

TENDENCIAS TECNOLÓGICAS DEL TRANSPORTE.

HORIZONTE DE 2015^(*).

.....
GOTZON AZKÁRATE

INASMET. *Centro Tecnológico de Materiales*

EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y EL ESTILO DE VIDA OCCIDENTALES CONDUCEN A UNA MOVILIDAD CRECIENTE DE PERSONAS Y MERCANCÍAS, TAL COMO LO CONSTATAN LAS ESTADÍSTICAS DE LAS ÚLTIMAS DÉCADAS Y LO REFRENDAN LAS PREVISIONES DE LAS QUE VIENEN.

El desarrollo y puesta a punto de un sistema de transporte eficiente y competitivo que satisfaga esta demanda resulta un elemento clave para la economía de cualquier país, ya que la actividad resultante adquiere una importancia capital, no sólo por la propia aportación del transporte a la misma, sino también por su capacidad de condicionar la competitividad de la mayoría de los sectores productivos.

En España, la contribución del transporte a la economía nacional (1) representó, según datos de 1996, el 5,3% del PIB y em-

pleó el 5,9% de la población activa. Paralelamente a esta aportación se ha desarrollado un importante tejido industrial en torno a la fabricación de vehículos de motor, de material ferroviario, a la construcción naval y a la construcción aeronáutica, que genera (cuadro 1, en la página siguiente) una cifra de negocios equivalente al 9,3% del PIB (1999) y emplea a unas 210.000 personas.

Sin embargo, si bien la función básica del transporte es satisfacer la demanda de movilidad, al hacerlo se sitúa en el origen de

graves problemas como la polución, la congestión y/o la siniestralidad. La existencia de otras expectativas sociales —como calidad de vida, seguridad o respeto al medio ambiente—, que supeditan los objetivos de crecimiento al logro de un desarrollo sostenible, completa *grosso modo* el marco básico de actuación para los futuros desarrollos del transporte.

En este panorama, en el que el conjunto de los diferentes modos de transporte configuran un sistema altamente complejo, el elevado número de factores que in-

tervienen en su evolución —que van desde la aceptación social al desarrollo de infraestructuras, pasando por la complejidad tecnológica de los sistemas más modernos aplicados al mismo— plantea numerosas incertidumbres sobre las soluciones que finalmente se irán adoptando en el futuro.

El estudio de prospectiva tecnológica industrial del transporte, cuyos principales resultados se presentan a continuación, ayuda a reducir estos niveles de incertidumbre proporcionando información útil, coherente con la realidad de nuestro país y con la evolución mundial de las tecnologías, sobre temas cuya materialización futura irá configurando la evolución (2000-2015) presumible del sector.

CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

Los objetivos básicos abordados en los desarrollos del transporte persiguen, en general, proporcionar soluciones a problemáticas relacionadas con el confort, la eficiencia, la seguridad o el medio ambiente, donde la tecnología es un factor decisivo para alcanzar las prestaciones deseadas. En consecuencia, el conjunto de los temas planteados en el estudio propone otras tantas hipótesis de futuro que pueden clasificarse en torno a estos campos.

28

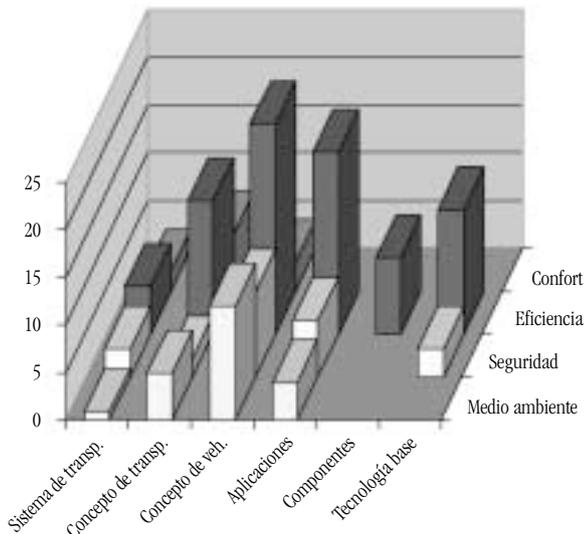
Sin embargo, el contenido tecnológico de los temas propuestos es muy variable, pudiendo situarse más o menos cerca de la demanda del mercado o de la oferta tecnológica. Así, los temas pueden ser muy tecnológicos y referirse directamente a tecnologías de base, o bien, pueden abordar incertidumbres relativas al sistema de transporte, situándose cerca de la demanda. Por ello, el gráfico 1 pretende sintetizar mejor el enfoque de los temas del estudio, considerando, además, que, por agregación, éstos plantean en cada campo problemáticas propias de las tecnologías de base, los componentes, las aplicaciones en sistemas de vehículo, los conceptos de vehículo, los conceptos de transporte o el sistema de transporte.

CUADRO 1
IMPORTANCIA DEL TEJIDO INDUSTRIAL DEL TRANSPORTE

Sector	Empleo	Cifra de negocio, millones de €	% del PIB
Aeronáutica	11.300	1.521	0,27
FFCC	7.700	977	0,17
Naval	29.100	2.713	0,48
Automoción	158.100	47.141	8,4
Total	206.200	52.352	9,32

FUENTE: INE.

GRÁFICO 1
ENFOQUE DE LOS TEMAS DEL ESTUDIO



FUENTE: Elaboración propia.

METODOLOGÍA

Los ejercicios de prospectiva tecnológica industrial de los sectores aeronáutico, ferrocarril, naval y de automoción fueron realizados, sucesivamente, entre los años 1998 y 2001, por la Fundación INASMET, sobre la que recae la responsabilidad de ejecutar los estudios de prospectiva del transporte del Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI). A lo largo de los mismos se interrogó, mediante la aplicación del método Delphi, a más de 600 expertos sobre un total de 137 hipótesis de futuro seleccionadas por comités compuestos por una decena de profesionales de reconocido prestigio, procedentes de las principales industrias, empresas e instituciones de cada sector.

Esta rutina necesaria pone ya de manifiesto el primer beneficio del ejercicio, al faci-

litar el análisis colectivo y la comunicación entre un gran número de expertos, con el objeto de identificar los componentes probables de escenarios de futuro.

Las respuestas recibidas (30%) constituyen la base del análisis prospectivo cuyos resultados se detallan en las publicaciones realizadas por el OPTI (2). Estos estudios sectoriales permitieron identificar:

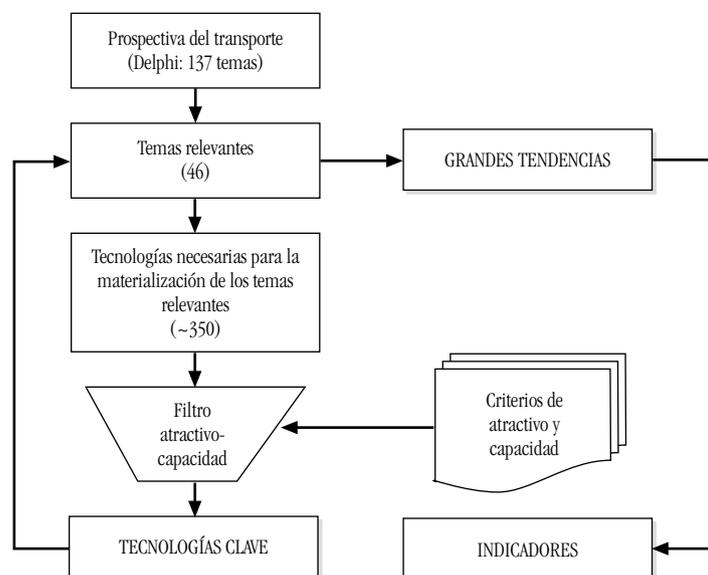
- Los temas relevantes y tendencias de futuro de cada sector. Su puesta en común permite la definición de las grandes tendencias del transporte.
- Las tecnologías necesarias para la materialización de estos temas.

Siguiendo el proceso descrito en el gráfico 2, las tecnologías clave del transporte (3) han sido obtenidas mediante la aplicación de criterios de atractivo y capacidad de España a las tecnologías necesarias para la

materialización de los temas relevantes. A tal fin se creó un grupo de trabajo MCYT-CDTI-OPTI, con la participación de INASMET como responsable de la ejecución de los trabajos de prospectiva del transporte, con la responsabilidad de definir (4) y aplicar el citado filtro, y proponer un conjunto de indicadores que puedan utilizarse para establecer el grado de acercamiento o alejamiento de los futuros previstos.

Como consecuencia del filtrado realizado, algunos de los temas considerados como relevantes en el estudio de prospectiva quedan relegados a un segundo nivel, ya que las propuestas tecnológicas que de ellos derivan no superan el listón de los atractivos y capacidades de España. En el presente artículo solamente se hará referencia a los temas que superan esta barrera. Para una visión completa de los resultados se recomienda recurrir a la documentación de la «referencia 2».

GRÁFICO 2
ESTUDIO DEL PROCESO SEGUIDO PARA LA DEFINICIÓN DE TENDENCIAS, INDICADORES Y TECNOLOGÍAS CLAVE



RESULTADOS

En este trabajo se ha optado por presentar los resultados obtenidos agrupándolos en torno a cada una de las seis grandes tendencias de futuro identificadas tras la aplicación de la metodología citada: Seguridad, Sostenibilidad, Intermodalidad, Interoperabilidad, Alta velocidad y Eficiencia en la fabricación y en la explotación.

A continuación se hace una breve descripción de cada una de estas tendencias, añadiendo al final de las mismas tanto los indicadores propuestos como las tecnologías clave asociadas a cada uno de los temas relevantes que, habiendo superado el filtro propuesto, han sido incluidos en cada tendencia.

No obstante, cabe aclarar que algunos de los temas podrían acomodarse igual de bien en más de una de las tendencias citadas, dada la ambivalencia de su enunciado. Por ejemplo, «la reducción del 30% del coste de la interfaz barco/puerto mediante el uso de nuevas infraestructuras...» (tema n.º 18) ha sido tratada como un asunto de *intermodalidad*, aunque podría incluirse igualmente como un tema propio de la *eficiencia en la explotación*. En estos casos, cada tema ha sido asociado a una sola

tendencia, a fin de no sobrecargar el texto, entendiendo que el lector dispone de criterios suficientes para descubrir otras asociaciones posibles.

Igualmente, es preciso indicar que, dada la disparidad y abundancia de las tecnologías inicialmente planteadas (350) y las evidentes diferencias entre los sectores tratados, era aconsejable —a fin de facilitar su tratamiento y presentación— el agrupamiento de las mismas en áreas tecnológicas afines comunes a todo tipo de vehículo (avión, tren, barco o automóvil).

En consecuencia, y a pesar de la multidisciplinaridad de algunas de las tecnologías, cada una de ellas fue asociada a uno y sólo a uno de los grupos siguientes: *Diseño, sistemas de vehículo, propulsión, TIC y electrónica, materiales, fabricación, otros*. Este último grupo incluye fundamentalmente aspectos de certificación y normativos, así como las tecnologías relacionadas con el mantenimiento y los ensayos no destructivos.

SEGURIDAD

La seguridad es una de las preocupaciones mayores, no sólo de los usuarios, sino

CUADRO 2
COSTE EN VIDAS HUMANAS IMPUTABLES A LOS ACCIDENTES DEL TRANSPORTE
NÚMERO DE VÍCTIMAS MORTALES (1999)

	España	UE
Carretera	5.738	42.122
FFCC	1*	186*
Aviación		52
Mar	84	403

* 1988.

FUENTE: Dirección Gral. de Marina Mercante e INE.

también de todos los actores del sistema de transporte en su globalidad.

La magnitud fundamental que determina la importancia de la seguridad viene dada por el coste en vidas humanas imputables a los accidentes que ocurren en los diferentes modos de transporte. La consideración de otros costes, como los económicos (2,5% del PIB de la UE), los sociales y los medioambientales, refuerza el valor de la seguridad como eje de acción prioritaria en los desarrollos futuros del transporte. (cuadro 2).

Bajo estos criterios, es evidente que la carretera resulta, por mucho, el medio más peligroso y exige el desarrollo de medidas de amplio espectro para reducir significativa-

y, finalmente, en el uso de sistemas telemáticos y de control para que se realice una distribución inteligente del tráfico, aprovechando de forma racional las infraestructuras disponibles. En las estrategias a más largo plazo (>10 años) se contempla el desarrollo de vehículos eléctricos a baterías o con células de combustible.

Por último, la reciclabilidad de los vehículos en su fin de vida afecta sobre todo al sector de automoción, habida cuenta de la dimensión adquirida por el parque móvil (17 millones de vehículos en España y 173 millones en la UE) y la dificultad de reciclar o reutilizar volúmenes crecientes de piezas y materiales utilizados en los mismos. El objetivo perseguido en este caso busca que el 95% de las piezas o materiales se reciclen o reutilicen (cuadro 4).

INDICADORES

- Estadística sobre porcentaje de gases contaminantes emitidos a la atmósfera.
- Fecha real de entrada en vigor de la normativa EURO IV.
- Fecha real de entrada en vigor de la normativa europea de reciclado de vehículos.
- Creación y evolución de los CARD (centros autorizados de recepción y descontaminación de vehículos).
- Evolución del reparto (%) de materiales utilizados en los vehículos.
- Evolución del número de vehículos eléctricos del parque.
- Incorporación de sistemas inteligentes en nuevos vehículos.

INTERMODALIDAD

Una de las características propias del transporte de las últimas décadas es el aumento incesante de la movilidad y el desequilibrio creciente de la contribución de los diferentes modos a esta movilidad de viajeros y mercancías. Esta ineficiencia del sistema se

CUADRO 4
TECNOLOGÍAS CLAVE PARA LOS TEMAS DE LA TENDENCIA DE SOSTENIBILIDAD

Temas	Tecnologías clave
<p>A4. Desarrollo de un transporte energéticamente eficiente y de larga vida en servicio, en materiales compuestos (2004-2008).</p>	<p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Diseño y desarrollo de materiales y estructuras inteligentes. ■ Desarrollo de métodos de predicción y ensayo de estructuras primarias en materiales compuestos. ■ Tecnologías avanzadas de fabricación en materiales compuestos. <p>Otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de tecnologías avanzadas de evaluación no destructiva para diagnóstico <i>in situ</i> de vida residual.
<p>C31. El 95% de las piezas o materiales de los automóviles se van a reciclar o reutilizar (2006-2010).</p>	<p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Diseño para reciclado y reutilización y sus procesos. <p>TIC-Electrónica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo logístico para el reciclado y la reutilización. <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de componentes económicamente reciclables.
<p>C28. Amplio uso de vehículos de emisión «0» para transportes de masa en áreas urbanas en lugar de los diesel convencionales (2011-2015).</p> <p>C27. Amplio uso de vehículos eléctricos portando células de combustible que tienen una elevada eficiencia de conversión de energía (2011-2015).</p> <p>C16. Amplio uso de vehículos para transporte personal urbano, propulsados por fuentes de energía eléctrica u otras fuentes de emisiones inocuas, soportados por instalaciones de recarga rápida y segura en terminal y/o en ruta (2006-2010).</p>	<p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de nuevos conceptos de vehículo para sistemas alternativos de propulsión (VE, VEH, VEB, VECC)*. <p>Propulsión:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo técnico de reformadores o convertidores más compactos y eficaces. ■ Mejora de la densidad de potencia, reducción de costos y optimización de prestaciones en células de combustible. <p>TIC-Electrónica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Electrónica de potencia y sistemas de gestión electrónica global. <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Nuevos materiales para sistemas de propulsión alternativos (baterías, células de combustible, etc.).
<p>C26. Amplio uso de vehículos con MCI dos veces más eficientes y con 1/3 de las emisiones actuales de contaminantes regulados (2006-2010).</p> <p>C23. Amplio uso de vehículos con MCI con un consumo 30% menor que el de los vehículos actuales, gracias a la reducción de peso y al aumento del rendimiento (2006-2010).</p> <p>C33. Desarrollo de automóviles más compactos y con un peso total 25% inferior a los actuales (2006-2010).</p>	<p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de herramientas avanzadas de diseño, cálculo, simulación y optimización para la reducción de peso y volumen de estructuras, carrocerías, componentes y sistemas. <p>Sistemas de vehículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de nuevas estructuras de motor con accionamientos eléctricos como estrategia de reducción de peso. <p>Propulsión:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Tecnologías avanzadas para motores de combustión interna y tratamiento de los gases de escape. ■ Sistemas de recuperación de energía. <p>TIC-Electrónica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Optimización de la arquitectura eléctrica y electrónica (alimentación a 42 V, accionamientos, instrumentación, etc.). ■ Sistemas embarcados de diagnóstico (EOBD: European On Board Diagnosis) y gestión integral de los ciclos de consumo. <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de catalizadores y filtros de partículas. ■ Desarrollo de sistemas de unión. ■ Desarrollo de materiales y lubricantes avanzados para la reducción de pérdidas por rozamiento. Tribología.
<p>C12. Los sistemas telemáticos y de control serán ampliamente utilizados, de forma que se realice una distribución inteligente del tráfico en los diferentes sistemas de transporte, para emplear la infraestructura de una manera racional (2006-2010).</p>	<p>TIC-Electrónica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de infraestructuras de tráfico equipadas como mínimo con los medios telemáticos actuales. ■ Desarrollo de sistemas amigables de comunicación e información al conductor.

* VE, VEH, VEB, VECC: Vehículo eléctrico, VE híbrido, VE a batería, VE con célula de combustible.

FUENTE: Elaboración propia.

CUADRO 8
TECNOLOGÍAS CLAVE PARA LA TENDENCIA DE EFICIENCIA EN LA FABRICACIÓN Y EN LA EXPLOTACIÓN

Temas	Tecnologías clave
<p>A3. Desarrollo de aviones para pasajeros, de gran tamaño (1000 Tm, 3 x «jumbo» actual) y velocidad de crucero comparable a la de los reactores actuales (2004-2008).</p> <p>A5. Reducción del 50% de los costos de funcionamiento directos por pasajero y unidad de distancia, gracias a una producción más eficiente de aviones y a cortes en los costos de mantenimiento, etc. (2004-2008).</p>	<p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo y aplicación de herramientas avanzadas de diseño. ■ Diseño y simulación de superficies de sustentación, estructuras inteligentes y sistemas. ■ Desarrollo y aplicación de herramientas avanzadas de diseño, análisis y simulación para aumentar los intervalos de mantenimiento. ■ Métodos de predicción y ensayo de estructuras primarias (formas modales de avión completo, modelización, análisis, ensayos de cargas combinados de paneles planos y curvos, etc.). <p>Sistemas de vehículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de tecnologías avanzadas para sistemas aeronáuticos. <p>TIC-Electrónica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de simuladores y entrenadores. <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Tecnologías avanzadas de fabricación en materiales compuestos. ■ Nuevos materiales más eficientes y tolerantes al daño. ■ Desarrollo de materiales considerando inflamabilidad, toxicidad y emisión de humos, y comportamiento al impacto. <p>Fabricación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Nuevos conceptos y aplicaciones de tecnologías de fabricación aeronáutica. ■ Nuevas tecnologías de fabricación de componentes metálicos. ■ Conformado superplástico. <p>Otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo y aplicación de tecnologías avanzadas de evaluación no destructiva (END).
<p>F13. Los costes del ciclo de vida de vehículos ferroviarios son un 30% menores, gracias al uso de tecnologías de diseño y de nuevos materiales y procesos (2005-2009).</p> <p>F19. La modularización y estandarización de los trenes permite reducir en un 50% el plazo de entrega actual (2005-2009).</p> <p>F21. Desarrollo de materiales M0 y F0 de bajo coste y fácilmente conformables (2005-2009).</p>	<p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Modularización y estandarización de trenes. <p>Sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de sistemas activos de seguridad. <p>TIC-Electrónica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de actuadores y sensores específicos para aplicaciones funcionales y de seguridad en vehículos ferroviarios. <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo y aplicación de materiales no metálicos de altas prestaciones y bajo coste, considerando la inflamabilidad, toxicidad, reciclado y antivandalismo. ■ Desarrollo de adhesivos estructurales. Tecnologías de unión por adhesivos. ■ Revestimientos conformables. ■ Desarrollo de textiles avanzados para el transporte ferroviario. <p>Fabricación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Tecnologías avanzadas de automatización y robotización de los procesos de fabricación de vehículos ferroviarios. <p>Otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de tecnologías para la reducción del mantenimiento.
<p>F14. Uso práctico, sin comprometer la seguridad, de vehículos que usan materiales ligeros y unidades de potencia y auxiliares de reducido volumen, para reducir el peso del vehículo en un 50% (2005-2009).</p>	<p>Sistemas de vehículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de estructuras en materiales ligeros. <p>TIC-Electrónica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Aplicación de tecnologías de señalización de alta frecuencia. ■ Desarrollo de tecnologías para sustitución de transformadores e inductancias por sistemas electrónicos equivalentes. <p>Otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Reconsideración en profundidad de las normativas de seguridad pasiva (resistencia al impacto), de vida del material y de redundancia del equipamiento de conducción y control.

(Continúa)

CUADRO 8
TECNOLOGÍAS CLAVE PARA LA TENDENCIA DE EFICIENCIA EN LA FABRICACIÓN Y EN LA EXPLOTACIÓN
(Continuación)

Temas	Tecnologías clave
<p>N6. Uso práctico en construcción naval de sistemas CIM, reduciendo los costes de personal a un medio del coste actual (2005-2009).</p> <p>N27. Amplio uso en construcción naval de sistemas de diseño y fabricación descentralizados basados en la internacionalización y la conexión en red (2005-2009).</p>	<p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo y aplicación de herramientas avanzadas de diseño. ■ Desarrollo y aplicación de sistemas avanzados de diseño y fabricación en entornos geográficamente distantes. <p>TIC-Electrónica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Nuevas herramientas de gestión logística y aprovisionamiento. ■ Desarrollo de estándares de intercambio de información. <p>Fabricación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Nuevos conceptos y aplicaciones de tecnologías de fabricación y de producción en construcción naval. <p>Otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de estándares navales.
<p>N13. Uso práctico de navíos de gran fiabilidad capaces de funcionar cinco años sin necesidad de paradas por mantenimiento (2005-2009)</p>	<p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo y aplicación de tecnologías y conceptos de «diseño para el mantenimiento» en buques y navíos. <p>TIC-Electrónica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Tecnologías de análisis de riesgo, fiabilidad y soporte para toma de decisiones en caso de fallo (análisis logístico integrado). <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de tecnologías y materiales con características mejoradas. <p>Fabricación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Nuevas tecnologías de fabricación orientadas a garantizar la protección (buen acabado en soldaduras, preparación de superficies). <p>Otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo y aplicación de sistemas expertos de mantenimiento.
<p>C34. Los costes de fabricación y montaje de vehículos son, en términos reales, un 30% inferiores, debido principalmente al diseño y al uso de nuevos materiales y procesos (2006-2010).</p> <p>C35. Los tiempos de desarrollo de nuevos vehículos son inferiores a 18 meses, gracias a las TIC y a los sistemas avanzados de diseño y fabricación (flexible), y a la normalización de grandes componentes en vehículos (2006-2010).</p>	<p>Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de herramientas avanzadas de diseño, cálculo, simulación y modelado virtual para la reducción del número de piezas y componentes. ■ Reducción del número de materiales utilizados en el vehículo ■ Modularización-unificación-simplificación de conjuntos, plataformas, etc., y uso estandarizado de componentes no vistos por el usuario. <p>TIC-Electrónica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de comunicaciones y redes industriales para el intercambio electrónico de información. ■ Herramientas avanzadas de gestión logística integrada, ligadas a las TIC. <p>Fabricación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo de herramientas inteligentes de apoyo a la fabricación y producción.

FUENTE: Elaboración propia.

36

gran tamaño y velocidad de crucero comparable a la de los reactores actuales, en el sector aeronáutico; el aligeramiento (50%) de vehículos ferroviarios, en los FFCC; o, como en el caso del sector naval, mediante el uso práctico de navíos de gran fiabilidad capaces de funcionar cinco años sin paradas por mantenimiento (cuadro 8).

INDICADORES

- Evolución del tiempo medio de desarrollo de un nuevo vehículo.
- Evolución de los sectores: cifra de ventas de los fabricantes de vehículos, número de unidades producidas.

- Número de pasajeros de los nuevos aviones A 3XX.



(*) Resultados obtenidos del Estudio de Prospectiva Tecnológica Industrial de los sectores Aeronáutico, Ferroviario, Naval y de Automoción.



NOTAS

(1) Indicadores Económicos de los Transportes y las Comunicaciones (base 1995), Ministerio de Fomento.

(2) 1.º, 2.º y 3.º Informe de Prospectiva Tecnológica Industrial. OPTI (www.opti.org).

(3) Transporte: tendencias tecnológicas a medio y largo plazo. OPTI (www.opti.org).

(4) Estos criterios fueron definidos basándose en la metodología aplicada en: «Technologies Clés 2005, Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie», Francia (www.industrie.gouv.fr).

(5) El estudio se realizó con anterioridad a los ataques terroristas del 11 de septiembre en los Estados Unidos, por lo que no contempla el impacto de estos acontecimientos.