



SUPLEMENT DE  
**PERSPECTIVA**  
ESCOLAR

Noviembre 1999

# PERSPECTIVA

# AMBIENTAL 17

Trenes



Noviembre 1999

P E R S P E C T I V A  
A M B I E N T A L 17

**Edición:**

Associació de Mestres Rosa Sensat  
Drassanes , 3 • 08001 Barcelona  
• Tel: 93-481 7373 • Fax: 93-301 75 50  
Fundació TERRA  
Avinyó, 44 • 08002 Barcelona  
• Tel/Fax: 93-304 0220  
<http://www.terra.org>

**Redacción:**

Jordi Miralles y Ralf Massanés

**Foto portada:**

Tren de cercanías UT S/447

**Imágenes interiores**

ADTRANZ, ALSTOM, CAF, FGC, Museo del Ferrocarril de Vilanova, RENFE, SIEMENS, TALGO, TMB.

**Dipòsit Legal:** B. 2090-1975

**Trenes**

151 años de historia para empezar  
Las claves del transporte ferroviario  
Elementos del transporte ferroviario  
El tren de vapor  
El tren eléctrico  
El tren diesel y térmico  
El monorail y el maglev  
Ferrocarriles de pendiente (cremalleras y funiculares)  
Trenes metropolitanos (metro y tranvía)  
El funcionamiento de los trenes modernos  
Ventajas ecológicas del tren  
El tren y la sostenibilidad  
El tren como sistema de transporte  
La integración territorial del ferrocarril  
Sin freno hacia el caos: la importancia de incrementar el tren de mercancías  
Disfrutar del tren  
**Cambiar el tren de vida**  
Equipamientos y salidas ferroviarias  
Vías verdes  
Un problema de vectores físicos  
Viajes en trenes históricos  
Modelismo ferroviario  
El tren, el amigo de la ciudad  
Bibliografía y direcciones de interés

*El tren es el sistema de transporte terrestre más respetuoso con el entorno.*

*Pero, la grandeza del tren estriba en el hecho de que sea un transporte colectivo y gestionado para ofrecer un servicio social.*

*Las mejoras tecnológicas que ha sabido incorporar a lo largo de su historia lo sitúa como un sistema clave para la movilidad del siglo XXI. Este dossier quiere ser un homenaje a las personas que trabajan para el tren del futuro.*

## Trenes

*Fundación TIERRA\**



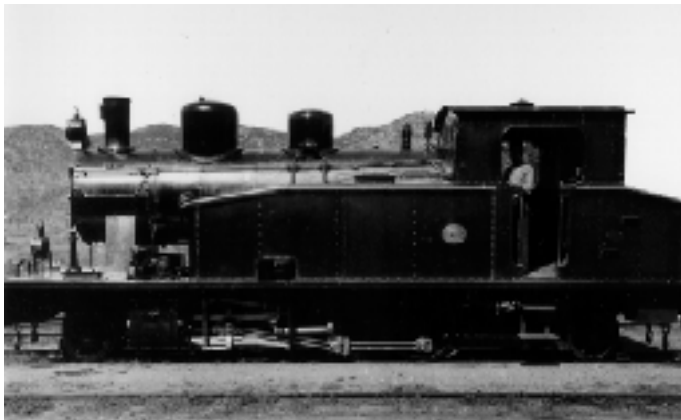
\* La Fundación TIERRA es una fundación privada que tiene como objetivo canalizar y fomentar iniciativas que favorezcan una mayor responsabilidad de la sociedad en los temas ambientales.

### ¡151 años de historia, para empezar!

El primer tren en el Estado español se inauguró el 28 de octubre de 1848 entre las localidades de Barcelona y Mataró con un recorrido de 40 km sobre raíles de ancho de vía de 6 pies (1,67m) que cruzaba 44 puentes, un túnel de 135 m y se paraba en ocho estaciones.

La historia de esta aventura empresarial tiene un gran interés porque refleja aspectos claves de la sociedad de la época. Por ejemplo, el propulsor del ferrocarril fue Miquel Biada, un mataronense que vivía en Cuba cuando en el 1837 se inauguró el primer ferrocarril español (en aquel momento Cuba era una colonia española) entre la Habana y Bejucal (con 28 km. de recorrido) pensado sobre todo para el transporte de azúcar. De regreso a Cataluña, Biada consiguió forjar la iniciativa de un ferrocarril (no era la primera que se planteaba). Su éxito fué convencer a empresarios ingleses

para que se implicasen en la inversión . El gobierno otorgó la concesión de la línea Mataró-Barcelona el 1843 imponiendo condiciones como no poder construir en ancho europeo (1,43m) y de tipos financiero y tarifario. Camino de Hierro de Barcelona a Mataró, la empresa explotadora poseía cuatro locomotoras construidas en Inglaterra que permitía mantener tres trenes en servicio de ida por la mañana y tres de vuelta por la tarde. El recorrido se hacía en una hora a una velocidad de entre 40 y 60 km/h y podía remolcar hasta 130 t de carga. Los vagones de pasajeros eran más o menos lujosos según la categoría. Un viaje en tercera costaba 6 reales, y el primer año se transportaron 675.828 viajeros. La historia es apasionante por la perseverancia de sus promotores y las muchas dificultades que tuvieron que vencer para un proyecto que abría una nueva página de la historia.



Locomotora-tender 2-6-2 de la Compañía del Ferrocarril de Olot a Girona. Fabricada por la Maquinista Marítima Terrestre, 1926. Archivo Nacional de Cataluña.

En el Estado español, hacía 1855 ya había en funcionamiento 405 km de red. La revolución liberal promovió aquel mismo año la Ley General del Ferrocarril que facilitaba las inversiones extranjeras para construir ferrocarriles. En 1875 las cuatro capitales catalanas estaban unidas por el tren. En 1877 una nueva ley de ferrocarriles impulsaba a construir líneas en ancho inferior a 1,67 m lo que permitía la construcción de la

vía estrecha, generalmente de ancho métrico. El año 1901 la red ferroviaria estatal era de más de 10.000 km de ancho ibérico y 2.000 km de vía estrecha. En el 1905 el tramo Barcelona-Sarrià (de ancho europeo) se electrifica. Esta nueva tecnología abriría un camino imparable para el futuro desarrollo del tren.

En el momento de máximo esplendor del tren (antes de la Primera Guerra Mundial) existía una red de 18.000 km de ancho ibérico y 5.500 km de vía estre-



Locomotora 2-4-0 série 2400 fabricada en los talleres de MTM en 1940. Conocida popularmente como la "Linda tapada". Archivo Nacional de Cataluña.

cha. A principios de los años 20, las pésimas condiciones económicas generales afectaron a la viabilidad de un gran número de compañías ferroviarias. Por eso, en el 1924, durante la dictadura de Primo de Rivera se otorgaron ayudas financieras importantes para modernizar las compañías ferroviarias. No obstante, la gravedad de la crisis hizo recomendable que el Estado español emprendiera en el 1928 la nacionalización de las primeras líneas férreas. En el 1941 el Estado español rescató definitivamente to-

das las compañías de ancho ibérico y se creó la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (RENFE). Este proceso no fue ajeno a la nacionalización del ferrocarril en el resto de los países europeos.

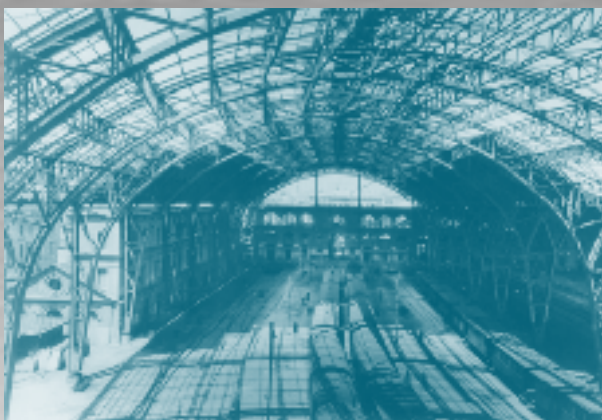
Con el nacimiento de la Renfe el Estado inicia las inversiones necesarias para mantener una red de unos 12.000 Km y modernizar las infraestructuras (vías, trenes, puentes, túneles, etc.). El tren fue uno de los grandes beneficiarios de la ayuda americana del Plan Marshall durante los años cincuenta.

### La Maquinista Marítima y Terrestre (MTM), la fuerza de un pueblo

MTM fue fundada el 14 de septiembre de 1855 por Valentí Esparó, Nicolau Tous y Celedoni Ascacibar. Inicialmente, se instaló en la Barceloneta. El objetivo de esta empresa era la transformación del hierro para la fabricación de maquinaria y aportar productos metalúrgicos necesarios para la industrialización.

La historia de la MTM cuajó rápidamente en la sociedad catalana. Así en el 1827 el músico Anselm Clavé dio a conocer dentro de los conciertos matinales que se hacían en el Paseo de Gracia de Barcelona, la polca “La Maquinsita” en la cual se promocionaba el trabajo que se hacía dentro de los talleres de la MTM.

El creciente desarrollo del ferrocarril propició que la MTM rápidamente se especializase en la construcción de locomotoras de vapor. Entre 1883 y 1957 fabricaron 721. En 1917 trasladó los talleres al barrio de Sant Andreu del Palomar. A finales de los años veinte tenía capacidad para fabricar 6 locomotoras al mes. En 1989 La Maquinista se integró en el grupo GEC Alstom y en 1992 libró las primeras unidades de trenes de alta velocidad construidos en España. En el 1994 los talleres de Sant Andreu se trasladan a Santa Perpetua de la Mogoda en el nuevo centro de GEC Alstom que integra también MACOSA, otra empresa centenaria ligada a la industria ferroviaria. Hoy, todo el grupo se une bajo el nombre de ALSTOM.



Cubierta de hierro de la Estación de Francia (Barcelona) fabricada por la La Maquinista Marítima Terrestre entre 1926 y 1928. Se emplearon 2.500 t de materiales

La Maquinista ha contribuido decisivamente al desarrollo del ferrocarril en España y durante sus 138 años de vida ha sido testimonio del paso de los acontecimientos más recientes: Monarquía, República, Guerra Civil, Dictadura y Democracia. Igualmente, ha sido una escuela de formación laboral y sindical. Actualmente, se trabaja en un museo históricossocial que recoja la huella de la Maquinista en el seno de la sociedad catalana.

Durante más de un siglo (127 años) la tracción de vapor dominó la red ferroviaria. En 1954 existían 3.449 locomotoras de vapor de vía ancha. Pero en esta misma época se inicia un plan de electrificación que hoy cuenta con un 56% electrificado de la red de Renfe (6.857 km). En 1964 se pone en servicio el Talgo III con ejes de ancho variable que permitía adentrarse en la red europea sin transbordo y abría una nueva página en la historia del ferrocarril español.

Los años 80 marcaron un nuevo giro en la historia ferroviaria en la medida en que se tomó conciencia de que el tren debe ser rentable y que las inversiones han de ser razonables en el marco de una relación contractual entre el Estado y la compañía. Esta nueva política, no obstante, significó el cierre de 914 km el uno de enero de 1985. La aportación de las Comunidades Autónomas permitió modernizar 637 km para servicios metropolitanos y comarcales. Pero, este sacrificio serviría para emprender una potente inversión estatal para el horizonte 2000 y recuperar el prestigio social del tren. Los



El recorrido de alta velocidad Madrid-Barcelona tendrá 47 km de viaductos y 50 km de túneles. Este importante número de puentes y viaductos minimizan el impacto ambiental sobre el territorio.

servicios de largo recorrido y las cercanías han sido los grandes beneficiarios tanto por el aumento de velocidad como por la comodidad y calidad en el servicio. Es importante destacar la puesta en servicio de la primera línea de alta velocidad entre Madrid y Sevilla, el año 1992, que marcaba el inicio de esta nueva generación de trenes. Una infraestructura bastante criticada por los sectores ecologistas que, por otro lado, tiene un gran éxito social como servicio de transporte rápido, a pesar que es necesario reconocer que obliga a inversiones caras.

El tren refleja no solo los avances tecnológicos sino que también recoge los desastres históricos y las evoluciones sociológicas.

### **Las claves del transporte ferroviario**

El ferrocarril es un sistema autoguiado por una vía o raíles que determinan el recorrido por dónde se deslizan las ruedas del convoy. Estos carriles están formados por raíles fijados por las traviesas y que reposan sobre una base o balasto de grava. La virtud del tren es la escasa fricción entre el acero de la rueda y el raíl, hecho que permite arrastrar una gran cantidad de peso con un esfuerzo mínimo. Pero, la clave de una línea de tren es la pendiente; en pendientes superiores al 25% las ruedas patinan sobre el raíl. Estas características son determinantes en la construcción de una red ferroviaria y condicionan el paisaje que atraviesan.

Abrir un camino para el tren requiere hacer aberturas, terraplenes, puentes, viaductos y túneles para mantener el mínimo desnivel. En el Estado español el 40% de los túneles son ferroviarios y suman 775 km dentro de las entrañas de la tierra. De puentes y viaductos hay 3.164 que suman unos 237 km, algunos superan alturas de hasta 92 m.

En cambio, las rasas, las trincheras y los

terraplenes se han convertido en un elemento decisivo para aumentar el impacto paisajístico del tren, especialmente, en el caso de la alta velocidad que exige pendientes de un máximo de 25m de desnivel por kilómetro. En algunos casos se pueden construir túneles artificiales, pero en general esta fórmula para corregir el impacto sobre el entorno se evita para no encarecer más la construcción del trazado ferroviario.

La interacción entre paisaje e ingeniería ha hecho que el recorrido del tren con frecuencia obligue a escoger trayectos de una gran espectacularidad paisajística. En todo el mundo el tren tiene el privilegio de circular por espacios geográficos únicos o impensables como es el caso del túnel del canal de la Mancha.

## Elementos del sistema ferroviario

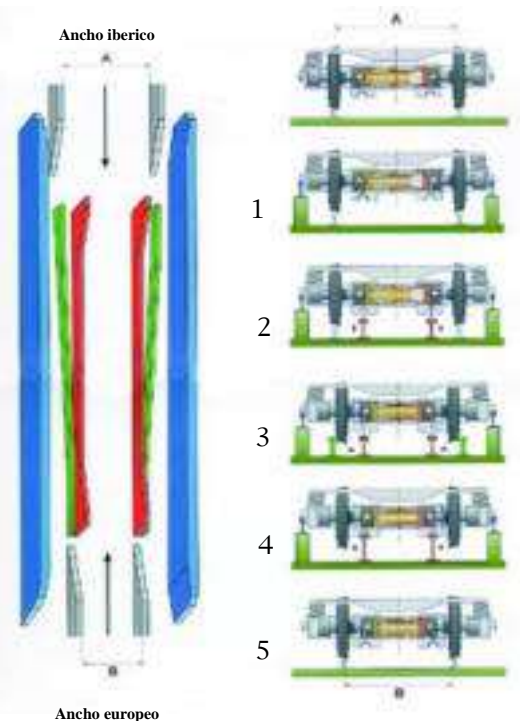
### *El raíl y la traviesa. El ancho de vía*

El elemento básico de una vía de tren son los raíles de acero y las traviesas que los



Las modernas vías de altas prestaciones están preparadas para que en el futuro los trenes puedan conseguir velocidades comerciales superiores a los 350 Km/h.

sujetan. El perfil del raíl mas empleado actualmente es el llamado de Viñolas de cabeza y asiento plano de origen americano. Inicialmente se empleaban barras de un máximo de 33 m. Hoy se instalan barras soldadas de hasta 288 m. Las traviesas son el elemento que sujeta los raíles al terreno y mantiene el paralelismo. Tradicionalmente, habían sido de madera de roble tratadas con creosotato para hacerlas más resistentes a la intemperie. Desde 1955 se instaló la traviesa llamada RS formada por dos bloques de hormigón unidos por un tirante metálico. Desde principios de los años 80 se ha implantado la traviesa monobloque pretensado de hormigón que es útil tanto para el ancho ibérico como el europeo. Traviesas y raíles



Esquema del cambio de ancho de vía del sistema TALGO RD. 1: unas guías exteriores elevan las ruedas; 2: se libera el bloqueo lateral de las ruedas; 3: se desplazan las ruedas al nuevo ancho; 4: se bloquean las ruedas en la nueva posición; 5: se descarga el tren sobre la vía.

reposan sobre el llamado balasto formado por un lecho de grava gruesa. En algunos casos, como en las líneas metropolitanas, el lecho puede ser también de hormigón.

Raíles y traviesas configuran el ancho de vía. Esta es la característica básica que define una línea ferroviaria. En el Estado español el ancho de vía es de 6 pies (1,668 m) porque en el año 1844 el gobierno hizo caso de la opinión de un ingeniero que argumentó que una vía más ancha que la internacional de 1,435 m permitiría circular locomotoras más potentes. Lógicamente, al cabo de pocos años, se demostró que era una opinión errónea. Lamentablemente, cuando en 1877 se dieron cuenta de las consecuencias la red española era de 7.000 km y ya era inviable reconvertirla al ancho internacional para conectarla al resto de Europa. Ha pasado más de un siglo para que el gobierno adoptara el acuerdo de construir en ancho europeo. Desde de 1988 se pretende que la red española se transforme en ancho europeo poco a poco. Esta es la razón por la cual las vías de alta velocidad ya se construyen en ancho internacional. En Cataluña, el tren de Sarrià, la actual línea de los Ferrocarriles de la Generalidad de Cataluña entre Barcelona y Terrassa-Sabadell, se construyó en ancho europeo a principios de siglo así como algunas del metro de Barcelona. El ancho métrico (1 m) que configura los trenes llamados de vía estrecha se desarrolló como una alternativa para abaratar la construcción y explotación de las líneas ferroviarias. En contrapartida la velocidad está limitada y eso ha hecho que se trate solo de líneas secundarias. Hoy son las que explotan esencialmente las comunidades autónomas.

Otro aspecto clave de la vía férrea son las curvas. El radio de curvatura condiciona la velocidad de los trenes. Por ejemplo, para la alta velocidad los radios mínimos son de 3.200 a 4000 m (por debajo de los 2.000 m



El compromiso de proteger y respetar el entorno es uno de los principales retos a la hora de construir una línea ferroviaria.

no permite alcanzar velocidades superiores a los 200 km/h). Finalmente, cabe destacar los desvíos para facilitar el paso de una vía a otra. Los cambios de vía, antiguamente, eran manuales y correspondían al oficio de guardagujas. Hoy, son automáticos.

### *La catenaria eléctrica*

A partir de los años 50, el Plan estatal de electrificación de la red ferroviaria generaliza un nuevo elemento de la vía: la catenaria, o sea el conjunto de cables por donde introducir la corriente eléctrica. Salvo algunos ferrocarriles metropolitanos (que utilizan un tercer carril a ras de suelo), la catenaria siempre es aérea. Con el fin de suministrar la corriente eléctrica en condiciones es necesario disponer de subestaciones transformadoras que conviertan la corriente alterna, procedente de las líneas de media y alta tensión, en corriente continua de 3.000 voltios (para los trenes de vía estrecha es de 1.500 v). El cableado, postes y subestaciones necesarios para la electrificación es lo que encarece la construcción de una línea férrea. Las nuevas vías de altas prestaciones son con corriente alterna de 25.000 voltios y 50 Hz.



## Señalización

La comunicación entre el tren, la vía y los lugares de coordinación es vital en la explotación de un sistema ferroviario. Desde muy antiguo los semáforos, las barreras de los pasos a nivel o el telégrafo han formado parte del paisaje del tren. Hoy, toda la señalización ferroviaria está coordinada desde los llamados Centros de Tráfico Centralizado (CTC) en donde la informática y las telecomunicaciones garantizan la máxima seguridad para la circulación de los trenes por toda la red. Actualmente hay 3.648 km de vía controlados por CTC. Las líneas como la del tren de alta velocidad incorporan sistemas a la propia vía como el llamado sistema ATP (Protección Automática de Trenes) que permiten controlando la conducción automática de trenes dirigiendo la conducción del maquinista. En general, estos sistemas de control permiten mantener una distancia de seguridad mínima, e incluso, bloquear el tren o impedir una velocidad fuera de norma para el tramo por donde circula. Todo esto, convierte a los maquinistas de los trenes actuales en supervisores de las ordenes que reciben de los ordenadores centrales. Así, el maquinista actual es más un elemento de seguridad que no de conducción del convoy.



El esplendor perdido: la estación internacional de Canfranc con un automotor térmico.

## Las estaciones

La estación es el puerto donde atracan los convoys ferroviarios y el espacio por el que los viajeros entran a la ciudad. Por eso, a finales del siglo pasado las estaciones de tren se edifican como un escaparate, con grandes pasillos, amplios recintos y una arquitectura solemne. Posteriormente, se valoró que el estilo de la estación tenía que ser parecido al de la ciudad que la acoge. En Cataluña la estación de tren más impresionante es la de Barcelona-Francia, construida en el 1929 por el Maquinista Marítima y Terrestre, con un diseño del ingeniero Andreu Montaner. Durante la época dorada del ferrocarril, entre finales del siglo XIX y principios del XX, se puede hablar de un estilo francés que marcó un objetivo en la arquitectura ferroviaria. La estación de Orsay (hoy Museo) de París podría ser uno de los ejemplos más espectaculares. En el Estado español la estación de Atocha (1892), la de Valencia Norte (1906), la de Toledo (1919) o la de Canfranc (1925) son verdaderos monumentos histórico-artísticos.



Pensemos, por ejemplo, que para transportar 200 contenedores de mercancía de un determinado tonelaje se necesitan entre 3 y 5 locomotoras de tren contra unos 200 camiones.

Según la función que tienen, hay estaciones de tráfico, estaciones de final de línea, estaciones intercanviadoras, estaciones de mercancías. Aunque durante años las nuevas estaciones se han construido sin respetar el carácter de la ciudad y con una arquitectura nada personal, desde 1986 se hacen restauraciones muy pulcras para recuperar la idea que sea la puerta de la ciudad y un punto de encuentro ciudadano. Desgraciadamente, en Cataluña no hay ningún ejemplo de esta nueva tendencia. En las remodelaciones recientes se han aplicado criterios más funcionales que estéticos.

### *Los trenes*

Hablar de trenes es hacerlo de un sistema de transporte terrestre que circula sobre raíles y formado por locomotoras y vagones. La locomotora es la máquina que remolca los vagones mediante energía mecánica (vapor o gasoleo) o eléctrica. El término vagón o coche designa la estructura diseñada para transportar pasajeros o mercancías. La evolución del ferrocarril para el transporte de viajeros llevo rápidamente al desarrollo de los llamados trenes autopropulsados eléctricos

o diesel en los cuales el elemento tractor y el vagón forman una unidad. Los trenes se pueden clasificar por la naturaleza de lo que transportan (pasajeros, mercancías, mixtos), por la longitud de su recorrido (urbanos, cercanías, regionales, largo recorrido), por criterios de velocidad o por la energía con la que se mueven. En este caso nos adentraremos un poco según la energía de tracción.

### **El tren de vapor**

La máquina de vapor inventada para el uso industrial en 1712, la perfeccionó James Watt en 1769 para la industria textil, pero la primera máquina de vapor móvil, sobre una vía se expone en Londres en el 1808. George Stephenson (padre del ferrocarril) fue el artífice del primer tren para el servicio público el 27 de noviembre de 1825 con una locomotora de vapor que arrastró 28 vagones en su viaje inaugural. Pero, la primera locomotora que marcaría el inicio de estas máquinas fue un diseño de los hermanos Stephenson en 1829, la famosa “Rocket” que permitió remolcar un de 20 toneladas a 38 km/h. A partir de ese momento las locomo-



Tren Alaris (Intercity 200) con inclinación natural que compensa las aceleraciones centrífugas de las altas velocidades. Circula por el corredor Valencia-Madrid a una velocidad comercial de 220 km/h. Los construyen conjuntamente ALSTOM y FIAT.



Unidad de tren eléctrico de cercanías de los Ferrocarriles de la Generalitat de Cataluña.

toras de vapor irán evolucionando para ganar en potencia y velocidad. Durante la segunda mitad del siglo XX las locomotoras de vapor alcanzaban velocidades de 200 km/h para el servicio de viajeros y podían arrastrar mercancías con un peso de 7.000 toneladas.

La tracción por vapor a acompañado al tren más de 125 años. Hoy, en toda Europa solo se emplea en recorridos turísticos o nostálgicos; en cambio, en Asia aún son habituales. Solo en China circulan unas siete mil (un 60% de las locomotoras en activo).

## El tren eléctrico

El primer tren eléctrico se pone en servicio en Alemania en el 1903 entre dos ciudades próximas a Berlín (Marienfeld y Zossen)



Moderno tren eléctrico con motor asíncrono trifásico a 400 voltios de 6 pulsos contruido por CAF para la línea del aeropuerto de Londres para alcanzar una velocidad de 160 km/h en ruta.

en un tramo de 23,3 km. La tecnología eléctrica represento un gran avance en el desarrollo del tren especialmente en líneas de cercanías y regionales. En 1905 se hacía la primera electrificación en el tren Barcelona-Sarrià. Sin embargo, en el Estado español habrá que esperar al 1911 para electrificar un tramo del ferrocarril, de Linares a Almería, dadas las dificultades del recorrido y el gran tráfico que había de mineral de hierro.

Las principales ventajas de los motores eléctricos es que podían arrastrar cargas mucho mas pesadas, que nunca se quedaban sin combustible y la fuente de energía era casi ilimitada. Por otro lado, son más silenciosas, no hechan humo, tienen mayores prestaciones en cuanto a aceleración, velocidad y capacidad de carga. La electrificación encarecía la construcción de una línea, pero reducía el gasto de mantenimiento.

La electrificación progresiva se inició a partir de los años 50 y con una tensión de 3.000 voltios en continua por ser más económica que las primeras de 1.500 voltios. Curiosamente, el estado Español mantiene una de las redes ferroviarias con un mayor porcentaje de electrificación de Europa (un



En los últimos diez años, el transporte de mercancías por carretera en Europa a aumentado en un 100 % y en los próximos 10 años se espera un incremento mínimo de un 60 % más: el caos en las carreteras. En cambio, desde 1970 el transporte de mercancías por tren ha disminuido del 34 al 16 %, y la tendencia va a la baja.

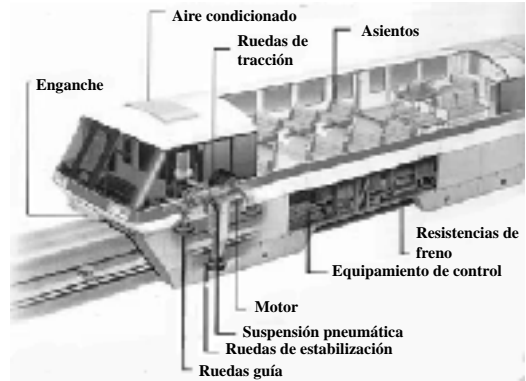
55%).

A principios de los años 70, Francia ya había iniciado con éxito las primeras experiencias en alta velocidad con los trenes TGV que significaban la última revolución en el ámbito de los trenes eléctricos. La velocidad de crucero entre 300 y 350 km/h los convierte en un rival para la aviación a media distancia. El potencial de la alta velocidad se demostró el 18 de mayo de 1990 cuando se batió el récord de velocidad con un TGV circulando a 515,3 km/h. La electrificación de estos trenes es en corriente alterna a 25.000 voltios.

### El tren diesel y térmico

A pesar de que Rudolph Diesel inventó en 1897 el motor que lleva su nombre no fue hasta 1924 que se acopló un motor diesel para generar la electricidad del motor eléctrico de tracción encargado de mover la locomotora. Los Estados Unidos apostaron fuertemente por estas locomotoras diesel-eléctricas para sustituir las de vapor y ahorrar los costes de electrificación en las grandes líneas que unían al vasto país del Atlántico al Pacífico.

Las primeras experiencias con trenes térmicos fueron automotores con motor de gasolina entre los años 1920 y 1930. Salvo experiencias puntuales, el diesel entrará en el estado Español con locomotoras procedentes de los Estados Unidos que empezaron a funcionar a mediados de los años 50. Durante esta década, el motor diesel también se incorpora en los llamados ferrobuses concebidos como un autobús regional para líneas no electrificadas. En las líneas no electrificadas hoy circulan trenes automotor diesel modernos como los TRD de origen danés a velocidades de hasta 160 km/h. Las locomotoras diesel, en cambio, prácticamente están relegadas al servicio de maniobras o mercancías en algunas líneas no electrificadas.



Esquema de un monorail empleado en Tóquio

### El monorail y el maglev

Los monorail circulan elevados sobre una viga de hormigón. Se han de considerar como una curiosidad turística. Sin embargo, el monorail ha sido la base del llamado tren de levitación magnética (maglev). Este vehículo circula dentro de un circuito con dos bandas magnéticas producidas por imanes superconductores que permiten hacer avanzar el tren sin fricción ni ruido como principales ventajas. Actualmente, se está construyendo una versión comercial en Alemania, el Transrápido, para circular a velocidades de 400 y 500 km/h, que unirá Berlín y Hamburgo en 55 minutos. Pero, presentan un inconveniente, que tienen un coste de más de diez veces el de los trenes de alta velocidad.

### Ferrocarriles de pendiente (cremalleras y funiculares)

Los raíles han sido el sistema para crear sistemas de transporte en espacios complejos como son las zonas de montaña.

Para las zonas de montaña con fuerte pendiente, en 1865 el ingeniero suizo Niclaus diseñó el tren cremallera para superar grandes



El tren cremallera de Núria, modernizado por Ferrocarriles de la Generalitat de Cataluña, es el único tren de gran pendiente en nuestro país.

pendientes. En cambio, el funicular (del latín funiculus, cuerda) es un invento aplicado a la industria desde principios del siglo XIX.

El funicular se desarrolló para salvar desniveles importantes entre una población situada encima de una colina y la vía del tren

en plano. La primera aplicación para transporte de viajeros se hizo en Dusino (Italia) en 1861 y un año después en Lyon (Francia) para superar rampas de planos inclinados de hasta un 60 %. En Cataluña, el primer funicular se construyó para acceder a la montaña del Tibidabo en 1901.

El tren cremallera supera la pendiente gracias a un sistema de engranaje formado por un carril interior dentado y un mecanismo equivalente para ensamblarlo con la locomotora. En cambio, el funicular supera la pendiente estirando dos vehículos enganchados (uno que sube y otro que baja) por un mismo cable resbalando sobre el raíl que hace de guía. Hoy, cremalleras y funiculares han quedado relegados a servicios turísticos, Cataluña conserva seis funiculares en servicio y un tren cremallera. Todos ellos son iniciativas de principios del siglo XX y los años 30.

### Trenes metropolitanos (metro y tranvía)

En las zonas urbanas y con el fin de facilitar la comunicación rápida dentro del término nombraremos el caso del tren metropolitano o metro, pensado como un automotor urbano, generalmente eléctrico y subterráneo con vía propia.



Convoy del metro de Barcelona Sistema 2000 de la línea 2 fabricado por ALSTOM y equipado con onduladores de potencia tipo Onix que lo convierte en uno de los más modernos del mundo

El primer metro subterráneo se inauguró en 1863 en Londres cuando ya vivían 3 millones de habitantes. En España en 1919 se puso en servicio en Madrid, en 1924 en Barcelona, en 1988 en Valencia y en 1995 en Bilbao. Hoy el metro de Barcelona, setenta y cinco años después, dispone de una red de 80,5 km en cinco líneas interco-nectadas, 420 coches motor con 105 remolques, 111 estaciones y que el año 1998 transportó 280,9 millones de pasajeros en un ratio de 4,91 viajeros totales/coche-km útil.

El tranvía, que se puede considerar un metro ligero de superficie, comparte la calzada con los coches. El tranvía se perfila como una alternativa interesante para no contaminar la ciudad y dotarla de un sistema de transporte colectivo con inversiones mas asumibles.

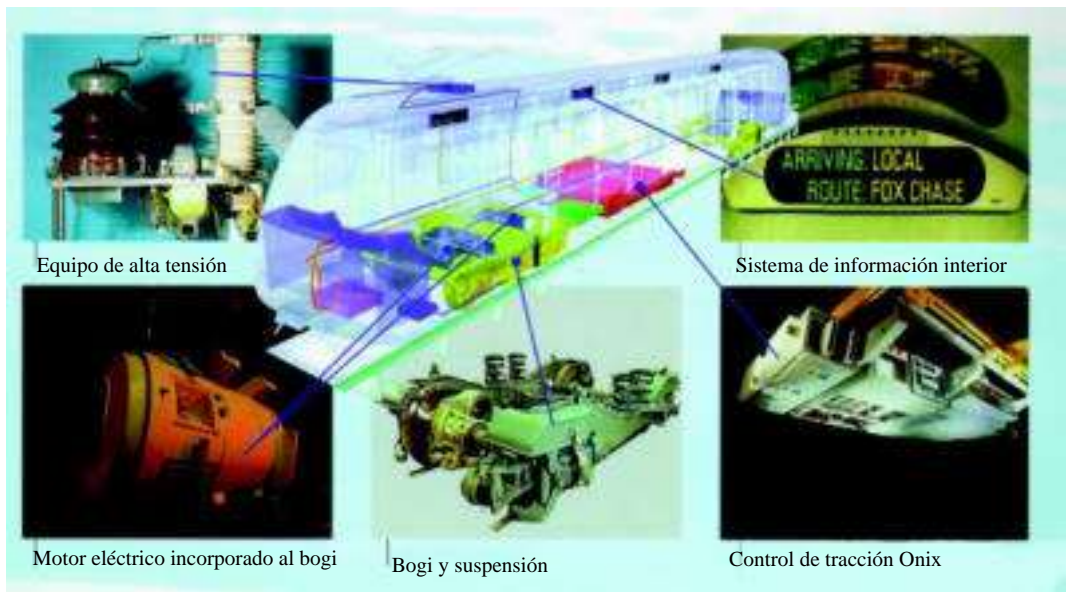
### El funcionamiento de los trenes modernos

El gran descubrimiento del tren radica en la adherencia que tiene una rueda de hierro

resbalando sobre un carril también de hierro. Que el raíl y el bogi (el carro giratorio que soporta la caja de un vehículo) sean de hierro, un material conductor, es la clave que el tren pueda ser eléctrico, y por lo tanto, beneficiarse de las ventajas de los motores eléctricos.

El elemento que aporta la energía a un tren eléctrico es la catenaria o cable por donde se introduce la corriente eléctrica. La catenaria hace de polo positivo mientras que el raíl hace de polo negativo permitiendo así cerrar el circuito. Ya hemos comentado que la corriente que circula por la catenaria de la gran mayoría de las redes ferroviarias es continua y que por eso se ha de transformar previamente en las llamadas subestaciones a donde llega en alta tensión alterna.

El motor eléctrico, en esencia, se compone del estator o parte fija, que no es otra cosa que una bobina de cable conductor que crea un campo magnético que permite hacer girar una parte móvil o rotor al cual se le



Un tren es un sistema eléctrico sofisticado en el cual hay elementos de tecnología muy avanzada como son los convertidores modulares o los motores incorporados al bogi sobre los cuales reposa el verdadero cuerpo del tren

engalzan los diferentes engranajes que permiten hacer girar las ruedas. La energía llega al motor a través del pantógrafo que garantiza el contacto permanente con el cable de la catenaria. El rendimiento energético del motor eléctrico que es el producto de los diferentes elementos (alternador, motor de tracción y transmisión) es de un 80 % (solo un 20% se pierde en calor) mientras que con un motor diesel no supera el 40 %.

Sin embargo, el éxito del motor eléctrico es que se trata de un artefacto muy fácil de regular, es decir, de controlar la velocidad. Al principio esta regulación se conseguía a través de unas baterías de resistencia que permitían disipar en forma de calor la energía sobrante. En otras palabras, gracias a estas resistencias se dosificaba la energía eléctrica que necesitaba el tren de acuerdo con la velocidad y el peso que arrastraba. Así,

por ejemplo, en el momento de arrancar un tren eléctrico, el motor empezaba a recibir un mínimo de energía del total disponible y el resto se disipaba a través de las baterías de resistencia situadas en el techo del vehículo. Además de este freno eléctrico los trenes van equipados con frenos mecánicos complementarios que también se emplean de freno de seguridad en caso de fallo.

El gran salto tecnológico del tren eléctrico fue gracias al llamado troceador (chopper en inglés) que es un sistema electrónico que permite transformar la tensión continua de amplitud variable facilitando la regulación de la marcha del tren. El troceador está diseñado para hacer funcional el sistema a la inversa y convertir (cuando el tren ya tiene velocidad) el motor en un generador para fabricar electricidad que, a través de las resistencias de calor, permite hacer frenar el



Unidad 450 de dos pisos fabricada por ALSTOM y CAF para el servicio de cercanías. Estos trenes de dos pisos permiten que por una misma superficie la capacidad de transporte en asientos sea entre un 50-60 % superior y entre un 40-50 % en carga total.

tren. La incorporación del troceador en la tracción de los trenes contribuyó a ahorrar de un 20 a un 30% de energía que antes se perdía en forma de calor al frenar. Pero, además, el troceador, por el hecho de convertir el motor en un generador, permite devolver la energía que no se necesita para frenar a la línea eléctrica. Para que la energía eléctrica se pueda aprovechar en el circuito de la línea es necesario que existan otros trenes en marcha que la puedan captar. Por eso, la electrificación es energéticamente muy eficiente cuando se trata de líneas con un elevado tráfico de trenes.

La electrónica de los semiconductores desarrollada a finales de los años 70 permitió fabricar los llamados onduladores, que no son otra cosa que un transformador de corriente continua en corriente alterna, el cual permite equiparlos con un motor de corriente eléctrica alterna que elimina las escobillas que hacen el contacto entre la parte fija y la parte móvil. En otras palabras, los semiconductores han facilitado el desarrollo de motores de tracción alternos trifásicos más baratos de mantenimiento y con unas prestaciones más aptas para generar altas aceleraciones en pocos segundos.

Así, la pieza clave de la motorización de un tren es el llamado bogi motor eléctrico. Si es de corriente continua va conectado a un troceador. En los trenes más modernos el motor es de corriente alterna trifásica y va acompañada de una cadena de tracción basada en onduladores que transforman la corriente eléctrica continua de la catenaria en corriente alterna gracias a los tiristores IGBT que aumentan la fiabilidad del sistema. La electrónica de potencia facilita que la energía cinética del tren se convierta en energía eléctrica y convierta los motores en alternadores para disipar la energía del frenado ya sea a través de las baterías de resistencia o retornándola a la catenaria. Los sis-

temas de control y regulación con microprocesadores gobiernan todos los parámetros de la tracción y la frenada y son capaces de registrar cualquier anomalía para facilitar después el mantenimiento.

Ultimamente, se están imponiendo los motores asincronos trifásicos de corriente alterna encapsulados de seis pulsos con rotor en jaula de ardilla los cuales no requieren mantenimiento y tienen una mayor fiabilidad. No tienen escobillas y solo es necesario cambiar el aceite periódicamente. Encapsulados de forma que no entra el polvo se garantiza que todo funcione a la perfección. Estos motores aprovechan las características de la corriente alterna trifásica. Motores de esta clase fabricados por Siemens han sido incorporados a las modernas unidades de cercanías UTS/447. Con estos nuevos motores se consigue un ahorro de energía de un 12 % respecto a los trenes con motores de corriente continua.

Una unidad de tren no es otra cosa que un conjunto de vehículos automotores y remolque que forman una composición indivisible preparada para circular solas o acopladas a otras composiciones. De esta manera se consigue mantener el equilibrio de fuer-



La combinación de los motores de tecnología asíncrona trifásica con los sistemas de control informático reduce el consumo energético, minimiza el coste de mantenimiento e incrementa la seguridad de los trenes





El tren es el sistema de transporte terrestre más humano. Iniciativas como el Eurorail son una oportunidad para descubrir el mundo y hacer nuevos amigos.

zas que hacen correr un tren por el raíl como es el llamado peso adherente, la masa total del tren y la energía para moverlo. Por eso las unidades de trenes modernas normalmente incorporan diversos bogies motores combinados con bogies portadores sin ruedas motrices sobre las que reposa el vehículo o habitáculo para los viajeros. Todo ello unido ha permitido conferir a los trenes modernos de gran poder de aceleración a una velocidad de cruce de 140 km y un alto rendimiento energético que los convierte en un sistema de transporte muy eficiente. El peso más repartido entre los diferentes bogies y la mayor adherencia reduce la agresión de las ruedas a los carriles y arrebatada la explotación de la línea.

Lógicamente, los trenes modernos incorporan muchos otros mecanismos como diversas clases de frenos para dotar de gran seguridad al convoy y un equipamiento informático que permite al conductor conocer en todo momento cualquier aspecto para hacer más confortable el viaje y garantizar un eficaz funcionamiento de todo el equipamiento que permite circular a un tren.

Finalmente podemos nombrar la anilla insonorizadora de sección trapezoïdal amarrada a la llanta de la rueda por el lado en que esta se prolonga en la pestaña y la rueda elástica que contribuyen a reducir el ruido de la rodadura del tren.

## Ventajas ecológicas del tren

Dejando de invertir adecuadamente en el ferrocarril los gobiernos han perdido importantes oportunidades para reforzar sus economías y proteger el medio ambiente. En el Reino Unido han calculado que por cada tonelada de mercancías que se desviara de la carretera al ferrocarril el carbono emitido por kilometro se podría rebajar en un 88 % y reducir así la contribución de la nación al calentamiento del planeta. Estas reducciones son extrapolables al resto de los países de la Unión Europea. Sin embargo, las ventajas sociales de esta forma de transporte: calidad de vida, reducción de los accidentes de tránsito y tiempo perdido en embotellamientos son mejoras económicas a las cuales contribuye el transporte ferroviario.

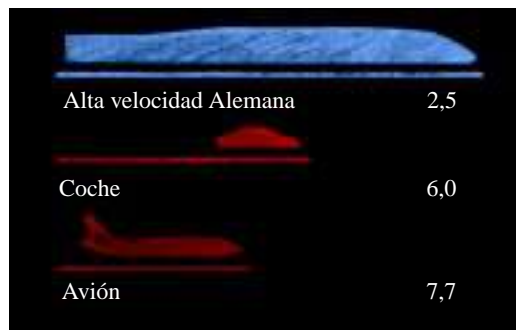
La capacidad de ahorrar energía del ferrocarril es una de las contribuciones más im-



La clave de una política ambiental pragmática exige ofrecer un servicio de calidad en los trenes de cercanías y incrementar la red existente.

portantes al medio ambiente y a las economías nacionales. La energía necesaria para trasladar un pasajero un kilómetro es una tercera parte de la energía consumida por un avión y una sexta parte de la energía de un automóvil con un solo ocupante. Dado que una utilización más baja de energía se traduce en menos contaminación del aire, una ampliación del papel del ferrocarril ayudaría a mejorar la calidad de la atmósfera. Otra de las ventajas del tren es que la energía eléctrica que utiliza proviene de una central eléctrica (la contaminación de la cual es más fácil de controlar) que puede ser producida por centrales de energía renovable. Por ejemplo, en Suecia, la electricidad de algunas líneas de trenes proviene de energía eólica. En la Unión Europea se calcula que los costes de transporte en lo referente a la contaminación atmosférica es de un 0,5 % del Producto Interior Bruto (PIB). Igualmente, se calcula que los beneficios sociales (estableciendo el valor monetario al ahorro de tiempo y servicio) es de un 20 % para las inversiones en carreteras y de un 30 % en las líneas de alta velocidad.

La congestión del tráfico aéreo es otro problema costoso que se puede solucionar tranquilamente introduciendo mejoras y ampliando la red ferroviaria. En los Estados Unidos, los retrasos aéreos a causa de la masificación del espacio de las líneas aéreas les cuesta a las compañías un mínimo de 5



Litros de petróleo por 100 pasajeros y km recorrido.

Los cálculos se han hecho entendiendo que la ocupación del tren es el 50 %, la del avión el 65 % y la del coche 1,7 %.

mil millones de dólares anuales. Utilizar el ferrocarril para aligerar la congestión aérea y de las carreteras permite minimizar el tráfico urbano ya que las estaciones de tren se ubican en el centro de la ciudad lo cual evita desplazamientos en coche dentro de la ciudad. Las mejoras en el ferrocarril son una quinta parte más baratas que ampliar la capacidad del tráfico aéreo.

El tren requiere una modesta ocupación territorial en comparación tanto con la red de carreteras como respecto a las infraestructuras aeroportuarias. Así, la línea de alta velocidad entre Lyon y París ocupa menos espacio que el aeropuerto internacional Charles de Gaulle. Dos vías de ferrocarril pueden transportar en una hora el mismo número de personas que 16 carriles de carretera utilizando solo 15 metros de territorio con-



En los últimos 30 años se han construido unos 4.000 km de autopistas en el estado Español y solo 1000 km de tren de alta velocidad. Una línea de altas prestaciones consume la mitad de la ocupación territorial de una autopista y transporta el doble de personas con un mayor grado de seguridad y mínimo gasto energético.

tra los 122 m que requería la hipotética carretera. Pero, a parte de la capacidad de tráfico, una autopista de tres carriles para poder circular a una velocidad legal de 130 km/h ocupa una franja de 37,5 metros (sin contar los servicios), mientras que una de alta velocidad para poder circular a 300 Km/h es sólo de 13 m más 4 m por banda de servicios.

Los ferrocarriles tienen un potencial más grande que los aeropuertos o carreteras para promover una pauta de uso sostenible de la tierra en una región dada. Una estación de tren situada en el centro de una ciudad puede ser un área que estructure la vida urbana. Una autopista o un aeropuerto se ha de ubicar en las afueras y causan problemas de acceso.

Por otro lado, tal como ya hemos señalado la contaminación de los aviones no se ve ni se huele porque se introduce en las capas altas de la atmósfera. Los trenes de alta velocidad, a pesar de que causan mayor impacto que el tren convencional, son tres veces más eficientes que el avión, teniendo en cuenta que el impacto territorial es reducible mientras que la contaminación del avión no

lo es. Por eso una sociedad que quiera avanzar hacia la sostenibilidad tiene que potenciar el tren de alta velocidad como alternativa al tráfico aéreo para el transporte de mercancías y viajeros en distancias inferiores a 1000 Km. Y lógicamente, invertir en la red ferroviaria de cercanías e interregional es la mejor opción para minimizar el impacto territorial y los estragos sociales causados por las autopistas. Tampoco podemos olvidar que las elevadas inversiones necesarias para las líneas de alta velocidad no pueden ser en detrimento del transporte de cercanías o interregional. En este sentido, algunos analistas han advertido que la hipermovilidad que propicia el tren de alta velocidad potencia y alimenta el resto de la red ferroviaria. Esta claro, sin embargo, que no se pueden anteponer los intereses industriales de algunos sectores en perjuicio del beneficio mayoritario. En este sentido, el abandono de algunas líneas de cercanías catalanas, como la de Ripoll-Vic-Barcelona, es lamentable. En una sociedad coherente el sentido común tendría que llevarnos a modernizar esta línea mientras no llega la alta velocidad a la frontera.

En Europa se calcula que el transporte de pasajeros en tren es entre 50 y 80 veces más seguro que el desplazamiento en automóvil. Por ejemplo, para ir del centro de Barcelona al centro de Tarragona en coche y autopista se necesita una velocidad mínima de 160 Km/h para reducir el tiempo a unos 50 minutos. Un tren invierte este mismo tiempo sin superar los 130 Km/h. Lógicamente, mientras la línea ferroviaria tiene suficiente seguridad para que el tren pueda tomar velo-



La locomotora de alta potencia S 252, equipada con dos motores de 1,4 MW fabricados por SIEMENS en Cataluña, es una de las más seguras y modernas del mundo.

En relación con el número de viajeros/km la accidentalidad es de 125 veces más grande para el automovilista que para el usuario del tren.

ciudades de 220 Km/h (caso del Euromed), en coche necesita infringir el código de circulación e incrementar exponencialmente el riesgo de accidente. De hecho, continuando con el mismo ejemplo, en la citada autopista la accidentalidad en los últimos 10 años se sitúa en unos 11 muertos/año y unos 300 accidentes.

Un sistema de transporte basado en el ferrocarril ofrece al viajero tranquilidad y rapidez, le permite descansar o trabajar y evita la necesidad de la posesión de vehículo privado o de licencia para conducir a la cual no todas las personas tienen acceso. Los efectos producidos por el ruido excesivo, sobre la salud humana son muy inferiores en el caso del tren. De hecho, para transportar una misma carga o pasajeros a la misma velocidad, el ruido del ferrocarril es, en general, entre la mitad y tres cuartas partes más bajo que el transporte por carretera. Por otro lado, una línea de tren respecto a una carretera o autopista por el hecho de ser una circulación temporizada con espacios de silencio causa menor impacto sobre la salud que no el causado por un ruido permanente y fluctuando según la velocidad y el tonelaje de los vehículos.



El tranvía es la mejor alternativa al transporte urbano de superficie. Los tranvías modernos son muy silenciosos, no contaminan y tienen una mayor capacidad para transportar pasajeros con mayor rapidez.

## El tren y la sostenibilidad

No hay duda que el tren, como cualquiera de los sistemas de transporte colectivo, mejora la eficiencia energética de la movilidad de pasajeros y mercancías; por el hecho de ser eléctrico, la contaminación derivada de la generación de esta fuente de energía no es difusa sino puntual en el lugar donde este la central. Para el resto de argumentos de carácter ambiental el tren presenta claras ventajas. Hoy, el debate respecto al tren esta relacionado, esencialmente, con la alta velocidad. En primer lugar, porqué estas líneas llamadas de altas prestaciones han sido las primeras infraestructuras ferroviarias realizadas en los últimos 50 años. Pensamos que la red viaria española en general y la catalana en particular no ha hecho más que cerrar vías (hoy, algunas convertidas en vías de uso turístico: las vías verdes). La mayor parte de las generaciones vivas no tienen el recuerdo de haber visto construir nuevos trazados ferroviarios.

Curiosamente, las líneas empleadas hoy para hacer circular trenes en alta velocidad (hasta 200km/h) son trazados hechos durante el siglo pasado pero con una visión vanguardista. Es cierto que hoy se podrían reconvertir muchas de estas líneas con variantes y rectificaciones para velocidad alta con un presupuesto muy inferior que hacer una vía nueva de altas prestaciones. Sin embargo, parece claro que algunas compañías del siglo pasado apostaron por un ferrocarril con futuro. Hoy, si continuamos creyendo en el futuro del tren será necesario que los nuevos trazados interregionales se doten de altas prestaciones ya que así alargamos la vida de la red ferroviaria. Aunque actualmente la velocidad comercial de alta velocidad es de unos 350km/h recordemos que con la tecnología de los trenes TGV se ha batido el récord de velocidad de 515,3Km/h. Si

el tren el siglo pasado unió y acercó a las personas de un mismo estado a velocidades impensables en un sistema de locomoción terrestre, hoy parece que en un contexto europeo, el tren haga este papel de integrador intraeuropeo también a velocidades más competitivas que cualquier otro sistema terrestre.

Como en todos los debates, la razón puede que no se encuentre sólo en una única postura. Pero, muchos analistas coinciden en pensar que la alta velocidad solo es la locomotora que arrastra en convoy de tren como una apuesta política social y posibilista. Mientras que en el resto de los estados europeos el tren no ha parado de modernizarse, en nuestro país justo acaba de empezar.

En el siempre difícil equilibrio del progreso humano y el respeto por el entorno deberíamos ser objetivos y considerar al tren de alta velocidad para distancias entre 300 y 800Km/h como una alternativa razonable al transporte aéreo. En primer lugar, porque el avión requiere un gasto energético tres veces superior al tren de alta velocidad. En segundo lugar, el tren de alta velocidad presenta una interfase para el viajero mucho más

amigable que el avión. Finalmente, la terminal del tren de alta velocidad se puede situar dentro del globo urbano, mientras que los aeropuertos cada vez requieren ser situados más alejados de las áreas pobladas.

Uno de los grandes argumentos en contra de los trenes de alta velocidad es el elevado coste frente al de la reconversión en velocidad alta puesto que esas inversiones millonarias absorben recursos económicos para mejorar en el resto de la red ferroviaria o de los servicios convencionales. Lo cierto es que mientras 1Km de alta velocidad (como promedio) de nueva construcción puede costar de 700 a 1.300 millones de pesetas, una remodelación de un trazado ya existente para adecuarlo a velocidad alta es solo de 200 a 500 millones de pesetas. Ahora bien, la rentabilidad social y los beneficios ambientales de una línea de tren de alta velocidad que permitan la disminución del tráfico aéreo (como se ha demostrado en el tramo Madrid-Sevilla) es incalculable.

La cuestión no es sencilla, seguramente. Por otro lado existen desarrollos tecnológicos muy importantes. La alta velocidad (AVE) esta liderada por empresas alemanas y francesas

## Las razones para decir no al tren de alta velocidad

El tren de alta velocidad ha generado críticas feroces en contra por parte de muchos colectivos ecologistas.

La literatura, manifiestos e informes en este sentido es extensa. Diversos colectivos alrededor de las comarcas por donde ha de pasar el trazado Lérida-Frontera organizan periódicamente actos de protesta.

Las principales líneas argumentales que se aportan se basan entre muchas otras en los puntos siguientes:

1. El crítico impacto ambiental que causa sobre el territorio por el hecho de tener grandes radios de curvatura que provocan una rotura del territorio con cortes en las montañas de más de 100 m de ancho.
2. La baja rentabilidad de este tren tanto por el hecho de que ha de competir con otros medios de transporte como por ser un tren de utilización minoritaria y elitista, dado el escaso número de viajeros anuales previstos y por tener las estaciones intermedias fuera de la ciudad.
3. Los intereses escondidos de las compañías fabricantes de material ferroviario que difícilmente pueden colocar un material de alta prestación, ya que en muchos países no se ha introducido la alta velocidad.
4. Por que hay alternativas mucho más económicas tanto por inversión como por mantenimiento que cumplen perfectamente las necesidades de transporte ferroviario a costes muy inferiores como son los trenes pendulares (Talgo, Alaris, etc) que circulan a velocidades de 220 Km/h.

Más información a <http://erc-cat.org/santaperpetua/tgv>

mientras que la velocidad alta (Euromed y Alaris) son españolas e italianas. Tampoco no se puede ser ingenuo al pensar que con inversiones de esta magnitud no existen luchas de poder. El hecho que el sistema ferroviario sea gubernamental hace que se busquen equilibrios políticos y económicos. Un ejemplo claro es el hecho que en el corredor mediterráneo de velocidad alta circulen trenes de ALSTOM mientras que en el corredor Madrid-Valencia sean pendulares de FIAT.

Lamentablemente los grupos ecologistas y de presión en contra de la alta velocidad tal vez presentan una realidad de conflicto que no favorece a la consolidación y modernización del tren para las necesidades del siglo XXI.



Los nuevos servicios de velocidad alta entre Barcelona y Alicante ofrecen velocidades de unos 200 Km/h circulando por vías convencionales

En este sentido, la historia del ferrocarril demuestra que este medio de transporte ha sido clave porque fue diseñado con espíritu visionario. Un espíritu con el que tendríamos que repensar el tren del próximo milenio.

Actualmente, los trenes de alta velocidad representan un 13 % de los viajes en tren en la Unión Europea. Un incremento en los servicios puede servir para equilibrar los diferentes sistemas de transporte terrestre. Se calcula que con las previsiones de red de alta velocidad europea para el 2010 el número de usuarios del tren de alta velocidad puede incrementarse en un 9,5 % (de los actuales 13,9 %). En este escenario es previsible que el tráfico aéreo po-

dría solo disminuir un 3% (del 20,1 % actual) y el tráfico rodado reducirse en un 6% (sobre el actual 66%). Ciertamente, el objetivo de este horizonte es muy conservador, pero permitiría reducir las emisiones en la atmósfera en un 5 %. Recordemos que el transporte por carretera y aéreo genera un 25 % de las emisiones de dióxido de carbono de la Unión Europea, mientras que el tren sólo el 1,1 %.

En los servicios de cercanías el tren también debe cambiar radicalmente. Todas las inversiones han destinado para convertir estas líneas en metros interurbanos de calidad. El caso del servicio de cercanías en Cataluña es ejemplar en todos los sentidos (puntualidad, calidad, comodidad, seguridad, economía, etc.). El cambio radical sería duplicar trazados o adecuar pasillos para poder hacer circular trenes directos entre estos puntos de más de 20Km. En el área metropolitana de Londres, hay numerosos ejemplos de este sistema de explotación en los servicios de cercanías. Ciertamente, las grandes inversiones que requiere la alta velocidad pueden ser un factor para hacer menguar la modernización del resto de la red. Sin embargo, este argumento sería como pensar que porque se han hecho autopistas las carreteras son un desastre. La clave es que el transporte ferroviario se modernice en detrimento de nuevas infraestructuras para los vehículos privados.

Nos guste o no, la reducción de emisiones a la atmósfera exige potenciar el tren en todas sus modalidades. La alta velocidad es la alternativa más racional al transporte aéreo de distancias medias. El impacto ambiental de una línea ferroviaria se puede corregir. Las emisiones tóxicas de los aviones en las capas altas de la atmósfera son inevitables.

El servicio interprovincial es otra de las grandes apuestas de las cuales ya se ha conseguido el objetivo de los 50 minutos por 100 Km de distancia. Sin embargo, se trata de un servicio ligeramente mal planificado. Curio-

## Aspectos de la mejora ambiental aportados por el tren de alta velocidad

### *La ocupación territorial*

Cualquier obra viaria tiene un impacto o ocupación sobre el territorio. Un dato importante para analizar este efecto es la relación de anchos de la plataforma de base. Por la capacidad de transporte de viajeros una línea de alta velocidad se puede asimilar a una autopista de tres carriles. Así, pues, mientras la ocupación de una autopista de tres carriles es una franja de 37,5 m, la de una línea de tren de alta velocidad es de 17 m. Esto quiere decir que para una misma capacidad de transporte la afectación territorial del tren de alta velocidad es de 3,5 ha/km mientras que la de una autopista equivale a 9,2 ha/km. Debe admitirse que la línea de alta velocidad para mantener la pendiente de 25 m/km y radios de curvatura entre 4.000 y 7.000 m obliga a levantar taludes importantes. Sin embargo, aunque este espacio físico se incluya dentro del cercado (valla) de la vía, lo cierto es que puede cumplir funciones ecológicas; en cambio la franja asfaltada de 37,5 m de una autopista se comporta como una zona impermeable. En resumen y para hacerlo más gráfico, la realidad es que una línea de alta velocidad de 350 km no ocupa más espacio que el de un aeropuerto internacional. La experiencia en los proyectos de construcción de las líneas de alta velocidad francesas demuestra que el reto de implantar medidas que minimicen el impacto territorial en una franja de 300 m alrededor del lecho de la vía (revegetación, tratamiento del paisaje en conjunto, pasos para la fauna, restitución de caminos agrarios, protecciones acústicas, etc.) se sitúa entre el 13 y el 16 % del presupuesto de ejecución.

### *La contaminación atmosférica*

Actualmente no es fácil minimizar el impacto de los combustibles fósiles sobre la atmósfera. A diferencia de los coches y camiones, el tren, por el hecho de ser eléctrico ofrece la posibilidad de generar la electricidad mediante energías renovables. Una línea de alta velocidad que sustituya el tráfico de una autopista puede evitar emitir hasta 130 t de contaminantes sólidos y 50.000 toneladas de gases tóxicos.



### *La eficiencia energética*

Una realidad que a menudo se olvida es que los motores eléctricos son más eficientes en el aprovechamiento de la energía que no los motores de combustión. Pero, la mayor eficiencia del tren de alta velocidad en proporción al tren convencional tiene mucho que ver con el concepto aerodinámico de los convoys, la incorporación de la electrónica de los tiristores en las locomotoras para ser energéticamente más eficientes, a los sistemas de conducción asistidos, a los motores que retornan energía durante la frenada y a la línea misma.

### *El ruido*

El ruido en el caso del tren debe considerarse que tiene dos componentes, el ruido del roce del rodamiento y el ruido aerodinámico. En estos momentos los estudios demuestran que mientras el ruido de rodamiento aumenta unos 9db (A) cuando se duplica la velocidad, el aerodinámico aumenta en 28 db(A) cada vez que se dobla la velocidad (esta es la razón por la cual el tren de levitación magnética puede ser más ruidoso que un tren de alta velocidad aunque se deslice sin roce). Esto quiere decir, que para velocidades de 350 km/h ambas fuentes de ruido tienen la misma importancia. Un tren de alta velocidad produce un nivel de ruido medio de 70 db(A) durante unos 15 segundos y el máximo es de 97db (A) a 25 m de distancia. El nivel medio de ruido en las aceras de una ciudad española es de unos 95db (A). En todo caso, el ruido de tren es subjetivamente menos molesto tanto por su baja frecuencia como por la intermitencia; muy al contrario de lo que sucede con el ruido de una carretera o autopista.

samente, los convoys empleados en este servicio por parte de Renfe son de gran calidad y permiten conseguir objetivos que los hacen muy competitivos frente al del coche privado en autopista. En Cataluña no podemos olvidar que el hecho que las autopistas sean una importante fuente de negocio. No sería extraño pensar que los poderes fácticos pongan trabas para invertir a favor de un servicio ferroviario interprovincial más atractivo comercialmente que pudiera hacer sombra a los peajes de las autopistas.

Finalmente, los servicios combinados de mercancías entre trenes y camión es otro de los aspectos claves. Sin embargo la mayor parte de las estaciones no disponen de los terrenos para poderlos desarrollar. En Francia, por ejemplo, las estaciones de trenes se diseñan para que puedan ampliarse. En nuestro país, todo lo contrario, las estaciones se han reducido a la mínima expresión o se han enterrado. Es una lástima que el tren no sea visto como un factor de integración del sistema urbano sino como un estorbo territorial.

## **El tren como sistema de transporte**

Cada día laboral 1.260.893 persona utilizan algunos de los 3.300 servicios diarios que los 576 trenes de cercanías ofrecen en once grandes núcleos de población españolas. Los servicios de cercanías en Cataluña representan un 30 % de la oferta de Renfe. Cada tren de cercanías lleno de pasaje elimina un kilómetro y medio de atasco de tráfico, y una línea de doble vía de tren tiene la misma capacidad de transporte que 16 carriles de autopista. Un solo tren de mercancías permite transportar la carga de 20 camiones de gran tonelaje. Sólo en Cataluña se calcula que en el 1998 el tren ahorro el equivalente a 86 millones de desplazamientos con vehículo privado, cosa que representa un ahorro de recursos energé-

ticos e impacto ambiental equivalente a 19.000 millones de pesetas. Estas estimaciones no incluyen los gastos causados por los accidentes de tráfico, pérdidas de trabajo, seguros, etc. En la Unión Europea el número de muertes

## **¿Porqué los vehículos particulares nos hacen perder calidad de vida?**

### **Accidentes**

- indemnizaciones económicas por baja, invalidez o defunción;
- pérdida de vidas humanas con efectos sobre la calidad de la familia y el mundo laboral;
- mantenimiento de discapacidades.

### **Congestión**

- pérdidas de tiempo en zonas urbanas y interurbanas con efectos sobre la productividad laboral;
- contaminación atmosférica estática y concentrada en determinadas áreas urbanas;
- reparación de daños en los edificios, la infraestructura, el entorno natural y la salud humana;
- incremento del riesgo de cambio climático global;
- efectos del ruido sobre la salud (trastornos de estrés, cardiovasculares, insomnio, etc.)

por accidente de tráfico supera las 45.000 personas. Los atascos de tráfico consumen un 2 % del PIB; los accidentes un 1,5 %; la contaminación atmosférica un 1 % y el ruido un 0,6 %, en total repercute sobre un 4,1 % de la riqueza producida. Recordamos que el tren es 26 veces más seguro que la carretera y consume un 50 % menos de la energía que el transporte motorizado y una tercera parte menos que el transporte aéreo.

## **La integración territorial del ferrocarril**

En un momento de expansión urbanística de las ciudades, si el trazado del ferrocarril cru-



za el núcleo de una población, este se convierte en un foco de conflictos sociopolíticos.

Sin embargo, antes de continuar con esta cuestión recordemos que el tren, en la gran mayoría de ciudades, se instaló entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX y lógicamente se hizo en las afueras de la población. Desde luego, también es cierto que las estaciones fueron polos de generación de nuevos usos urbanísticos. Los ensanches de las ciudades muy pronto incorporaron el ferrocarril en las propuestas urbanísticas convirtiendo las estaciones en núcleos de los diferentes sistemas de transporte. El origen del metro, por ejemplo, era precisamente unir las diferentes estaciones terminales. Las estaciones de autobuses y otros servicios se organizan alrededor del tren. La vida misma de la ciudad acaba envolviendo al ferrocarril. Por lo tanto, no es el ferrocarril que ha terminado situado dentro de la ciudad, es la ciudad que ha rodeado al tren.

Por otro lado, existe un hecho lógico y evidente, el espacio del ferrocarril ha acabado siendo privilegiado por su ubicación céntrica y por tratarse de terrenos con un gran interés para proyectos urbanísticos no previstos y convertirse en nuevos ejes de centralidad que redimensionen la actividad económica. El resultado de estas operaciones para recuperar el



El futuro pasa por el tren y no por el vehículo privado.

espacio ciudadano de la franja ferroviaria se materializa con frecuencia con el enterramiento de las vías del tren y en la construcción de grandes centros socioeconómicos con la estación como elemento aglutinador. Ahora bien, es evidente que la falta de criterios en el crecimiento urbanístico de estos últimos lustros ha propiciado que la vía del tren creara a menudo un efecto barrera en la ciudad. El imparable ascenso del coche tampoco ha facilitado la reivindicación de integrar el espacio del trazado ferroviario en una posible estrategia urbanística. El efecto barrera de la vía del tren no lo es tanto por causa de la interrupción física del espacio urbano sino por la falta de una integración que haya evolucionado juiciosamente con el crecimiento de la ciudad.

En la mayor parte de las ciudades las viviendas se han alineado a lo largo de la vía sin dejar ninguna franja de amortiguación. Las estaciones se han convertido en enclaves estratégicos por su privilegiada ubicación. Por eso las remodelaciones de las ciudades con ferrocarril han de saber resolver la multidimensión que puede tener el tren para la vida de la ciudad y como centro de actividad económica y ciudadana y de intercambiador en el sistema de transporte. El enterramiento de las vías del tren a favor de la integración urbana pocas veces se plantea como una oportunidad para convertir la vía en un corredor verde a lo largo de la ciudad. La idea de que una calle o avenida es permeable porque hay semáforos para detener el tráfico o se puede cruzar en momentos de baja intensidad es falsa; siempre es el resultado de la falta de diseño y planificación urbana. Enterrar el tren, para recuperar espacio viario para el coche en la superficie, dificulta la integración funcional del tren en la vida cotidiana.

El futuro de la integración urbana del tren pasa por remodelar los espacios ferroviarios como ejes de espacios verdes públicos, minimizadores del impacto sonoro y urbanís-

tico. Lamentablemente en nuestro país el poco prestigio social que aún tiene el tren tampoco favorece que existan buenos diseños ni soporte político para innovar en el ámbito de la integración del ferrocarril en la ciudad. Curiosamente en estos últimos años, en otros países en los cuales el tren continúa siendo un elemento de prestigio socioeconómico se han llevado a cabo actuaciones con un gran poder integrador. En un ámbito más regional los servicios de cercanías contribuyen a crear relaciones interurbanas que favorecen el dinamismo social y económico de todos los núcleos de población conectados. En este sentido, el abandono o el hecho de no crear sistemas ferroviarios de cercanías demuestra una escasa visión política en el ámbito del transporte colectivo.

### **Sin freno hacía el caos: la importancia de incrementar el tren de mercancías**

Un aspecto clave en la gestión del ferrocarril es que una parte importante de los gastos del transporte de mercancías o pasajeros por

carretera no se paga; de hecho, ni cuando se circula por vías de peaje se internalizan todos los costes. A esto se le llama transporte Just in time y quien financia la industria es el contribuyente y los automóviles a través de los impuestos de circulación y sobre los combustibles. Las colas de camiones en las principales autopistas y autovías del país cada vez son más grandes y los agravios son de diversa índole: deterioro del pavimento, colapso de muchos tramos de carreteras y autopistas, ampliación y reconversión de carreteras y autopistas (en autovías y construcción de terceros carriles), deterioro de la canalización y alcantarillado subterráneo, así como de edificios en superficie en las ciudades y, en último término, la contaminación atmosférica generalizada. Estudios del Ministerio Federal de Medio Ambiente en Berlín han puesto en evidencia que tan solo los agravios ambientales de una tonelada transportada un kilómetro de distancia por carretera representa un gasto de unas 25 ptas. Esto sin considerar el efecto sobre la salud pública causado por enfermedades. Otra razón para traspasar mercancías de las carrete-



Motor asincron trifásico fabricado por SIEMENS (Cornellá de Llobregat) para los trenes de cercanías UT/447. Esta factoría provee de motores eléctricos a trenes, metros y tranvías de todo el mundo.

ras al tren es el gran desgaste que los camiones causan sobre el asfalto. Un camión de 40 toneladas, a lo largo de su vida útil, causa tanto desgaste como 163.840 coches (de una tonelada de peso), lo que representa un 95 % de los perjuicios sobre las carreteras.

En cambio, en el caso del ferrocarril se considera una unidad de explotación todo el sistema y contablemente se facturan todos los gastos. Ahora bien, en su balance económico no repercuten ni la baja tasa de accidentalidad, ni los beneficios ambientales, ni la calidad de vida de los usuarios. Por otro lado, la vía del tren no es un bien libre (aunque en la Unión Europea se ha puesto en marcha un proceso de liberalización que separa la explotación comercial del de la construcción y el mantenimiento de infraestructuras)

Curiosamente, se ha demostrado que una buena gestión de las diferentes unidades de negocio ferroviario puede permitir que la explotación sea rentable. Ahora bien, existen dos factores claves menospreciados, por un lado que la carretera asuma los costes externos que no paga y que la sociedad apueste por

incrementar la utilización de los servicios ferroviarios.

Para conseguir trasladar las mercancías de los camiones hacia la vía, una de las soluciones podría ser la introducción de peajes dependientes del kilometraje que el camión recorra. Suiza lo ha decidido así por referéndum nacional y se implantará en el 2001. Otro ejemplo que ya lo demuestra en la actualidad es el Reino Unido: para desplazar las mercancías de las carreteras a la vía y a los barcos, el tesorero Gordon Brown ha incrementado año tras año los impuestos a pagar por el gasóleo. Así, la proporción de impuestos actuales por litro en el Reino Unido es de 127 ptas., mientras que en el resto de países europeos sólo es de unas 60 ptas. Al mismo tiempo, aumentaron la tasa de utilización de las carreteras para camiones de alto tonelaje, hasta las actuales 5.750 libras esterlinas/año (aproximadamente 1.250.000 ptas.) a pagar tanto por los transportistas nacionales como extranjeros. En el 1997, los ferrocarriles del Reino Unido llegaron al mínimo histórico en lo que respecta al transporte de mercancías: sólo el 6 % de las



El vandalismo en el material ferroviario, que afecta a toda Europa, comporta importantes gastos de mantenimiento. Desgraciadamente, los gobiernos no emprenden campañas socioeducativas para evitarlo. Pero, también es cierto que cuando subimos a un tren no sabemos el precio de construirlo, mantenerlo y ofrecer un buen servicio. Sólo se ama aquello que se conoce y el tren es un gran desconocido.

mercancías utilizaban este medio. En el 1998, gracias a las medidas drásticas del estado, ha habido un incremento del 16 % respecto al 1997 y para el 1999 se espera un crecimiento sustancial. Esta tendencia también podría enraizar en otros países europeos que están pensando en introducir tasas similares.

Si además que-

remos reducir en un 10 % las emisiones de carbono en la atmósfera será necesario trasladar viajeros del coche, tanto al autobús como al tren, y mercancías de los camiones al tren. En este escenario necesitaremos incrementar el servicio de autobús en un 113 %, el de los trenes de viajeros en un 123 % y el de mercancías en un 44 %. Este escenario sólo sería posible si se construyeran nuevas líneas ferroviarias que ni están planificadas ni se dispone de la dotación presupuestaria para hacerlo mientras se da prioridad al sistema de carreteras y autopistas.

## Disfrutar del tren

El tren se forjó en un momento optimista de la historia. Los trazados muchas veces eran casi imposibles. Hoy, algunos trenes serpentean por paisajes inéditos o comunican extremos con comodidad. Estas dos características: escenografía y placer han convertido a algunas líneas de tren en verdaderas atracciones turísticas. En todo el mundo hay trenes singulares. Así que descubrir la geografía de un país o de un continente puede tener el aliciente de hacerlo a partir de los ferrocarriles existentes.

Hay trenes de aventura como el tren de las nubes que se enfilaba hasta a 4.200 m en la región de Salta al Norte de Argentina, hasta el trayecto de Lima a Huncayo en el Perú que alcanza los 4.881 m de altura. Hay trenes de postal como el Glaciar Express entre St. Moritz y Zermatt en Suiza o el recorrido entre Santa Fe y Denver (EUA) a través del Gran Cañón del Colorado y el parque Nacional de Zion o el Transalpio Express entre Christchurch y Greymouth en Nueva Zelanda. Tampoco faltan las vastas travesías como la del Indian Pacific que recorre en 65 horas los 4.325 Km entre Sidney y Perth en Australia, el recorrido entre Toronto y Vancouver en el Canadá o el mítico Transiberiano entre Moscú y Vladivostok, de 9.440 km. Finalmente, nom-

braremos la recreación del lujo monárquico y de los trayectos por puro placer hedonístico solo aptos para economías exclusivas con las ofertas del *Orient Express* (París Estambul), el *Royal Scotsman* (Glasgow-Mallaig), el *Al Andalus* (Granada-Sevilla) o el *Eastern & Oriental Express* (Bangkok-Singapur). En definitiva, trenes para el deseo insatisfecho que caracteriza el espíritu mayoritario de nuestra civilización. □

### Bibliografía especializada

- Cayón García, F. Y otros. *El camino del Tren*. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 1998.
- Diversos autores. *Trens i Estacions*. Barcelona: Exposición en el Born. Generalitat de Catalunya, 1981
- Duran, F. *Petita història del tren*. Barcelona: Ed. Mediterrània, 1996.
- Gómez Mendoza, A. *Ferrocarriles y cambio económico en España, 1855-1913*. Madrid: Alianza Editorial (334), 1997.
- González Masip, A. *Els tranvies de Barcelona. Història i Explotació* (2 volums). Barcelona: Editorial Dalmau, 1998.
- Hollegsworth, B. & Cook, A. *El gran libro de los trenes*. Madrid: Vía Libre-Grupo Anaya, 1998.
- Papazin, A. *1000 Imágenes de trenes*. Barcelona: Editors S.A., 1998
- Ponce, J.C. *Literatura y ferrocarril en España*. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 1996.
- Riera y Tuèbols, S. *Quan el vapor movia els trens*. Barcelona: Marcombo Boixerau Editors y Colegio de Ingenieros Industriales de Cataluña.
- Ubach, T.M. *El ferrocarril, la xarxa catalana*. Col. Ventall. Barcelona: Ketres Editora, 1984.

*Pasear por un museo ferroviario es como hacer un viaje en el tiempo y una buena excusa para interesarse por la historia. Pero, el tren está llamado a ser un sistema de transporte clave para una sociedad que quiera respetar su entorno y contribuir a reducir las emisiones a la atmósfera. Esta es la razón fundamental para hacer crecer la pasión a favor del tren.*

## Cambiar el tren de vida



## Equipamientos y salidas ferroviarias

Fomentar la pasión por el tren es una de las mejores opciones para propiciar una cultura favorable a este transporte colectivo energéticamente eficiente. La visita a los museos ferroviarios no sólo nos permite conocer la historia de este último siglo a través de los objetos que configuran el universo del tren. Las locomotoras de tren que se conservan en los museos, sean de vapor, eléctricas o diesel, son auténticas maravillas tecnológicas que son testimonio de la rápida evolución del tren en este siglo y medio. Esta vertiente histórica podemos completarla con la actualidad visitando alguna de las empresas de material ferroviario de nuestro país que son pioneras. En Cataluña, ALSTOM, heredera de la Maquinista Terrestre y Marítima, fabrica en la factoría de Santa Perpetua de Mogoda las unidades del metro de Barcelona, los trenes de dos pisos, los trenes de cercanías y el AVE. SIEMENS ha establecido en su fábrica de Cornellà, fun-

dada en 1910, su centro mundial de producción de motores y convertidores de tracción para trenes, locomotoras y metros. Todos estos equipamientos y posibilidades se pueden completar con experiencias sensitivas como por ejemplo las salidas que podemos hacer en trenes de época o las excursiones por los antiguos trazados ferroviarios.

### *Museo de Vilanova*

Vilanova i la Geltrú (Garraf) acoge uno de los mejores museos ferroviarios del estado que cuenta con la colección de locomotoras de vapor más importante de Europa. Entre muchos objetos relacionados con la vida ferroviaria de nuestro país destacan entre el material que se exhibe una réplica del primer tren Barcelona-Mataró y un buen conjunto de locomotoras como una Mikado que fue la última máquina de vapor en ser apagada el año 1975. Pero, el Museo del Ferrocarril cuenta también con maquetas y objetos históricos relacionados con el tren. Hemos de destacar, igualmente, que cuenta

con material pedagógico propio para hacer más didáctica la visita. El cuaderno didáctico para el docente aporta información para poder preparar una visita rica en contenidos. Cercanías Renfe (93 490 02 02) ofrece un billete combinado tren+museo que incluye el viaje de ida y vuelta en tren y la entrada al museo. Los horarios para el público en general (excepto los meses de julio y agosto) son de martes a domingo de 10 a 15 h menos los sábados que es de 10 a 19 h. Para más información pueden telefonar al 93 815 84 91. El Museo del Ferrocarril se encuentra en las dependencias del antiguo depósito de locomotoras anexo a la estación de cercanías de Vilanova i la Geltrú.

### *Otros museos*

☛ Museo del Transporte. Castellar de N'Hug, Clot del Moro (Berguedà). Tel. 93 825 71 13; fax: 93 825 71 21. Habilitado a partir del trabajo de una escuela de restauración de material histórico. En estos momentos hay una buena parte del material histórico de los Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya.

☛ Museo Vasco del Ferrocarril de Azpeitia. Recoge la intensa actividad industrial en el sector ferroviario de esta ciudad. Información: c/ Julián Elorza, 8, 20730 Azpeitia. Tel: 94 315 06 77; fax : 94 315 07 46.

☛ Museo Nacional Ferroviario, situado en la antigua estación de Las Delicias de Madrid. Sin duda, es una de las muestras



**Museo del Ferrocarril. Vilanova i la Geltrú**

más importantes de la historia del material ferroviario del estado. Igualmente, hay maquetas y numerosos objetos históricos como el mobiliario de los trenes reales. Información : 902 22 88 22.

## Vías verdes

Reciben este nombre todas las líneas ferroviarias abandonadas y sobre el trazado de las cuales se ha rehabilitado la ruta para su disfrute como recorrido turístico para hacerlo a pie o en bicicleta. De esta manera



se amortizan itinerarios naturales y culturales que estaban abandonados para usos recreativos. Las vías verdes han estado promovidas por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles. Actualmente, hay 254 km habilitados con una inversión de unos 1.500 millones y para finales de 1999 habrá 100 km más. La inversión total ha sido de unos 1.500 millones a un coste de unos 6 millones por Km.

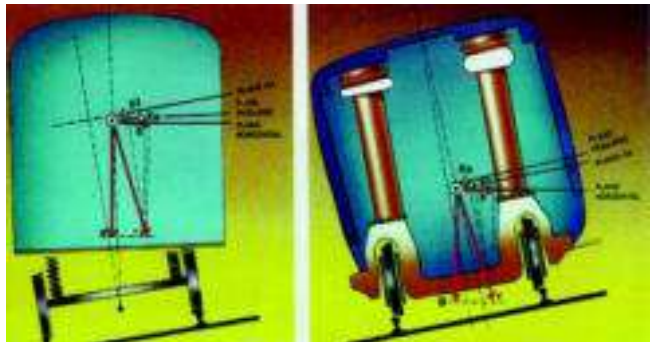
Las Vías verdes recuperan los trazados de líneas que circulaban por espacios con un gran potencial paisagístico. En Cataluña hay 4 rutas señalizadas con esta

denominación en los antiguos trazados de Gerona-Olot, Ripoll-Sant Joan de las Abadeses, Tortosa-Vinaixa y la del cremallera de Montserrat. Esta última dejará de serlo bien pronto, ya que la Generalitat de Cataluña ha anunciado que el 2002 estará restituido un tren cremallera moderno para acceder al monasterio desde Monistrol de Montserrat y así reducir en un 70 % los coches que colapsan la zona.

En definitiva, las Vías verdes son una buena excusa para hacer una actividad recreativa, de contacto con la naturaleza y adentrarse en una parte de la historia social y tecnológica del país.

## Un problema de vectores físicos

Sin duda, la inclinación de cualquier móvil en una curva presenta una interesante correlación de fuerzas que afectan no sólo al sistema de tracción sino al ocupante. En el caso de los trenes y cuando se trata de velocidades altas la inclinación del convoy es un factor crítico. La empresa TALGO invento a mediados de los años 50 un sistema natural de inclinación para minimizar el efecto de la aceleración, la gravedad y la fuerza centrífuga y hacer más confortable el viaje en tren.



La aceleración que actúa sobre el pasajero en las curvas “ $\delta p$ ” depende de la inclinación del coche y es menor si este se inclina hacia el interior de la curva.

En este gráfico de la empresa se representan las fuerzas que intervienen en el momento de la inclinación de una curva. El resultado es que el llamado sistema pendular permite mantener una aceleración lateral igual a la que se produce en un tren convencional pero se puede tomar una curva a mayor velocidad.

El sistema pendular de TALGO consiste en levantar el plano del centro de balanceo por encima del centro de gravedad. Los muelles neumáticos de la suspensión principal situados en la parte superior del vehículo se comportan como elementos elásticos puros y el vagón se inclina de manera natural por efecto de la fuerza centrífuga, sin posibilidad de error ni consumo de energía. Sin duda, se trata de una buena posibilidad para introducir de una manera práctica la física de los vectores. Por otro lado, la historia de esta empresa y de este invento ibérico es también un buen ejemplo para debatir un poco de la historia española de esta segunda mitad del siglo y como el ingenio de TALGO permite adentrar trenes españoles por vías de ancho europeo.

## Viajes históricos en tren

Ferrocarriles de la Generalitat de Cataluña ofrece la posibilidad de viajar en trenes de época tanto de vapor (en la línea del Baix Llobregat) como eléctricos (en el metro del Vallés).

Los días laborables circula un tren de vapor especial para las escuelas, entre las estaciones de Martorell-Enllaç y Monistrol de Montserrat.

Se ofrece servicio puerta a puerta con autocar. Durante todo el trayecto los niños van acompañados de azafatas que les facilitan todo tipo de información sobre el ferrocarril.

Para todos los públicos, el Brill 18 y el Brill 301, dos automotores de principios de siglo, circulan entre las estaciones de Pl. Cataluña (en Barcelona) y Sant Cugat.

Excepto durante los meses de julio y agosto, estos trenes salen el segundo y cuarto

domingo de cada mes, entre las 10,31 y las 13,31h. Todos los trayectos se amenizan con música en vivo (jazz o música clásica).

Para viajar con estos trenes, se puede utilizar cualquier título de transporte para el trayecto urbano (billete sencillo, tarjeta multiviaje, abonos), sin necesidad de pagar ningún suplemento adicional. Mas información al teléfono 93 205 15 15.

Tren turístico de Vapor ofrece cuatro recorridos con trenes de vapor por las comarcas de Lleida. Estos recorridos se complementan con otras visitas de interés. Destacan los itinerarios de Lleida a Raimat donde se visitan las cavas de vino, de Lleida a las Borges Blanques para adentrarse en el mundo del aceite de oliva y finalmente el de Lleida a la Pobla de Segur con posibilidad de finalizar en Tremp e interesarse por el Museo de Dinosaurios. Estos trenes se ofrecen en servicio chárter para grupos de 112, 168 o 238 plazas. La misma empresa coordina las reservas para ofrecer el servicio más económico. En definitiva, una buena excusa para convertir un tren de vapor en un vehículo de cultura. Más información al tel. 97 329 07 95 o por fax al 97 329 09 16.

## Modelismo ferroviario

Es probable que el tren de una forma u otra haya sido un juguete para muchos niños. Curiosamente, la pasión por los trenes en mi-



Maqueta de un tren eléctrico en miniatura



niatura ha sido una actividad bastante arraigada en muchos adultos. En el mercado hay tres revistas especializadas y cerca de una docena de fabricantes que comercializan todos los elementos para construir el propio sistema ferroviario en miniatura y con la precisión de los modelos reales pero a escala. La primera locomotora de juguete la fabricó en 1891 la empresa alemana Märklin que hoy continua siendo abanderado en la fabricación de trenes eléctricos en miniatura.

De trenes a escala hay desde las miniaturas llamadas clase Z hasta los mini trenes de pasajeros de 5 y 15 pulgadas que se han puesto de moda como atracción en algunos parques urbanos. Una de las escalas que permiten un mayor realismo de reproducción es la llamada escala HO (1:87) sobre ancho de vía de 16,5 mm.

Mas allá de la locura coleccionista (en el Estado español se celebra una feria sectorial

en Valencia) y de la pasión de los centenares de miles de aficionados alrededor del mundo, el mundo del tren eléctrico en miniatura permite aprender aspectos muy interesantes de la electricidad.

Por ejemplo, hay dos sistemas de corriente para impulsar las locomotoras, uno de alterno exclusivo de Märklin y uno de continuo impulsado por el resto de los fabricantes (Fleischman, Roco, Brava, Lima, etc.)

Os proponemos adquirir una caja básica de un tren eléctrico a escala que sirva para hacer prácticas sobre motores eléctricos y comprender algunos fenómenos físicos sobre la electricidad. Se trata de una actividad pedagógica que contribuye a fomentar el uso del tren y a dar valor a uno de los sistemas de transporte terrestre colectivo más eficiente. Sin un mayor desarrollo el tren del futuro no puede ser sostenible. □

### El tren, el amigo de la ciudad

Os proponemos un debate simulado sobre como resolver el paso de una línea ferroviaria de cercanías por vuestro municipio. Si vivís en un pueblo o ciudad por donde ya pasa el tren podemos debatir sobre los problemas o ventajas que ofrece disponer de este medio de transporte y de las soluciones adoptadas para que el tren no tenga efectos negativos sobre la población de alrededor. Sino es el caso, os ofrecemos dos imágenes de referencia para poder proponer las diferentes soluciones tanto de tipo ambiental (barreras sónicas, arbolado viario, etc.) como dos tipos urbanísticos (aparcamientos de conexión, reservas del suelo para que la vía no sea una línea divisoria, pasos elevados, trazado subterráneo, etc.) La seguridad, el efecto barrera y el ruido o vibraciones son algunos de los grandes retos que el ferrocarril ha de resolver cuando pincha la trama urbana. El tren es un elemento de conexión entre pueblos y ciudades como las carreteras. Otro aspecto para reflexionar es el hecho que las personas somos mas tolerantes con las molestias de los coches que con el tren. Preguntemos porqué y analicemos las causas de este rechazo o indiferencia hacia el tren.



Estas dos imágenes representan dos situaciones reales. En la foto de la izquierda las viviendas se ubicaron frente a la vía. En el gráfico de la derecha el trazado del tren vertebra la ciudad como si fuera una avenida verde y se integra a ambos lados con pasos elevados y estaciones multifuncionales.

## Amigos del Ferrocarril

- Fundación de los Ferrocarriles Españoles. Calle Santa Isabel, 44. 28009 Madrid. Tel 91 539 12 79. (Comercializa publicaciones especializadas y dispone de un centro de documentación sobre el tren, único en el Estado español)
- Asociación de amigos del Ferrocarril de Barcelona (EUROFER). Estación de Sants-Barcelona, andén 0; sector A lado Sur.(martes y domingos de 19 a 21 h) E-mail: [redon@nexo.es](mailto:redon@nexo.es)
- Trenes Mineros Turísticos. Pl. del Roser s/n 08699 Vallcebre. Tel: 93 783 77 04. (Promueven salidas y estudios relacionados con la arqueología industrial y concretamente con los trenes relacionados con la actividad minera)
- Club de Amigos del Ferrocarril. c/Amedeu Vives s/n, 08940 Cornellà de Llobregat. Tel: 93 377 25 27 (Biblioteca temática abierta martes y jueves de 19 a 21 h, explotan un tren tripulado de 5" en el parque de Can Mercader de Cornellà que funciona domingos y festivos).  
Hay otros circuitos de trenes de 5" a:  
Circuito de tren del parc del Mil·lenari (Masnou).  
Ferrocarril del Parc de Ribes Roges (Vilanova i la Geltrú)  
Ferrocarril de Can Mercader (Cornellà)  
Ferrocarril de Vallparadís (Terrassa)  
Ferrocarril del Parc de l'Oraneta de (Barcelona)  
Tren de Palau (Palau de Plegamans)  
Ferrocarril del Parc Catalunya (Sabadell)

## Bibliografía

- Lozano, Pilar. *El libro del tren*. Madrid: Guillomía y Fundación de los Ferrocarriles Españoles 1998.
- Revista *Via libre* (publicación mensual sobre el mundo del tren). Santa Isabel, 44 28012 Madrid.
- Milà, R. *Terminologia ferroviaria*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1993
- *Guía de las Vías Verdes*. Madrid: Anaya-Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 1997.

## Direcciones de interés

### Factorías de material ferroviario

- ADTRANZ  
Av. de Burgos, 17 Complejo Triada Torre1 pl 4  
28036 Madrid. Tel. 91 383 62 00. Fax. 91 383 61 99
- CONSTRUCCIONES Y AUXILIAR DE FERROCARRILES (C.A.F.)  
c/ Padilla, 17  
28006 Madrid  
Tel. 91 435 25 00
- ALSTOM TRANSPORTE  
Cta. S. Perpetua-Mollet Km 7,5  
Tel. 93 574 33 00  
Fax. 93 574 35 71
- SIEMENS SA. División de Transporte  
c/ Orense, 2. 28020 Madrid.  
Tel. 91 514 80 00.  
Fax. 93 574 35 71
- TALGO  
c/ Montalbán, 14  
Tel. 91 595 10 00  
Fax. 91 522 83 47

### Empresas de explotación de trenes

- Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (F.G.C)  
Av. Pau Casals, 24  
08021 Barcelona. Tel. 93 201 11 44. Fax. 93 201 46 83
- Ferrocarril Metropolitano de Barcelona (Metro de Barcelona)  
c/ carrer 60, 21-23. Zona Franca  
8004 Barcelona  
Tel. 93 223 51 00  
Fax. 93 223 45 77
- RENFE Rodalías Sector Cataluña  
Plaça Països Catalans s/n  
Estación de Sants  
08014 Barcelona  
Tel. 93 495 60 42

## Información por internet

- <http://mercurio.iet.unipi.it> (servidor con todas la compañías ferroviarias de Europa)
- <http://www.cuerpo8.es/STOL/STOLpro.html> (servidor español sobre le mundo del tren)
- <http://www.railserver.com> (información general sobre el tren)