem Maybach crea el carburador de difusores variables con lo que la mezcla de carburante se adapta mejor a la potencia del motor. Posteriormente, trabajando junto con Daimler, incorporaría innovaciones mecánicas del calibre de los frenos mecánicos a las cuatro ruedas y el bloque de cilindros y culata en un único cuerpo.

Rudolf Diesel obtiene la patente para un motor de combustión interna sin bujías que será el germen del motor

que llevará más tarde su nombre.

### **Producción... ; En serie!**

La demanda del Benz Velo, más pequeño y ligero que el Victoria, hace reflexionar a Benz en la posibilidad de producir el coche en pequeñas series y así lo lleva a cabo con enorme éxito.

### **El nacimiento del neumático**

John B. Dunlop monta un primitivo neumático con cámara de aire sobre la bicicleta de su hijo, que se convierte en el primer usuario de neumáticos de la historia. Pero el invento ya estaba patentado por otro escocés, Robert W. Thomson, en 1845. La liberalización del neumático ayuda a su incorporación al automóvil, que hasta entonces usaba bandas de rodadura de acero o con correas de cuero superpuestas en estas. Se reduce el ruido y mejora infinitamente la amortiguación, concepto casi inexistente entonces.

Hasta 1898 las primeras suspensiones eran ballestas como las de los coches de caballos. Entre 1898 y 1899 y basándose en un invento para bicicletas los fabricantes comienzan a instalar primitivos amortiguadores que montadas con los nuevos neumáticos proporcionaban un gran descanso de la espalda y una gran comodidad.

### **Primer "gasolina" made in USA**

Aunque en 1891 William Morris ya había circulado por las calles de Chicago con un automóvil eléctrico, no sería hasta septiembre de 1893 cuando Frank Duryea probase el primer automóvil de gasolina estadounidense. Ni el vapor, ni la electricidad, ni la gasolina lograrían despertar entusiasmo por el automóvil en los EEUU, que se incorporarían casi 15 años más tarde al "boom" automovilístico que había recorrido Europa.

### **Oldsmobile, primera firma en Estados Unidos**

Ransom Olds fue el primer norteamericano en construir vehículos motorizados y por tanto su marca es la más antigua de todas las norteamericanas que todavía viven.

### **Mercedes, el nombre de una niña para la historia del automóvil**

El primer Mercedes debe su nombre al de la hija de Emil Jellinek que encargó un coche futurista a la empresa Daimler. Este "loco" de la velocidad pidió a la Daimler un coche que superase los 40 km/h. para vencer en las carreras con que la alta sociedad se divertía en la Costa Azul. Los constructores se asustaron por las posibles responsabilidades de algo no experimentado por persona humana hasta el momento. Jellinek les eximió de cualquier responsabilidad. Cuando lo tuvo, realizó la presentación en los jardines de su palacio. Entre el entusiasmo generalizado, alguien preguntó a Jellinek por el nombre del coche. Este, cogido por sorpresa, vio a su hija y la llamó "¡Mercedes!" para ganar tiempo. Sus invitados tomaron este apelativo por el nombre del coche y él, encantado, no deshizo el feliz malentendido. El Mercedes de 1901 fue el "terror" de las carreras.

### **612 fábricas en todo el mundo**

En todo el mundo existían 612 fábricas en todo el mundo: 112 en el Reino Unido, 11 en Italia, 35 en Alemania, 167 en Francia, 215 en EE.UU. y 11 más en el resto del mundo.

### **La obligatoriedad de un "faro humano" en la parte delantera**

Los primeros camiones comienzan a transportar mercancías, los empresarios ingleses prevén el peligro potencial de este medio de comunicación para sus intereses y consiguen que se dicte una ley restrictiva. Esta ley obliga a todos los vehículos a llevar por delante una persona con una luz y una bandera para avisar al resto

de conductores y viandantes. Esta ley, la Locomotiv Act, ejercía un efecto muy negativo en la evolución del automóvil. Así las cosas, William Lawson, que tenía el derecho de explotación de las patentes Daimler en Gran Bretaña, convoca la Emancipation Run, una caravana de coches desde Londres a Brighton para protestar por estas imposiciones. Ello junto con la "Primera exposición de automóviles de Gran Bretaña" tuvieron tal resonancia pública que el 14 de noviembre de 1896 la Cámara de los Comunes abolió parcialmente la ley, manteniéndola como estaba para los vehículos de más de tres toneladas y obligando a los de menor tonelaje a circular a menos de 25 km/h.

### **¡Paso a Ford!**

A pesar de todo, Henry Ford construyó y probó en 1896 su primer vehículo a motor, el Quadricycle, aunque no sería hasta 1903 cuando fundó la Ford Motor Company en Detroit. Es el mismo año de la primera producción en serie con el modelo A, precursor del famoso modelo T.

### **Ford T: La revolución llega de Estados Unidos**

Barato, fiable, de sencilla reparación y producido en cadena. Ford sentó las bases del futuro, a base de estrategias como esta, debido a que la pintura negra es la que más rápido seca, algo que Ford necesitaba para cumplir con los tiempos de entrega. Además, sus coches recorrieron por las "carreteras" de 1909, 4.000 km. hasta Seattle en 22 días, es decir 321 kilómetros diarios de media. Ford eliminó a partir de 1909 todo el resto de su producción para dedicarse en exclusiva al T. No le fue mal pues llegó a vender 15 millones de coches hasta 1927 con ganancias millonarias. Se calcula que en 1920 la mitad de vehículos matriculados en todo el mundo son de este modelo. El problema surgió cuando tuvo que cambiar de modelo y, obligadamente, toda su maquinaria para adaptarla a los nuevos procesos. Fue un mal momento que la empresa superaría sin demasiados problemas.

### **Rolls Royce**

La Rolls fabrica la máxima expresión del lujo sobre ruedas, el mítico "Silver Ghost" (Espectro plateado), el coche que daría su fama a la marca y predecesor del "Phantom" (Fantasma) y antecesor del "Silver Spirit" (Espíritu plateado). Del Silver Ghost se diría que era el mejor mecanismo que un ser humano había tenido en sus manos. Su rodaje se establecía en 80.000 km y el motor se podía considerar a punto a los 800.000 km. Una curiosidad, su estatuilla procede de una auténtica estatua griega que conmemoraba la victoria de Samotracia. En cuanto a su nombre hay dos versiones: unos la llaman el "Extasy Spirit" el Espíritu del Extasis, mientras otros, más familiarmente la denominan Emily.

### **Bayerische Motoren Werke**

En 1916 nace la BMW con sede en Munich de la fusión entre una fábrica de motores y otra de aviones perteneciente a Gustav Otto.

### **¡Chrysler!**

Walter Chrysler presenta un primer vehículo con su nombre. Poco después, monta un sistema de frenos hidráulicos a las cuatro ruedas en su modelo 70, famoso también por la manera en que Chrysler lo promocionó. Su modelo no fue admitido por falta de espacio en la exposición nacional de automóviles de Nueva York. Pero Mr. Chrysler llevó la montaña a Mahoma presentando su coche en la entrada del hotel donde se alojaban los más importantes hombres de negocios de la industria automovilística.

### **Mercedes-Benz**

El 22 de julio las juntas generales de las empresas Benz y Daimler deciden la fusión de ambas. La marca se

denominará Mercedes-Benz y la firma es Daimler-Benz AG. La difícil situación que atravesaban ambas tras la guerra fue uno de los motivos más destacados.

## **Volvo**

Nace la empresa sueca Volvo, palabra latina que quiere decir "yo ruedo". Curiosamente su primer modelo, el OV 4 es un coche descubierto, algo discordante con las bajas temperaturas reinantes en el país nórdico. Por ello, sus fabricantes iniciarán rápidamente un modelo de carrocería cerrada. La Volvo tiene una fama que la ha ayudado en su expansión, se les conoce como "el tractor más rápido del mundo" debido al detalle con que se preocupan de la seguridad tanto activa (lo que se puede hacer para evitar un golpe) como pasiva (lo que ayuda una vez que el golpe es inevitable).

## **Volkswagen, el "coche del pueblo"**

Volkswagen nace de la idea de construir un automóvil popular un "volkswagen", en castellano, "coche del pueblo". El gobierno nazi alemán de entonces encarga a Ferdinand Porsche un estudio, que el constructor presenta este año, aunque los dos primeros vehículos no serían construidos hasta 1936 y el arranque definitivo no se realizaría hasta 1938, fecha en la que Porsche quedaría como director de la fábrica. El conflicto bélico y circunstancias políticas ralentizarían el proyecto que no vio la luz de forma consolidada hasta 1948, cuando el "escarabajo" en España o "Beetle" en EE.UU. a partir de 1959, no alcanza cotas realmente importantes.

## **1899**

Un vehículo eléctrico con forma de torpedo y de nombre "Jamais Contente" sobrepasa los 100 km/h. Es uno de los récords de velocidad más recordados por cifra que se consideró mítica en aquél entonces.

## **1903**

La empresa holandesa Spyker presenta en el Salón Internacional de París un coche revolucionario con motor de seis cilindros y tracción a las cuatro ruedas, aunque no lo produce en serie. Esta última conquista la realizaría la empresa británica Napier, aunque sería en 1907.

## **1914 La guerra se motoriza**

Con la Primera Guerra Mundial llega la motorización de los conflictos bélicos. Para empezar, serían los Renault que se usaban como taxis en el París de la época el medio de transporte que se requisaría para el transporte urgente de las tropas. Pero no solamente camiones, ambulancias y vehículos privados se ven envueltos en los sucesos. En la batalla del río Somme en septiembre del 96 el ejército británico usa por vez primera vehículos blindados.

Los coches se popularizan en este "contacto" con las tropas y los civiles.

## **Anécdotas**

- El tribunal de Justicia alemán inhabilita la patente, registrada ya en 1877, del motor de cuatro tiempos de Nikolaus Otto, lo que abre las posibilidades de mercado para los fabricantes de motores.
- Un automóvil Peugeot se suma a la famosa carrera ciclista París–Bercy, haciendo una media de 15 km/h. y cubriendo prácticamente toda la carrera, con el único ánimo de demostrar su eficacia y reivindicar las carreras. Antes, en una carrera del 31 de mayo, se había producido el primer accidente. Un peatón cruzó ante un corredor y cayó desvanecido por el pánico. Aunque no sufrió daño alguno, las autoridades suspendieron las carreras.

- Las primitivas transmisiones usaban correas de cuero para mover el automóvil. Pero Nikolaus Dürkop comienza a fabricar coches de competición con transmisión a base de cadenas, un avance que se impondrá en breve.
- El príncipe Enrique de Prusia patenta el 24 de marzo el limpiaparabrisas. Un ingenio que no se volverá eléctrico hasta 1923 en EE. UU.
- El 8 de noviembre de 1909, con un Benz de gasolina, Víctor Hémery, consigue el récord de velocidad en "kilómetro lanzado" con 202, 68km/h.
- En 1916 entra en funcionamiento el primer semáforo en Detroit. Se trataba de un aparato señalizador que ya entonces poseía luces con tres colores diferentes.
- A Wills St. Claire debemos los faros de marcha atrás que se conecta automáticamente. En ese mismo año, "nace" el freno hidráulico de Malcom Loughead e introducido por la firma Duesenberg.
- La primera carretera autorizada únicamente para coches ve la luz el 21 de septiembre de 1924. Su trayecto comprende desde Milán a Varese. Ya en 1932 se inaugura la primera autopista "seria" con cuatro vías.
- 

## **1. INTRODUCCIÓN**

**Según la Organización Mundial de la Salud 1 – OMS – 800.000 personas mueren cada año en el mundo por culpa de accidentes de carretera y otras casi 20 millones resultan heridas. En Europa, cada año 65.000 vidas se pierden para siempre sobre el asfalto. España no es diferente, pues 9.000 personas fallecen anualmente en los treinta días siguientes de sufrir un accidente, 15.000 quedan permanentemente inválidas y 150.000 resultan heridas de consideración.**

**Los sistemas de seguridad evolucionan, pero a su vez los conductores se sienten más seguros y aumentan su velocidad media al conducir. Un coche bien pensado puede salvar vidas condenadas por las leyes de la física y por la locura de sus conductores 2. Pero por muy bien diseñado que esté un automóvil, si el conductor desconoce el uso correcto de los elementos de seguridad, si no está en condiciones de conducir (drogas, alcohol) o simplemente es imprudente, el accidente está escrito.**

**En este trabajo se exponen distintos temas todos relacionados con la seguridad automovilística. Los accidentes de tráfico, los elementos de seguridad más importantes, la investigación en nuevos sistemas de seguridad tanto de seguridad activa o preventiva y de seguridad pasiva o paliativa, todo esto es expuesto con el fin de demostrar que incluso con el avanzado nivel de seguridad automovilística actual, continúan ocurriendo accidentes.**

## **2. LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO**

**Más modelos de automóviles, más prestaciones, más seguridad pero también más desinformación. Hace apenas unos años, algunos elementos de seguridad que hoy son conocidos por la mayoría de los**

conductores estaban reservados únicamente a los automóviles de las gamas más altas.

El desarrollo tecnológico experimentado por los vehículos en las últimas décadas ha conseguido que muchos de estos avanzados elementos de seguridad se vayan incorporando a cada vez más modelos, independientemente de su tamaño y casi de su precio de venta.

Esta circunstancia se traduce en automóviles más seguros, que "arropan" técnicamente al conductor y son capaces de responder mejor en una situación comprometida. Pero... ¿De qué sirve un buen coche si no se usa debidamente?

### Causas principales de los accidentes de tráfico

Existen múltiples causas que facilitan los accidentes de tráfico, a continuación veremos una muestra de estas:

#### Exceso de confianza

Los automóviles incorporan cada vez más elementos como el airbag o el ABS que, sin duda, les hacen más seguros. Sin embargo, los conductores se sienten más seguros y esto da lugar a una conducción más arriesgada, por eso la accidentalidad no disminuye en la proporción que cabría esperar.

El fallo hay que buscarlo en el tremendo desfase existente entre la alta tecnología de los vehículos y la escasa formación de los conductores. Por tanto, **este gran avance tecnológico de los vehículos no se traduce, como sería de esperar, en una reducción proporcional de los accidentes; sobre todo, teniendo en cuenta que, paralelamente a los vehículos, también las vías han mejorado sensiblemente.**

#### Conductores desinformados

Los fabricantes de automóviles también detectan una gran desinformación sobre las ventajas reales que aportan los elementos de seguridad que incorpora su vehículo y la forma adecuada de utilizarlos. Para los responsables de las marcas, es obvio que la incorporación de la tecnología más avanzada al automóvil es altamente positiva, aunque algunos conductores utilicen estos avances de forma incorrecta.

Simplemente usando el cinturón de seguridad, 2/3 de estas personas no habrían fallecido. Pero, mencionado todo esto, parece ser que toda la culpa la tenga el automóvil cuando toda la responsabilidad es de la persona que estaba conduciendo en un estado no apto, bien sea por falta de reflejos o por otro tipo de incapacidades, puesto que en ese estado no debería usar un automóvil.

#### Demasiada comodidad

Hoy los coches no suenan, no vibran, los asientos son cómodos y uno no tiene sensación de recorrer kilómetros ni de ir a mucha velocidad. Sin embargo, recordamos todavía cómo era un automóvil hace 30 años: circular a 100 km/h. era todo un acontecimiento familiar.

Además los conductores que usan varios coches no cambian su manera de conducir al pasar de un coche más seguro a otro, esa adaptación es relativamente fácil de hacer en la parte voluntaria de la conducción, pero no en esa otra parte mecánica e intuitiva, que el conductor realiza automáticamente, sin pararse a pensar. En ese sentido, la tecnología crea dependencia, porque modifica las respuestas reflejas de la persona.

#### El Alcohol

**La Seguridad Vial es uno de los aspectos en el cual se ha puesto más incidencia en los últimos tiempos desde muchos estamentos de nuestra sociedad. Las campañas publicitarias e informativas, las nuevas normativas de la Ley de Seguridad Vial y el endurecimiento de las sanciones han sido algunas de las medidas tomadas para reducir el número de accidentes en la carretera. Esto ha comportado una mayor sensibilidad del usuario con relación a su seguridad.**

### **La nueva ley de tasas máximas de alcohol permitidas para conducir 3**

**El 7 de mayo de 1999, entra en vigor la reducción de las tasas máximas de alcoholemia permitidas para conducir vehículos a motor, según fija la modificación aprobada por Real Decreto de los artículos 20 y 23 del Reglamento General de Circulación.**

Así la nueva redacción, de los mencionados artículos, rebaja la tasa máxima de alcohol en sangre permitida para conducir de 0'8 a 0'5 gramos por litro o de alcohol en aire espirado a 0'25 miligramos por litro, para la población general de conductores, y a 0'3 (o 0'15 mg/l en aire espirado) para los de vehículos destinados al transporte de mercancías superiores a 3.500 Kg, viajeros, servicio público, escolar y de menores, mercancías peligrosas y servicios de urgencia. Igualmente se establece la misma tasa máxima de 0'3 gr/l (o 0'15 mg/l en aire espirado) para los conductores de cualquier tipo de vehículo durante los dos años siguientes a la obtención del permiso o licencia que les habilita para conducir.

Las infracciones a las normas establecidas en este precepto tienen la consideración de muy graves y por lo tanto pueden ser sancionadas con multas de hasta 100.000 pesetas y suspensión del permiso para conducir. Igualmente se considera infracción muy grave, y por lo tanto con similares sanciones, además de la inmovilización del vehículo, incumplir la obligación de todos los conductores de vehículos a someterse a las pruebas para la detección de intoxicaciones alcohólicas que también puede ser calificada como un delito de desobediencia grave.

Esta normativa tiene su base legal en el artículo 12 de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, que prohíbe circular por las vías a los conductores que hayan ingerido bebidas alcohólicas cuando se superen las tasas establecidas reglamentariamente. Para controlar el cumplimiento de dicha obligación, el citado precepto obliga a todos los conductores, a someterse a las pruebas para la detección de las posibles intoxicaciones por el alcohol, que consisten, normalmente, en la verificación del aire espirado mediante etilómetros autorizados.

## **3. LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD**

El concepto de seguridad se caracteriza por su universalidad y decidido enfoque hacia la perfección. Por evidente que parezca, cabe sin embargo enfatizar, que el concepto de la seguridad del automóvil suele ser interpretado con demasiada parcialidad, restringiéndose solamente al comportamiento del impacto. Pero ése es sólo uno de muchos aspectos y, sin duda, lo mejor es no tener que verse confrontado con éste jamás. El empeño preeminente debe consistir en evitar accidentes de antemano, aquí interviene tanto la capacidad del conductor como la del vehículo. Es por ello que todas las marcas se dedican a la seguridad activa con el mismo esmero que a la seguridad pasiva y a la protección del vehículo, persiguiendo el objetivo ideal de conseguir la óptima combinación de seguridad.

A la seguridad activa o preventiva pertenece todo aquello que sirve para prevenir situaciones de peligro, o sea, en primer lugar las características técnicas que contribuyen al dominio fiable del automóvil. Por seguridad pasiva o paliativa se entienden todas las medidas de precaución que se toman

para limitar lo más posible el riesgo de que los participantes sufran lesiones en caso de accidente. Un automóvil sólo puede recibir el calificativo de ser efectivamente seguro si conjuga todos estos criterios en un todo en perfecta armonía y pensado a fondo por cuanto a su construcción.

Sin embargo la existencia de tantos elementos no significa solamente que un automóvil deba incorporar todos los equipamientos de seguridad técnicamente factibles. Igual importancia corresponde a su perfecta calidad, tanto del diseño como del material. Un antibloqueo de frenos ABS puede hacer perder metros enteros de salvación, si en el momento decisivo no funciona con la debida precisión. Una zona de resistencia progresiva puede carecer de efecto si únicamente está concebida para un solo tipo de impacto. Los cinturones pueden perder su función protectora, si no son absolutamente resistentes al envejecimiento. Y una celda del habitáculo tan sólida como se quiera, puede convertirse en un riesgo incalculable, si se produce oxidación en sus huecos.

### **3.1 SEGURIDAD ACTIVA**

Si una situación crítica ha de redundar en accidente, es cuestión que depende decisivamente de la seguridad activa o preventiva del vehículo. Si bien ésta no puede sustituir la destreza del conductor y la conducción responsable, sí puede apoyarlas eficazmente a base de: fiabilidad en el comportamiento del manejo y frenado en cualquier situación, así como de una poderosa respuesta del motor al efectuar maniobras de adelantamiento y por medio de un puesto de conducción práctico (acondicionamiento fisiológico). Esta acción conjunta del tren de rodaje, la potencia del motor y la condición física del conductor, da lugar a la preventividad completa.

La seguridad activa viene desempeñando desde siempre un papel central en todos los fabricantes, pero en estos últimos diez años ha experimentado una rápida evolución con la aplicación de sistemas ABS y ESP, mejoras en las suspensiones, implementación de dirección asistida de serie y neumáticos más fiables. A continuación veremos los elementos de seguridad activa más comunes en los coches.

#### **3.1.1 TREN DE RODAJE**

El tren de rodaje debe proporcionar al conductor facilidad de manejo y control en situaciones límite del vehículo, esto se consigue gracias a una extensa insensibilidad al viento lateral, una dirección precisa y una manejabilidad fiable; instrumentos que permiten al conductor responsable circular con máximo nivel de seguridad.

Otro papel clave en materia de la seguridad activa lo desempeñan los frenos: deben responder espontánea y uniformemente y seguir aportando pleno rendimiento incluso si se someten a cargas permanentes. El deporte del motor es el campo de experimentación ideal: cualquier elemento que prueba aquí sus virtudes, demuestra ser a su vez un elemento de fiabilidad superior para el uso cotidiano.

Todo el control de un vehículo pasa por el tren de rodaje el cual engloba muchos otros sistemas como los frenos, las suspensiones y numerosos sistemas electrónicos de los cuales destacan el ABS y el novedoso ESP. Dicho tren debe tener un comportamiento de conducción neutro y consiguientemente calculable, indistintamente de que circule en curvas, sobre pistas en malas condiciones o en lluvia.

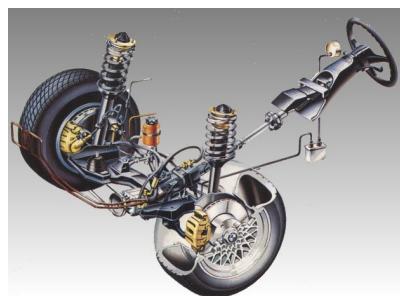
**Tren de rodaje con tracción integral y frenos de disco en las cuatro ruedas.**

En las siguientes páginas de este apartado se mencionan los diferentes dispositivos que forman parte o están relacionados con el tren de rodaje.

Cualquier componente del tren de rodaje puede ser tan perfecto como se quiera, y sin embargo lo decisivo es siempre la acción concertada del conjunto. Esto rige por igual para todos los componentes de un eje como para la acción conjunta de los ejes anterior y posterior y para el reparto de pesos sobre ambos ejes. Y no por último, la rigidez de la carrocería también desempeña un papel importante pues, en combinación con la geometría de los ejes, influye asimismo sobre el comportamiento de autodirección del vehículo.

### **3.1.1.1 DIRECCIÓN**

**Una dirección precisa representa una de las condiciones más importantes para la conducción segura. Pero la precisión también exige una resistencia perceptible de la dirección y suficiente fuerza de retrogiro, de modo que el conductor obtenga la sensación más directa posible acerca de las condiciones del pavimento y la marcha. Una servodirección (dirección asistida) demasiado confortable, que se deje mover con un solo dedo a cualquier velocidad de marcha, puede conducir a situaciones de extremo peligro. Por otra parte, las fuerzas de direccionamiento al aparcar y acomodar el coche deben ser lo más reducidas posibles.**



Los fabricantes tras años de investigación desarrollaron un sistema capaz de regular la servoasistencia\* en función del régimen, lo cual se traduce en maniobras de aparcamiento más suaves con regímenes bajos de motor, pero redireccionamiento exacto en regímenes altos.

\* La asistencia de la dirección (el giro del volante) es adaptada según la velocidad de marcha. A velocidades bajas (aparcamiento), el volante va más suave que a velocidades altas para conseguir una dirección más precisa. El sistema funciona mediante un desmultiplicador de las vueltas del volante, el cual está controlado por una centralita que regula la fuerza necesaria según la velocidad.

### **3.1.1.2 FRENOS**

Los frenos constituyen uno de los más importantes sistemas de seguridad de un automóvil. En virtud de ello, los fabricantes dedican mucho tiempo al desarrollo y diseño de los sistemas de frenado. Buena prueba de ello es que hoy en día podemos encontrar coches de la talla del Audi S4, Mitsubishi Carisma Evo VI o Porsche Carrera 4 capaces de pasar de 150 km/h a 0 en escasos 75 m y menos de 3½. Cuando éstos ya han parado, un coche sin ABS se mueve aún a 50 km/h. Este tipo de coches son fruto de años de evolución de la industria automovilística y aplicar las características de los WRC (World Rally Car) a los turismos.

**Los nuevos sistemas de ABS (sistema antibloqueo) llevan un sensor en cada rueda, que compara permanentemente el régimen (velocidad de giro) de cada una de ellas con el de las restantes. Dicho régimen puede ser diferente en cada rueda porque en curvas, terrenos deslizantes o en frenadas cada rueda tiene diferentes velocidades y/o superficies. (ver ESP.)**

**Los cuatro sensores están comunicados con una centralita de control. Si se reduce repentinamente el régimen de una sola rueda, la electrónica da aviso del riesgo de bloqueo, a raíz de lo cual se reduce de inmediato la presión hidráulica en el tubo de freno en cuestión, para aumentar a continuación otra vez hasta escasamente debajo del límite de bloqueo. Este ciclo se desarrolla varias veces por segundo, sujeto a vigilancia y regulación electrónicas durante toda la operación de frenado. Resultado: el vehículo sigue direccional y su huella sigue estable incluso al frenar indistintamente del agarre o patinaje que ofrezca el pavimento. En cambio, no necesariamente se acorta el recorrido de frenado. Este sistema está vigente en los turismos de la gama más alta y opcionalmente desde Junio del 1980, actualmente este sistema podemos encontrarlo de serie en todos los vehículos de gama media y opcionalmente por 80.000pts en los de gama baja.**

### **3.1.1.3 NEUMÁTICOS**

El neumático es un órgano de seguridad y único lazo de unión entre el suelo y el vehículo. Su elección dependerá en gran medida del tipo de suelo sobre el que ruede normalmente el vehículo así como del modelo que lo monte.

Cuadro con las características de los neumáticos:

	<b>Menos</b>	<b>Normal</b>	<b>Más</b>
<b>Ranuras cubierta</b>	Más agarre en superficies lisas y secas	Polivalente sin extremos.	Muy grabado esta preparado para mucha agua o nieve
<b>Presión</b>	Deterioro rápido, mayor gasto de combustible, menos confort pero más adherencia.	Correcto *Tiene ventajas la utilización de N2 al inflarlo.	Deterioro rápido, menos confort, poca seguridad pero menor gasto de combustible.
La presión ha de ser idéntica en las ruedas de un mismo eje			

Las funciones del neumático en el vehículo son: soportar la carga, transmitir las fuerzas de aceleración y de frenado, dirigir el vehículo, participar en la suspensión, el confort y participar en la estabilidad.

**Hay dos tipos de ruedas, una con arquitectura diagonal y otra radial. En esta página se explica la superioridad de un neumático radial frente a uno diagonal.**

<b>RADIAL</b>	<b>DIAGONAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reducción de las deformaciones de la superficie de contacto con el suelo.</li> <li>– Reducción de las fricciones con el suelo.</li> <li>– No existe desplazamiento entre lonas de carcasa</li> </ul> <p><u>Como consecuencia obtenemos:</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Deformación de la superficie de contacto con el suelo</li> <li>– Fricciones con el suelo</li> <li>– Desgaste más rápido</li> <li>– Menor adherencia</li> </ul>

Aumento del rendimiento kilométrico.	- Consumo de carburante elevado.
Mejora de la adherencia.	
Mejor estabilidad.	
Disminución del consumo de carburante.	
Confort y suavidad debido a la gran flexibilidad vertical.	
Menor calentamiento del neumático.	

Diseño de rueda Diagonal

Diseño de rueda Radial

#### **3.1.1.4 ESP: Sistema Electrónico de Estabilidad**

**El ESP es un sistema electrónico que corrige las pérdidas de trayectoria provocadas por un excesivo subviraje o sobreviraje (ver apartado *funcionamiento*), actuando sobre los frenos de manera discriminada –independientemente en cada rueda, o bien actuando sobre la alimentación para evitar un exceso de aceleración. Para ello se toma como base toda la infraestructura del ABS y del control de tracción a lo que se añaden como elementos específicos una serie de mecanismos de medición y unos actuadores unidos a una centralita de control específica.**

**Este sistema representa sin duda alguna el avance más importante en cuanto a seguridad activa en los últimos veinte años, pero que nadie piense que es una patente de seguridad porque cuando se superan los límites físicos, con ESP o sin él, el accidente es inevitable.**

#### **Funcionamiento**

**El principio de funcionamiento se basa en el sistema de giro utilizado por un vehículo oruga. Si el coche subvirá, porque se exige más giro de la adherencia existente en el tren delantero, se frena la rueda interior –para ayudar a cerrar la trayectoria– del tren trasero, que no desliza porque todavía tiene adherencia. Si el coche sobrevira porque falta de adherencia en el tren trasero, el sistema frena la rueda exterior –para abrir la trayectoria– delantera, que todavía conserva la adherencia.**

**Todo el sistema está controlado por una centralita que compara el ángulo de giro del volante con el de giro real del vehículo sobre su propio eje. Si los valores no concuerdan, actúa sobre el freno (delantero o trasero depende si es subviraje o sobreviraje), lo que produce inmediatamente un efecto de rotación sobre el vehículo que le ayuda a girar. En ambos casos se consigue estabilizar el vehículo sobre la base de la trayectoria inducida por el volante. Si el conductor frena, se produce el mismo efecto aligerando la potencia de frenado individualmente en alguna de las ruedas. La centralita como también ha recibido información sobre la velocidad, llegado el caso, actúa sobre la inyección cortando el flujo de combustible y evitando que el conductor pueda aumentar la velocidad al actuar sobre el acelerador.**

#### **Conclusiones del ESP**

- El sistema no permite sobrepasar las leyes físicas. La velocidad de paso en curva no la determina el ESP sino el peso, la suspensión, los neumáticos y el correcto estado de todos estos elementos.
- No «arregla» diseños deficientes de la suspensión, aunque permite alcanzar los límites de éstos con mayor tranquilidad.
- En curva es imprescindible que el conductor ajuste la velocidad de entrada; a partir de ahí, incluso con el gas a fondo el sistema se encarga de mantener la trayectoria inducida por el volante limitando automáticamente la velocidad si ésta se eleva por encima del límite de adherencia.
- La prioridad del sistema es la seguridad, por lo que en la mayoría de los casos la velocidad de paso en curva y, sobre todo, la de salida es más lenta con el ESP conectado. La de entrada la determina el conductor.
- Es fundamental que neumáticos, presiones, amortiguadores y cotas de suspensión estén en perfectas condiciones para que la eficacia del ESP sea óptima.
- Es importante vencer la tentación de iniciar contravolantes o gestos bruscos de dirección para corregir trayectorias, eso ya lo hace el ESP. La máxima eficacia se obtiene dirigiendo las ruedas delanteras hacia donde queremos ir.
- Se trata sólo de una ayuda a la conducción, no lo «arregla» todo. No debemos caer en un exceso de confianza que nos lleve a tomar riesgos que no tomariámos sin ESP.
- 

## **Historia del ESP**

**Robert Collin** es un periodista sueco en cuya tarjeta de visita figura la caricatura de un alce con cara de pocos amigos, que, tocado con un sombrero y la tarjeta típica con la mención Press, avanza a la carrera empuñando una pluma como si fuera una lanza. Collins fue el probador que volcó un Mercedes Clase A haciendo el test del alce que consiste en un giro a la izquierda y otro a la derecha en muy poco tiempo y a gran velocidad (Noviembre'97). Hoy su relación con la marca alemana es de todo menos cordial.

Aquella prueba ocasionó unos gastos millonarios a Daimler Benz para lavar la imagen de su Clase A. Mercedes no se anduvo con chiquitas y, entre otras mejoras, introdujo en serie sobre su pequeño modelo el Control Electrónico de Estabilidad de Bosch, (Mayo'98).

Este sistema puede considerarse el más revolucionario de los últimos veinte años en lo que a seguridad activa se refiere. La nueva Clase A iba a ser el detonante para que Ferdinand Piëch, presidente del Grupo VW, anunciara que el Golf también lo incorporaría. Su coche no iba a ser menos, aunque, pasada la fiebre inicial del efecto alce, el Golf no dispondría de ESP hasta mediados del año siguiente.

Lo cierto es que el problema de la Clase A desencadenó la fiebre de los controles electrónicos de estabilidad. Buen número de fabricantes ampliaron su oferta hacia modelos de gamas medias y bajas, cuando en un principio era algo reservado a modelos de altas prestaciones. La ventaja de los ESP es que aprovechan toda la instalación del ABS y eso permitirá abaratar sus precios. Por otra parte, este sistema debería hacerse acreedor de algún tipo de subvención. Las compañías de seguros están interesadas –después de los propios usuarios– en que el mayor número posible de automóviles lleven ESP.

## **Prueba de Funcionamiento del ESP nº1: Manejabilidad sobre mojado.**

El circuito trazado de 400m ha supuesto una dura prueba de agilidad y habilidad para vehículos y conductores. La baja adherencia disponible –simula asfalto muy mojado– no permite ningún error que no se pague, como mínimo frente al cronómetro. Los resultados obtenidos demuestran que en términos

**de rapidez absoluta, un buen conductor, debidamente entrenado y en un tiempo inferior con ESP desconectado que con él activo. Sin embargo, durante los ejercicios sin ESP se produjeron no menos de dos trompos, además de cinco o seis errores de conducción que costarían más de dos segundos por vuelta.**

**Con ESP conectado se ponen de manifiesto dos extremos. Por una parte, los tiempos absolutos por vuelta resultan ligeramente más lentos aunque en el cómputo general la uniformidad de las tres vueltas efectuadas permiten un tiempo total muy cercano, en ocasiones, más rápido que con el sistema desconectado. No se producen pérdidas dramáticas de trayectoria y la conducción es mucho más relajada.**

En bajas condiciones de adherencia, la ausencia de ESP requiere de ciertas habilidades.

Las perdidas de trayectoria con una tracción delantera son menos exigentes para el conductor.

#### **Prueba Funcionamiento del ESP nº2: Curva de doble radio.**

**En este tipo de terreno lo más difícil de efectuar para el coche es el cambio de trayectoria cuando ya está en pleno apoyo Una vez más, el conductor, sin auxilio del ESP, es capaz, con un par de pasadas de entrenamiento, de solventar la situación sin demasiada dificultad y a una velocidad ligeramente superior que con ESP.**

**En este ejercicio el ESP frena ostensiblemente el coche cuando se intenta cerrar la trayectoria para evitar el subviraje reduciendo la velocidad paso. Otra particularidad que se pone de manifiesto es que, sobre firme deslizante, esa frenada inducida por el ESP no permite disponer de suficiente adherencia lateral, con lo que la trayectoria se abre más de lo deseado y no en todas las ocasiones se puede esquivar el último cono de referencia.**

**Lógicamente los modelos más pesados son los que presentan mayores problemas para trazar por la línea correcta, resultando además los que muestran la velocidad de paso más lenta. La actuación del ESP sobre los frenos es notablemente perceptible por el conductor. En todos los casos se le «oye» trabajar duro durante bastantes segundos para equilibrar la estabilidad y mantener la trayectoria elegida.**

El peso es inversamente proporcional a la eficacia en las curvas de doble radio, la inercia es muy alta.

El tren posterior de los modelos más ágiles es una ayuda en el viraje más cerrado.

#### **Prueba Funcionamiento del ESP nº3: Esquivar sobre hielo.**

**La esquiva de un obstáculo sobre piso muy deslizante es una de las maniobras más difíciles de efectuar y bastante común en el congestionado tráfico de nuestras carreteras. Inicialmente efectuamos el ejercicio empezando con una fuerte frenada en línea recta para llevar a cabo la esquiva posteriormente y soltando el freno por completo. Las variaciones de velocidad medidas nos llevaron a mantener una**

**velocidad de entrada más constante, lo cual permite uniformizar la velocidad aunque curiosamente no los resultados. La velocidad de accionamiento del volante y la inconsciente trazada lleva a resultados variados.**

**El denominador común en este ejercicio es que el ESP, trabajando a tope consigue que efectuemos una «S» bastante neta aunque en pocas ocasiones consigue que lo hagamos dentro de los estrechos límites establecidos. Sin él, las esquivas son más erráticas, no se consigue efectuar la segunda parte de la ese y el coche se desestabiliza mucho más. Un dato sorprendente habida cuenta de las diferencias de tamaño y peso: la diferencia de velocidad de paso entre el modelo más rápido y el más lento es de tan sólo 3 km./h.**

Incluso en condiciones tan desfavorables el ESP es capaz de hacer recuperar la trayectoria correcta.

El brusco giro inicial hace trabajar al sistema desde la misma fase de entrada.

#### **Prueba Funcionamiento del ESP nº4: Encadenamiento de curvas.**

**La dificultad más notable de esta situación está en la aleatoriedad de las reacciones del vehículo, sumamente sensibles a la velocidad de entrada, al trazado y a la brusquedad de accionamiento del volante. A lo largo de las distintas repeticiones efectuadas apenas se consiguieron reproducir dos efectos iguales. La situación de la «placa de hielo» o encharcamiento profundo a la salida de la curva, presenta una seria dificultad para mantener la trayectoria.**

**Independientemente del tipo de transmisión con el ESP desconectado, los efectos del hielo en la estabilidad de los vehículos son demoledores. Desde un fuerte subviraje hasta un violento «latigazo», de la parte trasera, se pasa por toda la gama de situaciones, ninguna de ellas tranquilizadoras. En estas condiciones el concurso del ESP es definitivo. En la inmensa mayoría de las ocasiones el sistema se encarga de encarrilar al vehículo en el trazado correcto sin aparentes dificultades, aunque con una intervención bastante elocuente en todos los casos, a juzgar por los ruidos que se perciben en el habitáculo y por el insistente parpadeo del testigo de turno en el salpicadero. Es el único ejercicio en el que ni siquiera el entrenamiento de sucesivas pasadas permite al conductor prevenir las reacciones a la salida y tan sólo puede intentar atajar sobre la marcha con fortuna y habilidad los bandazos que se producen.**

La aleatoriedad de reacciones sin ESP en el hielo se uniformizan al conectar el sistema.

Las mediciones demuestran que una variación de velocidad de tan solo 3Km/h puede ser fatal.

#### **3.1.1.5 SUSPENSIÓN**

**La suspensión del automóvil está formada por las ballestas, horquillas rótulas, muelles y amortiguadores, estabilizadores, ruedas y neumáticos. El bastidor del automóvil se puede considerar el cuerpo integrador de la suspensión. Está fijado a los brazos de los ejes mediante ballestas o**

**amortiguadores. En los automóviles modernos, las ruedas delanteras (y muchas veces las traseras) están dotadas de suspensión independiente, con lo que cada rueda puede cambiar de plano sin afectar directamente a la otra. Los estabilizadores son unas barras de acero elástico unidas a los amortiguadores para disminuir el balanceo de la carrocería y mejorar la estabilidad del vehículo.**

Vista de cerca de la suspensión derecha del eje trasero y un freno de tambor.

Ilustraciones: SEAT Toledo modelo 1999

### **3.1.2 ACONDICIONAMIENTO FISIOLÓGICO**

Accidente o no accidente: esta cuestión suele depender únicamente de la rapidez de reacción del conductor. Pero sólo quien dispone de la plenitud de su condición física y mental puede reaccionar rápida y acertadamente a la vez. Es por ello que al diseñar un vehículo se contempla la buena condición del conductor como un elemento esencial de la seguridad activa.

Un buen coche está construido en todos sus detalles de modo que sea posible concentrarse plenamente al tráfico al ir al volante. El conductor va sentado cómoda y relajadamente. Su atención no sufre irritación o descuido por engorrosas búsquedas de los elementos de mando ni por molestias ambientales como serían un excesivo calor o frío, ruido o molestias por gases de escape. A este acondicionamiento se añade la mejor visibilidad posible de día y de noche, que protege la vista y los nervios, permitiendo una conducción previsora en el sentido más puro de la palabra y, por tanto, segura.



Para el dominio fiable del vehículo es codecisivo el ir en posición anatómicamente correcta y relajada. A la anatomía se añade la ergonomía: Rápido y cómodo acceso a los controles, volante regulable, reposacabezas ajustable, etc. También una climatización agradable del habitáculo representa un factor esencial de la seguridad fisiológica: Si tiene que padecerse sudor al volante apenas se podrá concentrar al tráfico.

### **3.2 SEGURIDAD PASIVA**

**No todo accidente es evitable. Por ello es preciso mantener limitadas las consecuencias para el hombre y el vehículo. Seguridad pasiva: significa, dado el caso, la mejor protección posible contra lesiones, no sólo para los ocupantes del vehículo, sino también para terceras personas eventualmente afectadas, sobre todo para peatones y ciclistas.**

**Junto a la minimización de los gastos de reparación para el vehículo en casos de accidentes mínimos (concepto de protección del vehículo) forma parte fija de todo desarrollo de vehículos el implementar máximos niveles de seguridad pasiva, todo ello sujeto al precepto de establecer armonía conceptual, o sea, la acción conjunta planificada de todos los factores que intervienen. Después de todo, el automovilista no puede escoger el tipo de accidente, sino que debe estar lo mejor equipado posible para cualquier caso concebible.**

**Eso significa deformación controlada de las zonas de resistencia progresiva, produciendo mínimos daños al circularse con velocidades menores, máxima estabilidad de la celda del habitáculo, diseño decididamente enfocado hacia los factores de seguridad, son sistemas vanguardistas de retención de ocupantes, acolchados de seguridad y muchos otros detalles constructivos. Si uno sólo de estos criterios presenta deficiencias, puede reducir o contrarrestar el efecto de los demás. Por ese motivo, los fabricantes de automóviles dedican a todos esos puntos decisivos su esmero y su minuciosidad sin restricción alguna. En las páginas siguientes es mostrado su significado concreto.**

### **3.2.1 FÍSICA DE ACCIDENTES**

Es una equivocación muy propagada pensar que un automóvil seguro debe estar construido lo más tenaz e inflexiblemente posible. He aquí la prueba: un tanque que choca frontalmente con 50 km/h contra un muro de hormigón puede quedar relativamente ileso por fuera y aparenta ofrecer una gran protección. Sin embargo, sus ocupantes no sobreviven ese choque en ningún caso, porque su organismo no soporta la frenada repentina a cero. Por ello no da sentido que ambos elementos sean duros. Más bien, la mejor protección en caso de accidente resulta de una carrocería de seguridad calculada con exactitud y probada en ensayos prácticos, que si bien debe ser altamente resistente en las estructuras del habitáculo, sin embargo también debe ser controladamente deformable en todos los sitios en los cuales hay que degradar la energía del impacto.

También suele subestimarse la importancia que corresponde a la función de los cinturones de seguridad, porque muchas personas no pueden imaginarse con suficiente claridad la magnitud de las fuerzas de retención que se desencadenan en una colisión. En efecto, incluso velocidades aparentemente bajas pueden ser tan fatales para el automovilista que no lleva puesto el cinturón, como para el peatón o el ciclista atropellado. Las leyes físicas no admiten, pues, violación: cuanto más breve son los recorridos o tiempos en los que ha de reducirse hasta cero una determinada velocidad, tanto mayores son los estragos que se producen.

*Arriba, ejemplo de colisión rígida.*

*Izquierda, diferencia entre una parada segura y un choque.*

### **3.2.2 CARROCERÍA DE SEGURIDAD**

#### **Carrocería**

Según hemos hecho alusión, la seguridad efectiva de una carrocería no puede ser demostrada en consideración aislada de su solidez o de la longitud o deformabilidad de sus zonas de contracción. Más bien, en caso de accidente tiene que actuar conjuntamente toda una serie de mecanismos de protección de modo que se limite sistemáticamente al mínimo posible el riesgo de sufrir lesiones. Eso presupone una construcción cuyo material y cuya estructura constituyan un conjunto minuciosamente pensado a fondo.

Para el desarrollo de carrocerías de esa índole, los fabricantes no sólo disponen de laboratorios y talleres bien preparados, sino también de un conjunto de experiencias reunidas en el curso de varias décadas y gran cantidad de datos de la investigación de accidentes. Aparte de ello, mediante simulación asistida por ordenador, pueden determinarse las posibles consecuencias de un accidente, ya desde antes de iniciar la construcción de un prototipo. Así es como la alta profesionalidad actúa con la alta tecnología, para seguir mejorando el comportamiento al impacto de los automóviles.

## Absorción programa de la energía

Un criterio esencial del concepto de seguridad consiste en que los automóviles adaptan su deformación a la gravedad del accidente. A esos efectos interviene, entre otras cosas, una detallada construcción integral, en la mayoría de vehículos nuevos, que consta de amortiguadores hidráulico-neumáticos del impacto, elementos amortiguadores antichoque mecánicos y largueros deformables. Los tres elementos constituyen un conjunto integral, que, en caso de choque, por así decirlo, participan instantáneamente en el proceso.

Degradación programada de la energía en caso de choque frontal.

Pequeños golpes de hasta 4 km/h no producen daño alguno.

Con una velocidad de choque de hasta 15 km/h entran en funcionamiento los tubos de acción solapada (fácilmente reparables).

Sólo a velocidades más altas empiezan a deformarse también los soportes del motor.

En colisiones frontales graves (a partir de 30 km/h), toda la estructura del frontal participa en la absorción de la energía.

**De esta forma se lleva a cabo una absorción exactamente calculada y programada de la energía, a través de toda la gama de velocidades: los diferentes elementos no se deforman ni más ni menos de lo que resulta necesario en el caso concreto para la óptima protección de todos los implicados en el accidente. También ha sido considerada la posibilidad de mantener limitados los daños del vehículo mismo. Aparte de ello, mediante resistentes uniones transversales ha quedado establecido, que el sistema no sólo funcione perpendicularmente contra una pared, según el choque clásico, sino que también sea eficaz en caso de impacto contra un árbol, un obstáculo descentrado o de cualquier otra índole.**

Una resistente unión transversal se encarga de que incluso en caso de choque frontal descentrado, una parte de la energía sea degradada por el lado propiamente no afectado, para descargar así el lado que recibe el impacto.

## Habitáculo resistente

**Con el ejemplo del tanque se ha demostrado la importancia que corresponde a una deformación prevista: la contracción programada sirve, por decirlo así, de freno de emergencia adicional, para que los ocupantes no queden expuestos repentinamente a la violencia del impacto. Sin embargo, la zona en la que comienza el área de supervivencia debe deformarse sólo en pequeña escala. O sea, que el habitáculo, contrariamente a la zona de contracción, debe poseer la máxima solidez, de modo que sus daños resulten tan insignificantes como sea posible. Aparte de ello, como es natural, no deben penetrar en el interior ningún otro componente del vehículo que pudiera provocar lesiones. Las carrocerías más modernas observan un comportamiento ejemplar bajo todos estos aspectos. Incluso al deformarse totalmente las zonas del frontal y la trasera de los automóviles, se mantiene extensamente ilesa la celda del habitáculo.**

Imágenes de las diferentes pruebas a las que es sometido un vehículo en su fase de prototipo.

Tipos de Colisiones:

- Frontal contra un poste.

- Lateral.
- Frontal con desviación.
- Frontal perfecta.
- Frontal con ángulo de 45°

### **Sistema de combustible seguro**

**Si se derrama la gasolina de un automóvil accidentado se produce una situación de máximo peligro de incendio: basta con una sola chispa del sistema eléctrico o de chapas sometidas a fricción, para desencadenar un infierno en llamas. Por ese motivo no sólo ha de contarse con el deposito antichoque más seguro posible, sino también los conductos y demás componentes que integran el sistema de combustible, ya que la mayoría de los incendios de vehículos tienen sus orígenes en el motor. A este respecto también es importante la protección contra chispas producidas por posibles cortocircuitos del sistema eléctrico.**

**Los fabricantes han venido dedicándose intensamente desde hace varias décadas a este crítico capítulo de la seguridad pasiva. Esto se entiende por igual para el diseño y el posicionamiento del depósito, como también para la conducción y fijación de las tuberías. Resultando: medidas de protección confeccionadas específicamente para la posición de montaje de los sistemas de combustible. De esa forma se consigue la mayor protección posible para los ocupantes.**

### **Sólido habitáculo antivuelco**

**Extrema resistencia del techo: también a esos efectos se producen numerosos prototipos en pormenorizado trabajo artesanal desde la fase de desarrollo de un nuevo modelo y se prueba su comportamiento en todas las situaciones de accidentes imaginables. La elevada resistencia del techo se consigue, sobre todo, por medio de resistentes perfiles y montantes de las ventanillas. A esto se añaden las zonas de transición redondeadas de los montantes hacia el techo, que garantizan la carga más uniforme posible del techo. También el parabrisas y la luneta posterior, en versión pegada, forman una unidad sólida con el resto de la carrocería que contribuye a la resistencia antivuelco de la celda del habitáculo.**

#### **3.2.3 SISTEMA DE RETENCIÓN DE OCUPANTES**

**Ni la mejor de las zonas de contracción tiene gran sentido si en caso de colisión los ocupantes no van protegidos adicionalmente por medio de sistemas de retención con ese mismo alto nivel de eficacia: sólo por medio de la acción conjunta de ambos componentes se intercepta la energía del choque de modo que resuelve evitable la lesión.**

**El concepto de los sistemas de retención no se limita a los cinturones de seguridad con sus diversos equipos técnicos suplementarios, sino que también incluye los sistemas Airbag y, en el sentido más amplio, los asientos y sillas infantiles. Muchas marcas han contribuido a llevar adelante el desarrollo de todos estos sistemas, desde sus propios orígenes hasta los actuales, optimizados en múltiples aspectos.**

**Una gran parte de aquello que hoy se entiende como el estado técnico más reciente, está basado en la experiencia de varias décadas de investigación y desarrollo de los ingenieros de los fabricantes.**

### **3.2.3.1 CINTURÓN DE SEGURIDAD**

Por fortuna, hoy día no sólo existe la obligación legal de que los ocupantes de un automóvil se abrochen los cinturones de seguridad, sino que también está propagado el reconocimiento de su acierto. Lo que sin embargo a menudo puede pasarse por alto, es que los cinturones de seguridad sólo pueden cumplir óptimamente su función protectora en determinadas situaciones.

Si también los ocupantes han de beneficiarse del efecto de retención exactamente calculado para la zona de contracción, es preciso que los cinturones estén estrechamente ajustados al cuerpo. De no ser así, el coche ya inicia la deceleración mientras el ocupante prosigue la trayectoria a toda marcha, para sólo ser interceptado por el cinturón varias fracciones de segundo más tarde.

Ni la mejor de las zonas de contracción sirve de ayuda sin el cinturón de seguridad. Ejemplo: si con una velocidad de choque de sólo 30 km/h, un ocupante de 75 Kg quisiera protegerse del choque apoyándose contra el tablero de instrumentos o contra el parabrisas, tendría que estar en condiciones de levantar aprox. 1 tonelada de peso. Con 100 km/h 2 toneladas. Ésto es algo totalmente imposible.

En tal caso, la cinta textil que normalmente ha de servir de salvavidas, puede transformarse ella misma en un riesgo, aparte de surgir el peligro de que el ocupante choque con elementos del habitáculo. Para evitar este problema fueron inventados los pretensores del cinturón de seguridad (hoy disponibles de serie en muchos vehículos). Explicados más adelante con ilustraciones y comentarios.

Otro aspecto importante: los asientos deben estar moldeados de modo que descarten lo mejor posible el deslizamiento bajo el cinturón subabdominal –el llamado efecto submarino– (explicado en página siguiente) en cualquier velocidad de choque. Aparte de ello, cada cinturón debe ser ajustable individualmente a la talla del ocupante, para que en caso de choque no represente a su vez un riesgo de producir lesiones. Y finalmente, un sistema de cinturones debe ofrecer por lo menos tanto confort como sea necesario para que el usuario lo utilice de buena gana. Todos éstos son criterios para los cuales no existen disposiciones legales.

Simulación asistida por ordenador, del desarrollo de un choque con un ocupante abrochado: puede reconocerse claramente el avance del cuerpo, con tendencia al efecto submarino\*.

\* El ES provoca que el cuerpo se escurra por debajo del cinturón cuando éste no está ajustado.

#### **Tensor del cinturón**

Los cinturones automáticos se adaptan relativamente justos al cuerpo pero en bien del confort, no van tan estrechamente ajustados como sería ideal para un caso de choque porque la fuerza de muelle relativamente escasa del enrollador automático, el efecto de inercia tipo bobina cinematográfica y la distancia que establecen las prendas de vestir hacia el cuerpo de los ocupantes son factores que pueden costar centímetros decisivos en el caso de accidente. A esto se añade una cierta dilatación del cinturón, provocada por las extremas fuerzas de aceleración que intervienen.

Enrollador automático.

**Los sistemas tensores de cinturones compensan estas desventajas, eliminando en gran escala ese margen residual entre cuerpo y cinturón al momento del choque. Fracciones de segundo antes de que se**

**produzca el desplazamiento hacia delante, el cierre del cinturón es estirado 60 mm hacia abajo. Las bandas de los cinturones para el hombro y subabdominal se tensan conjuntamente. De esa forma se retienen fiablemente los ocupantes en su lugar.**

#### **El tensor tiene dos ventajas decisivas:**

- Actúa simultáneamente sobre las bandas de los cinturones para el hombro y para el abdomen aumentando así considerablemente la seguridad. No sólo reduce sumamente el riesgo de golpear con la cabeza contra el volante (en caso de no disponer airbag), sino también impide el desplazamiento en avance sobre el asiento y el riesgo del efecto submarino.
- El sistema no se dispara por efectos pirotécnicos, sino mecánicamente por medio de un muelle. De esta forma puede renunciarse a complejos sistemas de sensores electrónicos (los nuevos modelos se están fabricando con sensores).

#### **Gráfico velocidad–tiempo en un choque**

Un ocupante sin retención (cinturón) no tiene deceleración: pasa de una velocidad X a 0km/h en un tiempo imperceptible. Esto en muchos casos provoca la muerte. En cambio con retención el cuerpo del ocupante disminuye la velocidad progresivamente, pero si dicho cinturón posee pretensión la deceleración dura más tiempo y por tanto mejor

#### Pretensores

Los tensores ayudan a la fijación del cuerpo al asiento con unos resultados excelentes, los cuales evitan multitud de lesiones en la caja torácica de los pasajeros.

#### **3.2.3.2 REPOSACABEZAS**

El reposacabezas es uno de los dispositivos de seguridad pasiva más importantes. Su función es limitar el movimiento del cuello durante una colisión para reducir las lesiones en las vértebras cervicales. A pesar de que su eficacia está demostrada, generalmente usamos mal nuestro reposacabezas.

**Tiene como objetivo controlar el desplazamiento de la cabeza del ocupante del asiento en relación con el tronco y reducir, en caso de accidente, el riesgo de lesión en las vértebras que forman el cuello. Así se configura como uno de los elementos esenciales de seguridad pasiva**

**Fuentes del IDIADA (Instituto de Investigación Aplicada del Automóvil), explican que, en las colisiones por alcance, este elemento retiene la cabeza del ocupante en su trayectoria hacia atrás. Debe reducir la velocidad de la cabeza sin producir deceleraciones bruscas, ni permitir ángulos de inclinación excesivos de la columna vertebral. Si lo que se produce es un choque frontal, estos mismos expertos indican que el cinturón de seguridad y, en su caso, el airbag, son los encargados de retener el movimiento hacia adelante de la cabeza y del cuerpo del ocupante, mientras que el reposacabezas será el encargado de recoger correctamente la cabeza cuando vuelva a su posición original.**

#### **Mal uso**

Los reposacabezas van colocados en los asientos delanteros y, actualmente, muchos coches los incorporan también en sus plazas traseras. Su función en ambas posiciones es la misma. En el último caso, algunos conductores ponen algunas pegas; por ejemplo, que limita la visibilidad. Por ello, los fabricantes tratan de mejorar la visibilidad trasera cuando los asientos están vacíos. Por ejemplo, Volvo ha presentado

reposacabezas que, pulsando un botón, pueden plegarse (hacia adelante en los asientos laterales, para evitar que alguien se siente sin que el reposacabezas esté en la posición correcta) o retraerse (en las plazas centrales).

Uno de los problemas más comunes, y en el que hacen especial énfasis todos los investigadores, es el del mal uso que se hace de este elemento de seguridad. Hay que subrayar especialmente el hecho de que los usuarios de los vehículos no ven este dispositivo como un elemento esencial para su seguridad, como si ocurre, por ejemplo, con el cinturón de seguridad.

**Los datos destacan siguiendo las conclusiones del Instituto Español de Investigación sobre Reparación de Vehículos "Centro Zaragoza"- que "aproximadamente el 90 % de los turismos modernos incorpora reposacabezas ajustables y, de estos, en torno al 75 % están situados demasiado bajos". O lo que es lo mismo, dos de cada tres personas hacen mal uso del reposacabezas. Y afirman que con sólo mejorar su posición, podrían alcanzarse niveles superiores de protección".**

**Ante estos datos, hay que concluir que, para asegurar la adecuada actuación del reposacabezas, éste debe regularse a medida del ocupante del asiento (ver apartado ¿Cómo colocarlo?) y que su utilización debe ser conjunta con los otros sistemas de seguridad que ofrece el vehículo: el asiento correctamente situado y el cinturón de seguridad abrochado.**

### **¿Qué ocurre si está mal regulado?**

**Durante una colisión, el cuello sufre un peligroso movimiento.** En España, los accidentes de tráfico son la primera causa de lesión cervical. Las consecuencias pueden ir desde un leve esguince cervical a una gravísima tetraplejia. La diferencia puede estar en manos de un reposacabezas adecuadamente regulado.

**Cuando sufrimos un accidente de tráfico, el tronco se desplaza en una u otra dirección, dependiendo del tipo de colisión (frontal, trasera o lateral), para quedar frenado, finalmente, por el respaldo del asiento. Mientras, la cabeza no realiza este movimiento al mismo tiempo, sino unos instantes después, por lo que el cuello sufre un movimiento de vaivén o zig-zag, denominado "latigazo cervical".**

**En una investigación llevada a cabo por Nissan -en colaboración con el Instituto de Investigación del Automóvil del Japón y el Instituto de Medicina Clínica de la Universidad de Tsukuba- se resumen los movimientos que puede sufrir el cuello durante una colisión: un estiramiento hacia arriba, un movimiento brusco hacia atrás o un pronunciado doblamiento del cuello. Si no existe, en esos momentos, un reposacabezas bien colocado que recoja adecuadamente el cuello e impida que las vértebras cervicales resulten dañadas, las consecuencias pueden ser muy graves.**

### **¿Cómo colocarlo?**

Si el reposacabezas es ajustable, no hay que olvidar que para que cumpla su misión debe estar bien colocado.

- Debe estar lo más cerca posible de la parte posterior de la cabeza. Los expertos hablan de cuatro centímetros como la distancia adecuada.
- Regular la altura. Dos son las referencias que puede tomar:
- Elevar el reposacabezas hasta que la parte más elevada del mismo quede a la misma altura que la parte superior de la cabeza del usuario.
- El centro de gravedad de la cabeza (la altura de los ojos) debe coincidir con la parte resistente del reposacabezas; para comprobar donde está, presione sencillamente el almohadillado hasta encontrar la parte rígida
- Asegurarse de que queda bloqueado: inclinar la cabeza hacia atrás con decisión. El reposacabezas debe mantener inalterable su posición.

4. No olvidar que se debe colocar adecuadamente el respaldo del asiento: su ángulo de inclinación no debe superar los 25 grados.

5. Y, por supuesto, abrocharse el cinturón de seguridad.



### 3.2.3.3 AIRBAG

Una bolsa de gas que se infla frente al conductor u ocupante del vehículo en caso de colisión es la definición más simple, pero quizás más clara, de uno de los sistemas de seguridad pasiva que más desarrollo está alcanzando en los últimos tiempos. El airbag nació para disminuir las lesiones que se producen en las colisiones frontales y actualmente existen airbags para todas las necesidades. Una característica a tener muy en cuenta: la bolsa de aire que utilizan los coches europeos ha sido configurada como un complemento del cinturón de seguridad.

Este dispositivo es el fruto de las investigaciones que se iniciaron cuando las estadísticas demostraron que la primera causa de muerte, en las colisiones frontales, era el impacto del conductor contra la columna de dirección.

#### Funciones principales

- Evitar el impacto del conductor o del pasajero contra los elementos duros del vehículo (volante, salpicadero, parabrisas, etc.).
- Absorber parte de la energía cinética del cuerpo.
- Proteger a los ocupantes del impacto de cristales provenientes del parabrisas.
- Disminuir el movimiento de la cabeza y el riesgo de lesiones cervicales.

Sin embargo, esta aproximación no sería completa si no tuviéramos en cuenta que en estos momentos se han desarrollado airbags para casi todas las zonas del coche: Asientos traseros, laterales, en forma de cortina en las ventanas e, incluso, algunos fabricantes están estudiando la viabilidad de que los asientos especiales para niños o las motos lleven su propio airbag (más información en páginas posteriores).

## Dos tipos

**El airbag debe su nacimiento al cinturón de seguridad, el sistema de seguridad pasiva más importante, pero que no ofrece la adecuada protección en algún tipo de accidente.**

**Airbag europeo:** Tiene entre 30 y 45 litros de volumen para el conductor (aproximadamente el tamaño del volante) y de 70 a 90 litros para el acompañante, entra en funcionamiento en las colisiones que se producen entre 15 y 28 km/h, dependiendo de los valores establecidos para cada coche, y se ofrece normalmente combinado con tensores en los cinturones de seguridad.

**Airbag americano:** Está diseñado para ser efectivo sin usar el cinturón de seguridad, lo que obliga a utilizar bolsas muy grandes (de 60–80 litros para el conductor y de 130–150 litros para el acompañante) y se dispara a velocidades muy bajas.

## Eficacia

**El uso combinado del cinturón de seguridad y el airbag, en caso de colisión, evitaría que 75 de cada 100 personas sufrieran lesiones graves en la cabeza y 66 de cada 100, en el pecho. También está demostrado su efecto protector en más del 60% de los accidentes. Sin embargo, algunas noticias han hecho saltar una injustificada polémica al extrapolar a Europa los datos americanos.**

Crear una protección adecuada para cada una de las zonas del cuerpo humano más expuestas en los accidentes de tráfico no ha sido tarea fácil, pero el airbag ha resultado un sistema muy adecuado. Los investigadores, además, hacen especial hincapié en una de sus grandes aportaciones: La diversificación, es decir, la existencia de un airbag para cada tipo de colisión (frontal, lateral, etc.). La eficacia de los airbags como sistema de seguridad pasiva queda patente en los datos que ofrecen los fabricantes.

En primer lugar se han investigado los tipos de accidentes más frecuentes y sus consecuencias. Así, se ha demostrado que más de dos tercios de los accidentes de tráfico afectan a la parte delantera del automóvil y que los choques laterales son el segundo tipo de colisión más frecuente. En ambos casos, debido a las fuerzas que se desencadenan en estos accidentes, especialmente cuando la velocidad de circulación es alta, las lesiones que se producen son muy graves, resultando ser las partes más afectadas la cabeza (Volvo llega a la conclusión de que las lesiones en la cabeza causan más de la cuarta parte de las muertes), tórax, estómago y cadera.

Una vez conocidos los tipos de colisiones más frecuentes y sus lesiones, se investigó la eficacia que tenía el airbag en cada caso. *Audi* y *Volkswagen* aseguran que el airbag frontal interviene con su efecto protector en más del 60% del total de accidentes, evitando lesiones graves del cráneo y reduciendo los traumas en el tórax.

Por su parte, y en este mismo sentido, la Administración Nacional de Seguridad de Carreteras de los Estados Unidos, tras la realización de un estudio, ha llegado a la conclusión de que combinar el uso de los cinturones de seguridad y las bolsas de aire previene eficazmente las lesiones graves en la cabeza en un 75% de los casos y las lesiones graves en el pecho en un 66%. Igualmente, hay que destacar el papel que en la protección de la cabeza jugará, en un futuro cercano, una de las últimas aportaciones de la tecnología: las cortinas hinchables, aunque su eficacia, debido a su reciente implantación, aún no ha podido ser cuantificada.

## Las otras modalidades

**-Lateral:** Se instala en el asiento o en las puertas del coche. Su misión es proteger la cabeza y caderas del ocupante, al mantener la distancia entre el cuerpo y el lateral del automóvil. Tiene un volumen de doce litros y

se acciona en un tiempo de entre 3 y 5 milisegundos mediante un sensor, colocado en la puerta, que reacciona a los cambios de presión en esta zona.

**Cortina hinchable:** Es un airbag que va colocado en la parte interior del marco del coche. Aprisiona la cabeza de forma controlada e impide que ésta se golpee contra la ventanilla, los montantes o el marco, al tiempo que evita que penetren objetos del exterior. Se infla en 25 milésimas de segundo y recubre el techo del habitáculo desde su parte delantera hasta los montantes traseros, protegiendo tanto a los ocupantes de la parte delantera como trasera. BMW y Volvo han sido las primeras en presentarlo.

**Trasero:** La marca japonesa Nissan ya lo ofrecía en 1993 en las berlinas de su gama más alta. El airbag trasero persigue disminuir el impacto sobre el rostro y la cabeza de los pasajeros que ocupan el asiento trasero en caso de choque frontal. Sólo está pensado para el lado izquierdo del asiento trasero y va instalado en la parte superior del respaldo del asiento delantero. La capacidad de la bolsa es de 100 litros.

**Air Belt:** Se puede denominar cinturón de seguridad con airbag incorporado. Fue presentado por Honda y su objetivo es reducir la presión sobre la caja torácica durante el accidente. En el momento del impacto, la unidad de control envía una señal que inicia el inflado de la parte del cinturón que va del hombro a la cintura, lo que hace que actúe parcialmente como un pretensor, al reducir el juego del cinturón; al mismo tiempo, reduce el movimiento de la cabeza y la presión en la caja torácica.

## Funcionamiento

**Tres sensores independientes situados en el vano motor y en el habitáculo en caso de choque a más de 30km/h cierran el circuito eléctrico, a raíz de lo cual un detonador activa un generador de gas, cuyo propulsante sólido hincha en fracciones de segundo la bolsa de aire.**

**Este se basa en la absorción de la energía cinética del choque mediante la amortiguación que produce una bolsa llena de gas. Al chocar contra la bolsa, que debe estar completamente inflada en ese momento, el cuerpo transmite a la misma su energía, al tiempo que ésta le impide que se mueva y lesione. Pero sin olvidar que el airbag no es una simple almohada, que hace que el impacto sea contra algo blando, sino un complejo sistema amortiguador cuyo valor protector depende de su exacta adaptación al vehículo.**

Esquema del funcionamiento de un airbag para el conductor

## Historia del airbag

El airbag nació en Estados Unidos y su desarrollo fue muy lento. Sin embargo, una vez que se comprobó su eficacia, la carrera de los investigadores está siendo imparable y su implantación en los vehículos también. En estos momentos, además de lo que podíamos denominar airbag convencional (el delantero, tanto para conductor como para pasajero), existe un airbag para cada tipo de colisión y cada ocupante.

**Fueron los años 30 y el mundo de la aviación en particular los que vieron nacer el concepto de bolsa de aire. La primera patente para su instalación en un coche se registró en Estados Unidos en 1953. Consistía en un acumulador de gas comprimido que hinchaba unas bolsas colocadas en el volante, panel de instrumentos y guantera. Este diseño lo utilizó General Motors a mediados de los 70 y se comprobó que podía causar heridas muy importantes en el torso del conductor si éste estaba demasiado cerca del volante o que el pasajero podía resultar herido en las piernas si no estaba sentado adecuadamente.**

**Hay que constatar, además, que el desarrollo del airbag fue muy lento. El primer gran empujón lo recibió en 1978, gracias a una norma de la administración norteamericana que incluyó el airbag como un elemento de seguridad pasivo o automático. Fue Mercedes quien, en 1981, ofreció por primera vez**

este dispositivo para el conductor como elemento opcional en alguno de sus modelos; seis años más tarde incorporó el airbag para el acompañante. Seguidamente lo hicieron Ford, Chrysler, BMW, Saab, Porsche y Volvo, pero siempre como opción. El primero que equipó de serie uno de sus modelos con este dispositivo fue Ford, con el lanzamiento del Mondeo; posteriormente lo amplió a toda su gama, iniciando así la carrera imparable del airbag como un elemento de seguridad no destinado, exclusivamente, a los modelos más caros.

Otro de los hitos más importantes es la aparición, hace dos años, del denominado "airbag-inteligente", que incorpora sensores en el asiento, capaces de detectar hasta el más mínimo movimiento del ocupante del asiento y de suprimir su funcionamiento, en caso de colisión, cuando el ocupante está demasiado cerca del salpicadero, si va sentado un niño o si el asiento está vacío. Los pioneros han sido Mercedes, en su "Roadster SLK", y más recientemente la firma Autoliv, con su "smart-airbag" airbag inteligente.

Y, desde luego, en esta rápida carrera hay que destacar la aparición de airbags que protegen todas las partes del cuerpo y a todos los ocupantes del vehículo. Así, muy pronto algunas marcas incorporaron, en sus vehículos de alta representación, airbag en el asiento trasero, necesitando una estructura especial en el asiento delantero para poder instalarlo.

El siguiente paso se centró en las colisiones laterales: el segundo tipo de colisión más común tras el choque frontal. Opel sitúa el porcentaje de estos choques en un 24% de todos los accidentes. Para Volvo, además, provocan numerosas lesiones, debido a que, en este tipo de golpes, la protección que recibe el pasajero frente a la fuerza del impacto sólo viene dada por la puerta y 20 ó 30 centímetros de espacio.

### **3.2.3.4 SILLAS PARA NIÑOS**

La respuesta de las sillas actuales ante una colisión lateral es aceptable, pero no óptima. Si un niño viaja sin elementos de seguridad infantil en un vehículo que sufra un impacto a 50 km/h no tiene ninguna posibilidad de sobrevivir al accidente, según una reciente investigación del Investigación Aplicada del Automóvil (IDIADA) y el Real Automóvil Club de Cataluña (RACC). Tampoco sirve utilizar el cinturón de seguridad del vehículo. Sólo el uso de una silla homologada garantiza, al menos, su supervivencia. Sin embargo, la respuesta de estas sillas ante un impacto lateral es mejorable.

La eficacia de las sillas de seguridad para niños está demostrada cuando un automóvil se ve involucrado en un impacto frontal, una colisión por alcance o sufre un vuelco. Diversas investigaciones y los continuos ensayos dinámicos a que se someten estos elementos para su homologación garantizan su respuesta óptima. Sin embargo, la mitad de los accidentes de carretera y el 65% de los urbanos son golpes laterales o frontales descentrados, en los que éstas no se prueban y no son tan eficaces.

Un estudio reciente del IDIADA y el RACC sobre el comportamiento en impactos laterales de los más utilizados de estos elementos infantiles pone de relieve que la respuesta de las sillitas en este tipo de accidente es aceptable, pero no óptima, si bien demuestra que su utilización es la única garantía de supervivencia para el niño en un golpe de esas características. La investigación ha demostrado que, en un impacto lateral, el asiento más seguro para la silla es el trasero central, el más lejano de las puertas del vehículo, sin que importe si ésta se ajusta con un cinturón de dos o de tres puntos. Sin embargo, en el caso de uno mayor que utilice complementos del cinturón -como cojín elevador-, este asiento sólo es recomendable si su cinturón es de tres puntos. Y, en todo caso, la sillita es incompatible con el asiento delantero si éste lleva airbag de acompañante.

## **4. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Hasta aquí se han podido ver las distintas caras de la seguridad y los complejos planteamientos que trae consigo. A este respecto se sabe, que hasta el día de hoy sólo hay en España relativamente pocas disposiciones obligatorias acerca de cómo ha de diseñarse un automóvil seguro en función de las conclusiones tecnológicas de actualidad. Lo que se ha conseguido hasta ahora se debe por lo tanto, en gran parte, a la iniciativa propia de la industria automotriz. Y eso resulta ser mucho, si bien rara vez se habla de ello. Es decir, casi toda la investigación realizada es fruto de los diferentes fabricantes sin estar presionadas por una ley o una demanda popular.

### **Antecedentes**

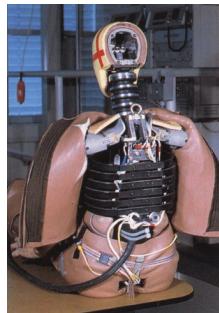
No desde siempre los fabricantes le han dado importancia a la seguridad, pero sin darse cuenta, con su afán de conseguir vehículos más rápidos y potentes tuvieron que equiparlos con mejores frenos, una dirección más fiable y unas buenas suspensiones, de este modo estaban avanzando en seguridad activa. Décadas más tarde, cuando empezaron los análisis de accidentes reales, crearon el cinturón de seguridad de dos puntos de anclaje y posteriormente el de tres (hace 40 años) y también se empezó a fabricar carrocerías con deformación programada.

### **Ensayos de Seguridad**

Los fabricantes cada año invierten grandes sumas en la investigación y desarrollo, para seguir incrementando la seguridad activa y pasiva de los vehículos. La envergadura y complejidad de las actividades desempeñadas a este respecto son enormes: así por ejemplo, un solo prototipo de carrocería, producido en manufactura artesanal para una prueba de choque, cuesta aproximadamente unos veinticinco millones.

Muchas cosas pueden simularse actualmente con el ordenador, pero siguen siendo indispensables los ensayos de choque. Conjuntamente con ensayos de componentes, los cuales se analizan en laboratorios para situaciones de accidentes y sus consecuencias, permiten deducir fiablemente la forma cómo se comporta un vehículo en la situación de urgencia real y permiten observar lo que ocurre con los ocupantes.

Maniquíes de ensayo, de alto nivel tecnológico (*Dummies*), informan con exactitud, en simulaciones de choque, acerca de los posibles riesgos de lesiones para los ocupantes y terceros afectados.



Los asientos del conductor y acompañante, pero también frecuentemente las plazas traseras van ocupados por modernos maniquíes en todos los ensayos de choque. Son maniquíes de ensayo altamente tecnificados, equipados con sensores ultrasensibles, que prácticamente pueden reproducir todo lo que actúa sobre el cuerpo humano en un accidente. También la talla, masa y cinemática de estos humanoides presenta, en términos generales, cotas parecidas a las de ocupantes en vivo. Por tal motivo,

**ya no es concebible la moderna investigación de accidentes sin estos candidatos de prueba. Puesto que suministran al experto resultados realistas y próximos a la vida real, que pueden ser transmitidos en gran escala al ser humano dentro de ciertos límites.**

**Sólo cuando todas las pruebas discurren a plena satisfacción de los ingenieros de ensayo del fabricante X se otorga el visto bueno para la producción en serie.**

## Nuevos proyectos

### **Michelín anuncia su nueva rueda:**

Michelín y Pirellí crean un nuevo sistema llamado Pax system que consiste en una rueda indeflable hecha con una goma que puede soportar muy bien el desgaste y la elevada temperatura, cualidades que le confieren la capacidad de rodar desinchada durante 200 km a una velocidad máxima de 80km/h.

También es un excelente neumático en estado normal. Muestra una excelente adherencia y durabilidad.

La Vanguardia \* Motor – 14 \* Domingo, 11 Julio 1999

### **Ford: Sistema de sujeción avanzado**

Este sistema en desarrollo por *Ford* está compuesto por una centralita que se encarga de activar los airbag solo cuando son necesarios. Los niveles de energía empleados en el inflado del airbag se adaptan a la gravedad del accidente, al uso del cinturón de seguridad, así como a la distancia del conductor respecto a la bolsa de aire. El conjunto del sistema reconoce además si el asiento del copiloto está o no ocupado y el peso estimado del pasajero. En total casi una docena de subsistemas que analizan las condiciones en el momento del impacto y activan automáticamente los dispositivos de seguridad más apropiados.



Revista Autopista N° 2061 Pág. 19

## **5. CONCLUSIÓN**

**En estas páginas se han expuesto multitud de sistemas y mecanismos que hacen de un automóvil una máquina realmente segura, esta evolución es el fruto de décadas de investigación. Toda esta información expuesta no es simplemente una enumeración de los sistemas más importantes, sino una explicación del concepto de seguridad en el automóvil. Éste concepto se apoya en que el responsable es el conductor, el vehículo es una mera ayuda en la conducción y, llegado el caso, paliador de los posibles daños físicos causados por un accidente.**

**Los accidentes ocurren porque los conductores no ven el peligro que supone estar rodando a 150Km/h. Esta velocidad puede ser considerada normal en muchas autopistas aunque el límite esté en 120Km/h. Es cierto que a esa velocidad si el conductor usa correctamente la seguridad de su coche, el peligro es menor, porque un ABS permite la frenada apurada en curva, también un ESP puede reducir la inestabilidad del coche en virajes y conseguir así un mayor control y, en caso de impacto, el airbag con los cinturones de seguridad (bien colocados) pueden salvarle la vida. Los sistemas de seguridad son buenos pero esta dicho que son un arma de doble filo: cuanta más seguridad más confianza.**

**Para finalizar este trabajo ha de ser recordada una frase: Un coche bien pensado puede salvar vidas condenadas por las leyes de la física y por la locura de sus conductores. Pero sería mejor cortar el problema de raíz, con una campaña de envergadura mayor a la actual<sup>4</sup>. Esta campaña debería formar sobre el uso correcto de los sistemas de seguridad, sus limitaciones y en qué estado no es debido conducir.**

### **Biografía de Henry Ford**

Henry Ford es conocido como el inventor y el industrialista que hizo el automóvil moderno razonable para familias estadounidenses y efectivamente fundó la industria automotriz estadounidense.

Ford nació el 30 de Julio de 1863. El hijo de William Ford, un granjero e inmigrante desde Irlanda, desagradó la vida de granja y tuvo una aptitud natural para la maquinaria. A la edad de quince años se fue a Detroit. En 1888 él se casó con Clara Bryant. Su hijo Edsel nació el 6 de Noviembre de 1893.

Henry Ford comenzó a experimentar con un carro en 1890 y completó el quadricycle, su primer automóvil en 1896. Al año siguiente asistió a una conferencia del Asociación de Edison en la Playa de Manhattan, Nueva York. Allí se presentó ante Thomas Edison. Al mismo tiempo, Edison miraba para producir un automóvil eléctrico. En 1903 Henry Ford lanzó la Compañía Motora Ford con un presupuesto de 100,000 dólares y un plano para la producción barata. – " La manera para hacer automóviles está en hacer un automóvil como el otro, para hacerlos todos semejantes... " – Él introdujo el Modelo T de Ford en 1908, eventualmente usando una línea de montaje móvil.

En 1914, Henry Ford, John naturalista Burroughs, y su mentor Thomas Edison se encontraron en el hogar invernal en el Fuerte Myers, Florida. Dos años después, Ford compró un hogar invernal. El pequeño bungalow era el punto de encuentro a la creación de la compañía de Edison y Henry Ford y tuvo un gran éxito con su Modelo T, llegando a convertirse en millonario. Pero los consumidores buscaron variedad en sus automóviles. Ford se creció para lamentar su declaración, – " El público puede tener cualquier color del Modelo T. " – En 1928 él produjo un Modelo excelente, y salió al mercado con el V-8ENGINE en 1932. Henry Ford dejó el mando a su hijo Edsel en 1919, pero reanudó la presidencia en 1943 con la muerte de Edsel. Henry Ford murió el 7 de Abril de 1947.

Henry Ford, nace el 30 de Julio de 1863, era el primero de los hijos de William y Mary Ford de los seis hermanos. Él creció en una granja próspera de familia en qué es hoy Dearborn, Michigan.

Henry disfrutó una niñez típica en el campo, se la pasaba en la sala de escuela y haciendo tareas de granja. A una edad temprana, él mostró un interés en cosas mecánicas y una aversión para el trabajo de granja.

En 1879, a los diecisésis años viajó para una ciudad cercana de Detroit a trabajar como aprendiz de maquinista,

aunque que ocasionalmente vuelve para ayudar en la granja. Él permaneció de aprendiz durante tres años y entonces volvió a Dearborn. Durante los próximos años, Henry dividió su tiempo entre reparaciones de motores de vapor, y entre encontrar trabajo ocasional en una fábrica de Detroit, y sobre todo echando una mano poco dispuesta para el trabajo de la granja.

En 1891, Ford llegó a ser ingeniero. Con él, Edison iluminó la Compañía en Detroit. Este suceso significó una decisión consciente de Ford para dedicar su vida a seguimientos industriales. Su promoción al Ingeniero Principal en 1893 le dio dinero y tiempo suficiente para dedicar atención a sus experimentaciones personales sobre motores internos de combustión.

Estas experimentaciones culminadas en 1896 con la terminación de su propia idea— propulsó el vehículo "Quadricycle". El Quadricycle tuvo cuatro ruedas de cable que parecían como las ruedas pesadas de bicicleta, se dirigió con un timón como un barco, y tuvo dos únicas velocidades delanteras sin el revés. Aunque Ford no sea el primero para construir una idea propia— propulsando el vehículo con un motor de gasolina, él era, sin embargo, uno de los varios pioneros automotores quien ayudaron a este país llegar a ser una nación de motoristas.

Después de dos intentos fracasados de establecer una compañía para fabricar automóviles, la Compañía Motora de Ford se incorporó en 1903 con Henry Ford como vicepresidente e ingeniero principal.

Henry Ford tenía el sueño de producir un automóvil que se evaluó razonablemente, confiable, y eficientemente con la introducción del Modelo T, en 1908. Este vehículo inició una nueva era en el transporte personal. Lo fácil de operar, mantener, y manejar sobre caminos ásperos, inmediatamente llegó a ser un éxito enorme. Por 1918, la mitad de todos los automóviles en América eran Modelos Ts. Para encontrar la demanda creciente que el Modelo T, la compañía abrió una fábrica grande en Highland, Michigan, en 1910. Aquí, Henry Ford combinó precisión fabricando, y normalizando partes intercambiables, una división de labor, y, en 1913 creó una línea de montaje móvil continua. Los trabajadores permanecientes en el lugar, agregaban componentes al automóvil mientras estos pasaban por la línea. La entrega de partes por la banda transportadora a los trabajadores era cuidadosamente verificada para guardar la línea de montaje moviéndose suavemente y eficientemente. La introducción de la línea de montaje móvil revolucionó la producción de automóvil por el tiempo de ensamblaje, significativamente reducido para un vehículo, así lograron reducir costes. La producción de Henry Ford del Modelo T hizo a su compañía el fabricante más grande de automóviles del mundo.

La compañía comenzó con la construcción del complejo industrial más grande de mundo a lo largo de los bancos del Río de Colorete en Dearborn, Michigan, durante 1910 y 1920. La Planta masiva de Colorete incluyó todos los elementos necesarios de la producción de un automóvil: una acería, fábrica de vaso, y línea de montaje de automóviles. El carbón y el mineral de hierro se trajeron en barcos sobre los Grandes Lagos y por el ferrocarril, y se usaron para producir ambos hierro y el acero. Enrollar molinos, forja, y los talleres de asamblea transformaron el acero en resorte, ejes, y cuerpos de automóvil. Las fundiciones convirtieron el hierro en el bloque del motor y las cabezas de los cilindros se armaron con otros componentes en los motores. Por Septiembre de 1927, todos los pasos en el proceso de fabricación, desde refinar materiales en bruto al ensamblaje final del automóvil tuvo lugar en la extensa Planta de Colorete, caracterizando a Henry Ford como el inventor de la fabricación de automóviles en serie.

Cronología de la vida de Henry Ford:

- 1863 — Nace el 30 de Julio en Greenfield ,Municipio de Michigan.
- 1879 — Deja a la familia y viaja a Detroit para trabajar en talleres de maquinaria.
- 1888 — Se casa con Clara Bryant de Greenfield
- 1891 — Obtiene posición como ingeniero con Edison
- 1893 — Nace Edsel Bryant Ford, hijo único de Henry y Clara Ford,

- 1896 -- Completa su primer automóvil, el Quadricycle, lo maneja en las calles de Detroit
- 1899 -- Termina ocho años de empleo con la Compañía de Iluminación Edison para dedicar toda su atención a la fabricación de automóviles.
- 1903 -- La Compañía Motora de Ford se reconoce oficialmente. El primer Modelo de Ford aparece en el mercado de Detroit.
- 1908 -- Ford comienza a fabricar el Modelo T.
- 1910 -- Comienzan operaciones en la fábrica de Highland, Michigan.
- 1913 -- Introduce la producción en serie.
- 1914 -- Anuncia su plan para compartir las ganancias de la Compañía con los trabajadores, les pagaba 5.00 dólares por 8 horas de trabajo.
- 1917 -- Comienza la construcción del complejo industrial sobre el Río Colorete en Dearborn, Michigan.
- 1918 -- Pierde su licitación para el Senado DE los EE.UU.
- 1919 -- Edsel B. Ford, el hijo de Henry Ford, es nombrado presidente de la Compañía Motora de Ford.
- 1927 -- Transporta la línea de montaje final desde la planta de Highland hasta la planta de Colorete. La producción del Modelo T termina, y el Modelo Un se introduce.
- 1932 -- Ford Construye el primer automóvil V-8
- 1933 -- Exitosamente resiste esfuerzos para sindicar trabajadores a plantas de Ford
- 1941 -- Ford firma un contrato con UAW.
- 1943 -- Edsel B. Ford muere a la edad de 49.
- 1947 -- Henry Ford muere a la edad de 83, en su hogar.

## **Legislación anticontaminación**

La legislación anticontaminación se ha ido endureciendo progresivamente tanto en Europa como en los Estados Unidos de Norteamérica en los últimos años. Hasta ahora ha sido suficiente la generalización del uso del catalizador de tres vías, o pequeñas mejoras en el rendimiento, para que los nuevos motores instalados en los automóviles de turismo cumplieran unas leyes cada vez más exigentes. Sin embargo, los límites que se prevé que entren en vigor a principios del próximo milenio estarán fuera del alcance de los actuales motores de inyección indirecta de gasolina, especialmente debido a que las nuevas leyes restringirán también las emisiones de CO<sub>2</sub>. Puesto que el dióxido de carbono no puede ser eliminado de los gases de escape mediante oxidación o reducción alguna y toda combustión de hidrocarburos lo produce, se hace imprescindible reducir la cantidad de combustible que se quema en los motores. Si se pretende mantener los actuales niveles de potencia y prestaciones no queda otro remedio que aumentar el rendimiento global del motor de una manera sustancial, cosa no posible si no se varía el concepto básico de los motores actuales. Una de las más claras alternativas para conseguir esta mejora son los motores de mezcla estratificada, capaces de funcionar con un dosado relativo muy variable, desde mezclas extremadamente pobres (con FR en las proximidades de 0,15), hasta dosado estequiométrico o ligeramente rico.

Aunque ha habido algunos intentos, por parte de fabricantes como HONDA, TOYOTA o CHRYSLER, de realizar un motor de mezcla estratificada con inyección indirecta mediante la adición de una pequeña válvula auxiliar en las proximidades de la bujía, el concepto moderno de mezcla estratificada supone también la adopción de inyección directa. La idea del uso de la inyección directa no es nueva; diversos estudios y prototipos se han construido con éxito en las últimas décadas, pero sólo ahora parece posible desarrollarla lo suficiente como para hacerla llegar a la gran producción.

En Septiembre de 1995, tres fabricantes europeos de automóviles de gran peso y prestigio en el mercado mundial acordaron el comienzo de un programa conjunto para el desarrollo de una gama de motores de gasolina de inyección directa para su instalación en automóviles de turismo. Para este proyecto requirieron la

colaboración de un importante fabricante de componentes y electrónica para el automóvil y de la Cátedra de Termodinámica Aplicada (*Lehrstuhl für Angewandte Thermodynamik o LAT*) perteneciente a la Universidad Técnica de Renania Westfalia (*Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen*) en la ciudad alemana de Aquisgrán. Estos dos últimos miembros del consorcio serían los encargados de diseñar, fabricar y probar los distintos prototipos para el sistema de inyección directa de gasolina que alimentaría los futuros motores.

El consorcio formado por estos cinco miembros se basó en investigaciones previas realizadas individualmente por los tres fabricantes de automóviles, así como en los resultados de un proyecto previo llamado GADI, para estructurar un completo programa de desarrollo con una duración prevista de cuatro años, subdividido en distintos proyectos, que desembocará en la construcción de los primeros prototipos de estos motores. Una vez construidos estos prototipos serán necesarios otros dos años para las correspondientes pruebas en carretera y últimas mejoras de los diseños, así como un año más para su puesta en producción. Como consecuencia, la entrada definitiva en el mercado de los automóviles equipados con estos motores de inyección directa y encendido provocado tendrá lugar unos siete años después del comienzo del proyecto, es decir, en torno al año 2002 ó 2003.

El desarrollo de un nuevo tipo de motor, que introduce grandes cambios con respecto al concepto básico de los actuales motores de gasolina de inyección indirecta, supone el replanteamiento de muchos de los componentes que actualmente son indispensables para la industria del automóvil. Como consecuencia, el consorcio europeo recién formado puso en marcha seis proyectos diferentes, cuyo objetivo principal es el desarrollo de la tecnología necesaria para establecer el potencial de los motores de inyección directa, tanto de encendido provocado como por compresión, para conseguir unas cifras muy bajas en las emisiones de CO<sub>2</sub>, CO, hidrocarburos sin quemar, óxidos de nitrógeno, partículas y ruidos. Además, la información obtenida de estos proyectos servirá también al Parlamento Europeo para ultimar las nuevas leyes anticontaminación previstas para el año 2000. Los proyectos que componen este programa son los siguientes:

- ADVACO (*ADvanced VAlve COntrol system* o Control Avanzado de Válvulas)
- ELSEC (*Integrated EElectronic system for dynamic Emission Control* o Sistema Electrónico Integrado para el control dinámico de las Emisiones)
- ADIGA (*Advanced Direct Injection GASoline engine* o Motor Avanzado de Inyección Directa de Gasolina)
- DINOISE (*Direct Injection diesel Noise and vibration control technologies* o Tecnologías de Control de Vibraciones y Ruidos en motores Diesel de Inyección Directa)
- DITREAT (*Integrated aftertreatment of Direct Injection Diesels for cars* o Tratamiento de Gases Integrado para motores Diesel de Inyección Directa)
- ADDI (*Advanced Diesel Direct Injection with high pressure control* o Inyección Directa Avanzada en Motores Diesel con Control de Alta Presión)

El presente Proyecto de Fin de Carrera se realizó en el LAT durante el primer semestre del año 1997 y cubre una parte de las pruebas realizadas en este centro dentro del proyecto ADIGA. Es, por lo tanto, un proyecto eminentemente práctico, que muestra los resultados de seis meses de pruebas continuas, así como de trabajo de mantenimiento y mejora de un sistema complejo y frágil como la cámara de medida de alta presión. Al mismo tiempo, por tratarse de una iniciativa completamente privada, sometida a un contrato, gran parte de los resultados expuestos en este proyecto han sido también presentados a los miembros del consorcio que desarrolló el programa en los plazos y formatos convenidos. Además, la comunicación con el fabricante de los inyectores era continua, a fin de acelerar el desarrollo de futuras generaciones de este sistema. La segunda generación de inyectores, recibida en marzo de 1997 ya incorporaba algunas mejoras basadas en los resultados obtenidos en el LAT en los primeros meses de pruebas.

La misión del LAT en esta parte del proyecto era realizar pruebas de evaporación y comportamiento del spray con los primeros prototipos de inyectores suministrados por el fabricante. A tal efecto se utilizó una cámara de medida de alta presión, que será descrita con detalle en el Capítulo 3 de este proyecto, en la que se podían simular las condiciones de presión y temperatura que se pueden encontrar dentro de un cilindro en un motor

real en el momento de la inyección. Como será brevemente explicado más adelante en esta introducción y con mayor detalle en sucesivos capítulos de este proyecto, la mayor ventaja de la inyección directa de gasolina frente a la inyección tradicional (por encima de la válvula de admisión), es que permite inyectar el combustible en distintos momentos de la carrera del cilindro, tanto en su carrera descendente (coincidiendo con la admisión del aire fresco, como en un motor de inyección indirecta), como en la carrera ascendente (durante la compresión) o incluso cuando el pistón se encuentra cerca de su punto muerto superior. Esto hace que las condiciones que encuentra el combustible al entrar en el cilindro sean muy diferentes de un caso a otro, ya que una inyección temprana encuentra una presión aproximadamente igual a la del ambiente (en motores atmosféricos) y una temperatura relativamente baja, mientras que una inyección tardía encontrará una presión muy superior (por encima de los 20 bar para una relación de compresión normal en este tipo de motores) y una cámara calentada durante la compresión. Este hecho obligó a realizar las pruebas con los inyectores a distintas presiones y temperaturas. Al comienzo del periodo de pruebas se diseñó un programa de medidas (expuesto en su totalidad en el Capítulo 4) en el que se conjugaban todas las variables que iban a ser analizadas:

- Presión en la cámara ( $P_{ch}$ ).
- Temperatura en la cámara ( $T_{ch}$ ).
- Duración de la inyección ( $t_{inj}$ ).
- Presión en la línea de combustible cuando este es inyectado o "presión de inyección" ( $P_{inj}$ ).
- Presencia o no de turbulencia en el interior de la cámara en el momento de la inyección.

La cámara de alta presión en la que se realizó la práctica totalidad de las pruebas fue originalmente diseñada para estudiar el comportamiento de inyectores Diesel de inyección directa, por lo que era capaz de simular temperaturas y presiones muy superiores a las máximas utilizadas durante este período de pruebas. Antes de comenzar éste, la cámara hubo de ser modificada y acondicionada para su nuevo cometido. También fueron instalados (y en algunos casos diseñados y fabricados), nuevos equipos y componentes que se utilizarían por primera vez en este banco de pruebas, como por ejemplo el sistema de vídeo de alta velocidad o distintos módulos en la cabeza de la cámara, como será explicado en el capítulo 3 de este proyecto. Todos estos nuevos sistemas hubieron de pasar por un periodo de adaptación y ajustes hasta que llegaron a funcionar correctamente.

El LAT recibió el primer grupo de prototipos para el sistema de inyección en el segundo semestre de 1996 y sus pruebas comenzaron a principios del año 1997. En una primera fase sólo se pretendió estudiar el comportamiento del spray de combustible (siempre se utilizó gasolina sin plomo comercial con un índice de octano de 97) al ser inyectado en la cámara de medida de alta presión ante la variación de alguna de las variables anteriormente expuestas. A este efecto se utilizó un sistema de vídeo de alta velocidad que permitía registrar imágenes aisladas de una duración extremadamente corta (hasta  $1\mu s$ ) y con un retardo preciso y conocido, pero variable a voluntad del usuario, respecto a una señal exterior. Para cada punto definido en el programa de medidas (ver Capítulo 4), se obtuvo una secuencia de imágenes separadas por un intervalo temporal definido que dependía de la duración de la inyección en ese punto. Las imágenes así obtenidas podían ser inmediatamente transferidas a un ordenador y almacenadas en su memoria, mediante el software adecuado, para su posterior tratamiento y análisis. Éste comenzaba con el cálculo de la media de treinta imágenes tomadas consecutivamente, en el mismo instante de la evolución de la inyección y con las mismas condiciones. De esta forma se obtenía una sola imagen que caracterizaba un cierto instante de la evolución del spray para unas condiciones de contorno dadas, evitando el efecto de las variaciones entre ciclos. En esta primera fase de los ensayos se realizaron cerca de 10000 instantáneas que produjeron más de 300 "medias" que pasaron a la fase de análisis.

Puesto que carecería de sentido la impresión e inclusión en este PFC de todas estas imágenes, sólo se mostrarán aquellas que aclaren algún aspecto del comportamiento del spray, mientras que se adjunta un CD-ROM en el que se recoge la totalidad de las imágenes *mvsr* (*mittlere Versuchsreihe* o media de la tanda de ensayos) en formato GIF y TIFF.

Una vez obtenidas las imágenes *mvsr*, éstas pasaban a ser analizadas para poder comparar parámetros característicos del spray de la inyección. En primer lugar se utilizó un programa de diseño gráfico comercial para medir longitudes y ángulos característicos, tal y como se explicará en el Capítulo 5. Los datos así obtenidos se almacenaron en hojas de cálculo en formato EXCEL, de modo que posteriormente fuera más sencillo el acceso a los mismos para realizar los gráficos y comparaciones que se consideraron necesarios y que forman el cuerpo principal del Capítulo 5 del presente Proyecto Fin de Carrera.

A la vista de los resultados de este análisis, se observó la necesidad de obtener algunos datos adicionales para la mejor comprensión de la manera en que las condiciones de la cámara podían influir en el comportamiento del spray y, lo que es más importante, cómo podría verse afectada la ignición de la mezcla por las condiciones de la inyección y de la cámara de combustión. Como datos complementarios, obtenidos a partir de las mismas imágenes *mvsr*, se obtuvieron las áreas cubiertas por el spray en algunos de los puntos de medida y el porcentaje de esa área cubierta por puntos con una determinada intensidad luminosa. Este último dato es de especial importancia, ya que todas las imágenes obtenidas con el sistema de vídeo de alta velocidad dentro de este programa definido lo fueron mediante la técnica *Schlieren*, estría en alemán, que muestra los cambios de densidad como cambios de intensidad luminosa en la imagen. De esta manera era posible obtener una idea de como se produce la evaporación del combustible inyectado.

Pero no fueron las instantáneas obtenidas con el sistema de vídeo los únicos datos utilizados para el análisis. Aparte de este sistema, que fue el más usado en la obtención de datos, se utilizaron otros, como:

- **Cámara de alta velocidad NAC**, capaz de superar los 10000 fotogramas por segundo, aunque para estos ensayos solo se llevó hasta los 7200 fps. Con esta cámara se obtuvieron dos películas por cada punto de medición. Estas películas contenían el desarrollo completo de una única inyección cada una. Para obtenerlas se obtuvieron dos métodos *schlieren* diferentes, uno en color y otro en blanco y negro, que resaltaban diferentes aspectos de la evaporación. Algunos fotogramas procedentes de estas películas serán mostrados en un Anexo.
- **Técnica de iluminación por capas o *light sheet technique***. Se utilizó una disposición muy básica de esta técnica que permite iluminar tan solo un plano del suceso que se va a registrar para obtener una "sección" del mismo. De esta manera se pretendía comprobar si el spray de la inyección era realmente un cono hueco, tal y como se preveía en las líneas maestras previas al desarrollo.
- **Fotografía directa**. Algunas instantáneas directas, obtenidas sin filtro schlieren, se realizaron colocando el inyector en distintas posiciones para ver el inicio del spray desde distintos ángulos.
- **Medidas de masa**, destinadas a conocer el flujo másico de combustible a través del inyector en función de la presión de inyección.

Todos los datos obtenidos con los sistemas anteriores han sido también analizados y serán presentados a lo largo del presente PFC, especialmente en el Capítulo 5, dedicado precisamente al análisis de los datos. De esta forma se obtuvo una impresión bastante completa del comportamiento del spray y de las variables que favorecen la evaporación de la gasolina, así como de los puntos y momentos en que ésta se produce. Este dato es de la mayor importancia, pues será necesario optimizar la combustión a todos los regímenes de funcionamiento del motor y a todos los niveles de carga. Si ésta ya es una tarea complicada en un motor de inyección indirecta tradicional, lo será aun más en un motor de inyección directa puesto que este avance permite modos de funcionamiento muy diferentes según la carga a la que está sometido el motor en cada momento. En términos generales se pueden distinguir dos comportamientos completamente diferentes:

- **A carga parcial** el motor operará sin ningún tipo de estrangulamiento en la admisión (lo que mejorará el rendimiento volumétrico y reducirá las pérdidas), con una mezcla extremadamente pobre. Este tipo de marcha se conseguirá con una clara estratificación de la carga, preparando una mezcla rica en torno a la bujía y muy pobre en el resto de la cámara de combustión. En un motor de inyección directa esto se consigue mediante la inyección muy tardía del combustible en el interior del cilindro, incluso cuando el pistón está cerca de su punto muerto superior. Para conseguir una ignición correcta en estas condiciones

muchos de los sistemas de inyección directa propuestos hasta el momento colocan la bujía en las proximidades del inyector, lo que genera nuevos problemas de fallo en la ignición por el impacto del combustible en los electrodos de la bujía.

- **A carga total** el motor debe operar en condiciones estequiométricas o incluso ligeramente ricas para conseguir mejores prestaciones. Si se utiliza mezcla estratificada, se genera hollín en la zona rica, así que debe proveerse el suficiente exceso de aire en torno a esa zona para quemar el hollín. Por lo tanto, a plena carga lo más indicado es utilizar mezcla homogénea estequiométrica o ligeramente rica. En los motores de inyección directa esto se consigue con una inyección temprana (cuando el pistón recorre su camino descendente en el cilindro) y de mayor duración.

Se aprecia, por lo tanto, que los requerimientos del sistema de ignición a plena carga serán similares a los de un motor actual de inyección indirecta, ya que el pistón comprimirá una mezcla homogénea de aire y combustible, que será la que encuentre la chispa en el momento de saltar. No obstante, a cargas parciales el mecanismo de ignición cambia completamente, por lo que era necesario realizar las pruebas pertinentes. La segunda parte de este Proyecto Fin de Carrera recoge los primeros pasos de los ensayos que comenzaron a mediados de Mayo de 1997 y en los que se pretendía encontrar la posición óptima de la bujía, la duración e intensidad de la chispa, el momento en que debe saltar y demás datos necesarios para optimizar el comienzo de la combustión tras una inyección tardía. Estos ensayos se realizaron siempre con presiones medias y altas (típicamente 8 bar) en el interior de la cámara de medida, pues son estas las condiciones en las que se inyectará en un motor real al buscar mezcla estratificada. En el Capítulo 6 se abordará el problema de la ignición y se mostrarán los primeros datos obtenidos. Durante el siguiente período de ensayos (a partir de Septiembre de 1997) se pretende continuar con las pruebas de ignición. Algunos de los datos ya obtenidos no han podido ser analizados, debido a que no podían ser procesados por los programas informáticos utilizados para los ensayos Diesel.

## ESTRUCTURA DEL MOTOR

Los motores alternativos más empleados en el automóvil, son los que funcionan en el ciclo de cuatro tiempos, los de encendido por chispa (explosión). En los motores de explosión, el combustible puede hacerse llegar al cilindro por mediación del carburador, que realiza y dosifica la mezcla de aire y combustible.

En la figura 1.25 se muestra un motor de cuatro cilindros seccionado, donde puede observarse el cigüeñal, ensamblado al bloque de cilindros en los apoyos de bancada A. En sus codos C se fijan las bielas B, que por su otro extremo se unen al pistón P por medio de la articulación del bulón D. El giro del cigüeñal es regulado por el volante de inercia V, al cual se fija el mecanismo de embrague E, que transmitirá su movimiento a la caja de velocidades y a las ruedas motrices.

El pistón se desliza en el interior del cilindro F, que por su parte superior se encuentra cerrado por la culata G, en la que se alojan las válvulas de admisión H y de escape I, que cierran o ponen en comunicación con el cilindro, los conductos respectivos de admisión J (que comunica con el carburador K) y de escape L (que comunica con el sistema de escape).

El arbol de levas M, manda a través de los taqués T, empujadores N y balancines O la apertura o cierre de las válvulas.

Roscada en la misma cámara de compresión formada en la culata, se encuentra la bujía Q, en la que se hace saltar la chispa que inflama la mezcla de aire y combustible. Los impulsos de corriente de las bujías son enviados desde el distribuidor de tensión R.

La parte inferior del motor se cierra con el cárter inferior S, en el que se aloja la bomba de aceite X, que se

encarga de lubrificar las partes móviles del motor. En el extremo delantero del cigüeñal, se dispone un sistema de engranaje y de cadena Y, para dar movimiento al arból de levas, y una polea Z que manda la bomba de agua del sistema de refrigeración del motor y el generador de energía eléctrica, no representado en esta figura.

## RENDIMIENTO GLOBAL.BALANCE TERMICO

### RENDIMIENTO

La parte de energía suministrada al motor que no aparece en forma de trabajo mecánico, se pierde en forma de calor. Supongamos un motor que está funcionando y conservemos lo que pasa en un cilindro:

Expansión : Dado que la combustión se produce en un tiempo muy corto, podemos admitir que todo el calor se emplea en elevar la temperatura y, por consiguiente, la presión de los gases. El pistón desciende empujado por esta presión permitiendo la dilatación del gas; pero durante este periodo de tiempo hay intercambio de calor entre los gases, cuya temperatura es de unos 2000 °C, y las paredes de los cilindros, que están aproximadamente a 100 °C. Este intercambio es tanto más importante, cuanto mayor sea la diferencia de temperaturas, superficie de las paredes y tiempo que dura dicho intercambio.

Escape : Antes de finalizar esta carrera, la válvula de escape se abre y los gases salen al exterior. Al comienzo de este tiempo, los gases poseen aún una temperatura bastante elevada, pues solamente han cedido calor por expansión y por perdida a través de las paredes. El resto de su energía se pierde, pues, en el transcurso de esta carrera.

Para reducir esta perdida al mínimo, se ha de procurar enfriar los gases cuantos sea posible, pero de una manera útil, puesto que la perdida es la misma si el calor es disipado por los gases a la atmósfera, o bien cedido a las paredes. La manera útil de enfriarlos es aumentar la carrera de expansión.

El escape influye, además, de otra manera sobre el rendimiento, influencia que se traduce, no en una perdida de calor, sino en una disminución de la energía cinética del émbolo. Al retroceder este en su carrera, ha de vencer la contrapresión que se produce en el cilindro y en el tubo de escape, de donde se deduce que es necesario reducir dicha contrapresión.

Aspiración : Durante este tiempo, al igual que en el de escape, la energía cinética del émbolo disminuye, toda vez que este ha de vencer la depresión que existe en el cilindro, por cuya causa, como en el caso del escape, hay que reducir todo lo posible dicha depresión.

De otra parte, al ponerse el gas en contacto con las paredes calientes del cilindro, aumenta la temperatura, por lo cual, debe procurarse favorecer dicho calentamiento, prolongándolo cuanto sea posible. Como no cabe pensar en aumentar la carrera de aspiración y, de otra parte, no es conveniente enfriar mucho las paredes del cilindro, como ya vimos al tratar el tiempo de expansión, será preciso calentar el gas antes de su entrada en el cilindro.

Compresión : El trabajo empleado en comprimir el gas antes de la combustión, reduce indudablemente el trabajo disponible. Sin embargo, para aumentar el rendimiento, no es necesario disminuir la compresión, sino todo lo contrario.

Por una parte, el gas se calienta al ser comprimido y esta energía aparece durante el periodo útil del ciclo. De otra parte, es evidente que al final de la compresión interesa obtener una presión tan elevada como sea posible, y esta es tanto mas elevada, cuanto mayor sea la cantidad de combustible quemado en un recinto dado.

Para concentrar sobre el émbolo en una gran masa de gases explosivos, bastara adoptar una compresión elevada.

**Encendido :** Finalmente, para obtener una combustión rápida (cuyo resultado es una presión final elevada), hay que emplear un encendido intenso.

En resumen, las condiciones que se requieren para obtener un rendimiento elevado son:

- Mantener los cilindro a elevada temperatura
- Reducir en lo posible la duración de la expansión
- Disminuir la superficie de las paredes
- Aumentar la carrera de la expansión
- Reducir al máximo la contrapresión en el tiempo de escape.
- Reducir al máximo la depresión en el tiempo de aspiración
- Calentar el gas antes de introducirlo en el cilindro.
- Adoptar una compresión elevada
- Emplear un encendido intenso

## RENDIMIENTO MECANICO

El trabajo perdido en la transmisión, desde él embola al arbol motor, se emplea ya en vencer rozamientos y en mover los órganos accesorios del motor.

**Funciones accesorias:** El movimiento de los mecanismos que las realizan, absorbe necesariamente una parte del trabajo producido por el motor. El generador, las bombas de agua y aceite y el ventilador, restan una potencia al motor nada despreciable.

**Sistema de escape:** La instalación necesaria para la evaluación al exterior de los gases quemados, requiere un cuidadoso estudio en cuanto a la longitud y sección de paso se refiere, para evitar una resonancia acentuada y una perdida de potencia. La tubería de escape no debe presentar estrechamiento alguno y su sección debe ser suficiente.

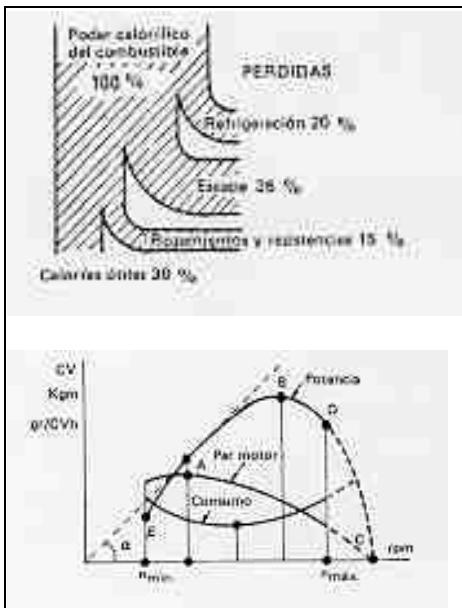
**Rozamiento:** Los rozamientos a vencer son los que más influyen sobre el rendimiento mecanico. Los segmentos, aplicándose como resortes contra las paredes del cilindro, ejercen una presión que no puede ser inferior a cierto valor, si se quieren evitar perdidas de compresión por fugas de gases hacia el cárter entre ellos y las paredes. Se reduce el rozamiento al mínimo engrasando todas lo posible ambas piezas.

El émbolo roza, asimismo, en el interior del cilindro, contra el cual ejerce una fuerte presión debido a determinadas posiciones de la biela. La oblicuidad de esta puede disminuirse en el momento más perjudicial, es decir, durante la carrera de expansión, descentrando convenientemente el motor, como ya se verá.

Los cojinetes de apoyo del cigüeñal y de las propias bielas, producen un rozamiento elevado, que puede ser disminuido grandemente engrasando convenientemente estas uniones.

## BALANCE TERMICO

Después de lo expuesto, aparece claro que solamente una pequeña parte de la energía calorífica del combustible quemado en un motor, se transforma en energía mecánica. El resto se dispersa de diversas formas. La figura 1.26 muestra el balance térmico de un motor de características medias, donde puede observarse que el 100% del poder calorífico del combustible, se pierde un 20% en el agua de refrigeración, un 35% en el escape y un 15% en rozamientos mecánicos y resistencias pasivas. Queda, pues, un 30% de calorías útiles de las que puede disponerse para impulsar el vehículo.



Esta enorme desproporción, obliga a los constructores a estudios cada día más profundos para mejorar el rendimiento de sus motores, cuyo desarrollo tecnológico es cada vez más avanzado.

#### Curvas Características del Motor

El trabajo que es capaz de realizar un motor, está definido por sus curvas características. Fundamentalmente pueden reseñarse las del par, potencia y consumo específico de combustible, en función del régimen de giro.

En la figura 1.27 se han representado las curvas características de un motor, obtenidas en el banco de pruebas en condiciones de máximas alimentación, es decir, a pleno gases. En función del régimen de giro, se dan la potencia en CV, el par en kgm y el consumo específico en gr/CVh.

El par desarrollado varía con la velocidad de rotación del motor, alcanzando su valor máximo en el punto A, que corresponde al régimen en que la curva de potencia alcanza su punto de tangencia, con respecto a la tangente a esta curva trazada desde el origen de los ejes de coordenadas. Efectivamente, teniendo en cuenta (como se vio en 1.27) que:

Podemos deducir que el par motor RF es:

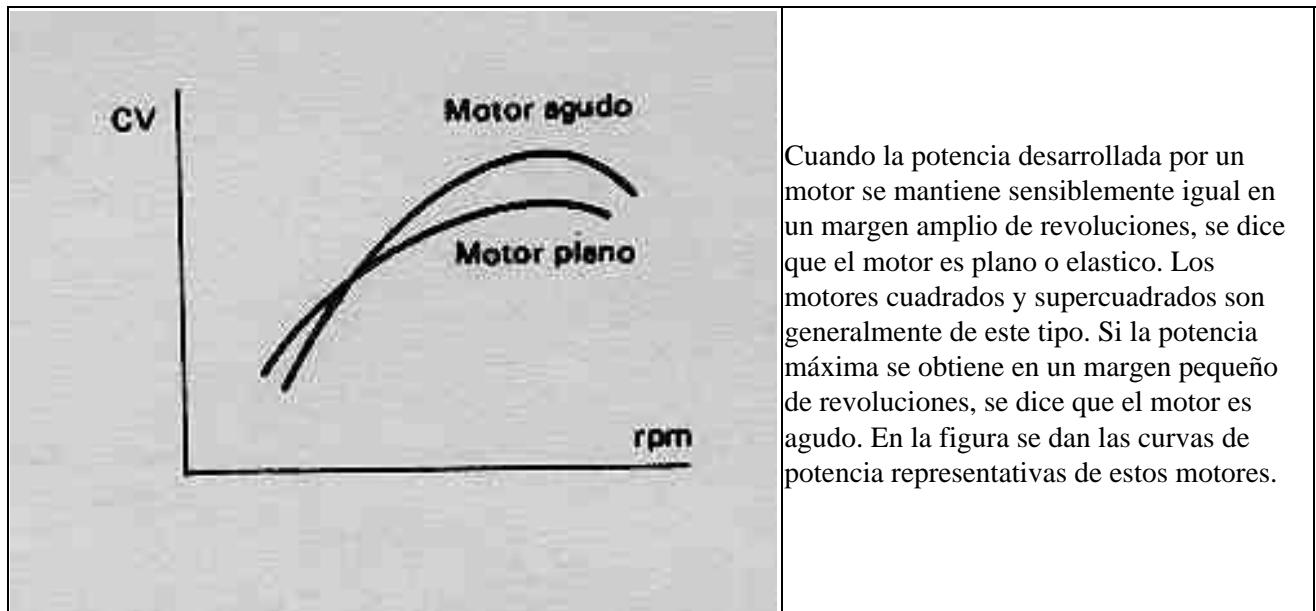
Y como la fracción  $P_e/n$  es precisamente la tangente del ángulo  $\alpha$ , podemos concluir que el par motor es máximo para el mayor valor de  $\alpha$ :

En las velocidades intermedias, como la del régimen correspondiente al punto A, el rendimiento volumétrico es elevado, dado que penetran gran cantidad de gases en el cilindro en el tiempo que está abierta la válvula de admisión, lo que significa obtener una fuerte presión sobre el embolo en el tiempo de combustión, que determina un par motor máximo.

A velocidades superiores, se dispone de menor tiempo para el llenado del cilindro, entrando en el menor cantidad de gases, con el consiguiente descenso de la presión desarrollada y, en consecuencia, del par motor.

En la figura 1.27 puede verse que el valor de la potencia aumenta con el régimen hasta un cierto valor (punto B), después del cual disminuye rápidamente hasta anularse en C. Dado que la potencia es directamente proporcional al par motor y al régimen de giro, se guiará aumentando aún después de que el par haya comenzado a decrecer, pues aunque disminuye la masa del fluido activo utilizada por cada ciclo, aumenta el número de estos y, con ello, la masa total utilizada en la unidad de tiempo. Alcanzado un cierto régimen (el correspondiente al punto B), la masa de fluido activo disminuye más rápidamente de lo que aumenta el número de ciclos en la unidad de tiempo, con lo cual, la potencia comienza a decrecer. En el punto D se alcanza el régimen máximo de giro del motor, que no puede ser sobrepasado dado que las caídas de potencia y par son muy significativas. De ahí la limitación que tiene todo motor.

El régimen correspondiente al punto E, es el de la marcha a ralentí, durante la cual, la potencia desarrollada por el motor es absorbida totalmente por las resistencias mecánicas. Por debajo de este valor, el funcionamiento del motor resulta irregular.



## Información

### 1. Apuntes: Concesionario BMW

RACC

Salón Internacional del Automóvil en Barcelona

### 2. Catálogos: BMW Magazine (fotos) y Service (información)

CITROËN Saxo 1998

Escola Racc Turismos *Curso de Seguridad y Conducción*.

MERCEDES ML 320

MICHELÍN (RACC)

SEAT Toledo e Ibiza

VOLKSWAGEN Passat

VOLVO 1999

FORD 1999 / 2000

### 3. Prensa: Automóvil *El Periodico de Catalunya* 12/11/97

*Autopista nos: 2019, 2060, 2061, 2072*

*CIENCIA y VIDA de La Vanguardia* 27/01/96

*Economía La Vanguardia* 12/11/97

*Economía/Motor El Mundo* 12/11/97

**Ley de Tasas máximas DGT Ministerio de interior**

**TRÁFICO (dgt) nos: 130, 131, 132**

**4. WWW:** <http://www.dgt.es/dgt/notasprensa/inforalcohol.pdf>

<http://www.crashtest.com>

**5. LIBROS:** **Huck Scarry, Sobre 2 y 4 ruedas, Montena 1982**

*Nueva Enciclopedia Larousse, Tomo XIII, Planeta–Agostini 1981*

**Guillermo Solana, Medios de transporte, El País / Altea 1994**

**Frederic Parmentier, 1.000 imágenes de Ferrari, Altorey 1996**

*El Gran Libro de la Consulta, El País / Altea 1995*

*Tecnología 3º de E.S.O., Editorial S.M. 1996*

**Diversas revistas de Motor (Auto–Sport, Solo Moto, Motor 16, Auto–verde, Autopista, Autovía) de 1998, 1999 y 2000**

**5. Otros: Carta a usuarios Mercedes Classe A Instalación de ESP en Classe A Mayo/98**

#### **Visitas**

- Concesionario BMW Busquets de Tarragona
- Salón internacional del Automóvil en Barcelona
- III Salón del vehículo de ocasión en Tarragona

#### **Metodología**

- Escáner para las fotos.
- Explorador de Internet Internet Explorer 5.0
- Procesador de textos Microsoft Word 97 y 2000
- Retoque Fotográfico Paint Shop Pro 5 y Adobe PhotoShop 5

A lo largo de este PFC se usará normalmente la relación entre aire y combustible (A/F) para expresar el dosado, a fin de ser consecuente con la nomenclatura anglosajona utilizada habitualmente en la documentación interna del proyecto ADIGA. Recuérdese que la relación A/F para mezcla estequiométrica tiene un valor aproximado de 14,6 para una gasolina comercial común.

Para facilitar la comprensión de los gráficos y referencias a puntos concretos del programa de medidas, al

final de este Proyecto se adjunta una hoja desplegable, que permite tener presentes las condiciones en las que se realizaron los ensayos mientras se observa un gráfico o tabla.

3

ÍNDICE I.E.S. JAUME I –SALOU–

4

HISTORIA DEL AUTOMÓVIL I.E.S. JAUME I –SALOU–

15

CONCEPTO DE SEGURIDAD EN EL AUTOMÓVIL I.E.S. JAUME I –SALOU–

1 El desinterés por la vida, en *CIENCIA y VIDA de La Vanguardia* 27/01/96 Pág.13

2 Bjorn Lundell en La mayor Locura *CIENCIA y VIDA de La Vanguardia* 27/01/96 Pág.13

18

Escola Racc Renault Turismos *Curso de Seguridad y Conducción* (SIC)

VIVE, el mensaje positivo *Revista TRÁFICO* AÑO XIV – Nº 130 Mayo–Junio 98

21

3 Ley de Tasas máximas *Dirección General de TRÁFICO Ministerio de interior* 07/05/99

24

26

27

Catalogo Gama Volvo 1999 en *Salón del Automóvil*

BMW *Nuevos Automóviles* 10/04/91

Catalogo Mercedes ML 320 en *Salón del Automóvil*

28

Catalogo Gama Volvo 1999 en *Salón del Automóvil*

BMW *Nuevos Automóviles* 10/04/91

Catalogo Mercedes ML 320 en *Salón del Automóvil*

29

Catalogo Citroën Saxo 1998 en *Salón del Automóvil*

BMW Nuevos Automóviles 10/04/91	
30	
ABS Un elemento casi indispensable en <i>Revista Autopista</i> Nº 2060 05/01/99 Pág. 92	
Mejorar la frenada en <i>Revista Autopista</i> Nº 2061 12/01/99 Pág. 92	
32	
<i>Michelín Información escuelas de conducción Michelín 1998 Año del centenario</i>	
Test de neumáticos <i>Revista TRÁFICO</i> AÑO XIV – Nº 131 Julio–Agosto 98	
34	
El arte del equilibrio en Revista Autopista Nº 2019 24/03/98 Pág. 35	
Motor de Arranque y Controles de Estabilidad en R. Autopista Nº 2072 30/03/99 Pág. 3 y 24–29	
36	
Mercedes Classe A <i>Economía/Motor El Mundo</i> 12/11/97	
El cotxe volador Automóvil <i>El Periodico de Catalunya</i> 12/11/97	
Mercedes hiberna su Classe A <i>Economía La Vanguardia</i> 12/11/97	
<i>Carta a usuarios Mercedes Classe A</i> Instalación de ESP en Classe A Mayo/98	
39	
Motor de Arranque y Controles de Estabilidad en R. Autopista Nº 2072 30/03/99 Pág. 3 y 24–29	
43	
Catalogo SEAT Toledo 1999 en <i>Salón del Automóvil</i>	
BMW Nuevos Automóviles 10/04/91	
44	
Catalogo Gama Volvo 1999 en <i>Salón del Automóvil</i>	
BMW Nuevos Automóviles 10/04/91	
46	
47	
BMW Nuevos Automóviles 10/04/91	

49	Catalogo SEAT Ibiza 1999 en <i>Salón del Automóvil</i>
50	BMW <i>Nuevos Automóviles</i> 10/04/91
55	BMW <i>Nuevos Automóviles</i> 10/04/91
56	Apuntes del salón del automóvil de 1999
57	Catalogo Citroën Saxo 1998 en <i>Salón del Automóvil</i>
58	Catalogo Gama Volvo 1999 en <i>Salón del Automóvil</i>
58	BMW <i>Nuevos Automóviles</i> 10/04/91
66	Todo lo que se debe saber sobre el reposacabezas <i>R. TRÁFICO</i> AÑO XIV – N° 130 Mayo–Junio 98
66	Apuntes del salón del automóvil de 1999
76	AIRBAG, el salvavidas <i>Revista TRÁFICO</i> AÑO XIV – N° 130 Mayo–Junio 98
78	Apuntes del salón del automóvil de 1999 y en la oficina RACC c/ Valencia/Urgel
78	Catalogo Volkswagen Passat 1999 en Salón del Automóvil
78	Impacto Súbito, SILLITAS DE NIÑOS <i>R. TRÁFICO</i> AÑO XIV – N° 132 Septiembre–Octubre 98
81	Apuntes del salón del automóvil de 1999
84	BMW <i>Nuevos Automóviles</i> 10/04/91

85

ANEXOS: BIOGRAFÍA DE HENRY FORD I.E.S. JAUME I –SALOU–

110

2

ANEXOS: LEGISLACIÓN ANTICONTAMINACIÓN I.E.S JAUME I –SALOU–

ANEXOS: ANALISIS TERMODINÁMICO DE UN MOTOR DE EXPLOSIÓN I.E.S JAUME I –SALOU–

BIBLIOGRAFÍA I.E.S. JAUME I –SALOU–

114

### **HISTORIA DEL AUTOMÓVIL**

### **CONCEPTO DE SEGURIDAD EN EL AUTOMÓVIL**

### **ANEXOS**

Fig.1.25

Fig.1.27

Fig.1.26

$$Pe = \frac{RFn}{716}$$

$$RF = 716 \frac{Pe}{n}$$

$$RF = 716 \frac{Pe}{n} = 716 \operatorname{tg} \alpha$$

### **ÍNDICE**

### **BIBLIOGRAFÍA**