

## GEC ALSTHOM Y LA ALTA VELOCIDAD

Ramón Busquet

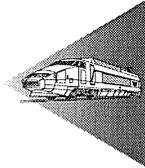
*GEC ALSTHOM Transporte*

*Ctra. B-140 de Sta. Perpetua a Mollet, km. 7,500*

*08130 Sta. Perpetua de Mogoda (Barcelona)*

*Tfno: 93 574 15 10 / 93 574 33 00; Fax: 93 574 21 13*

*<http://www.gecalsthom.com>*



### HISTORIA

El TGV, medio de transporte de masas y no de élites a pesar de sus excepcionales prestaciones, entró en la historia antes de hacerlo en servicio comercial, cuando una de sus unidades batió el récord mundial de velocidad sobre raíles antes de su puesta en servicio comercial el 27 de septiembre de 1981.

Más tarde, en 1989, este récord de velocidad se mejoró hasta **515,3** km/h y hasta la fecha no ha podido ser igualado con material ferroviario convencional.

Desde hace más de 16 años, los trenes de gran velocidad circulan diariamente a 270 km/h en la línea París - Lyon y, desde la puesta en servicio de la línea Atlántica, a una velocidad comercial de 300 km/h. Esta velocidad se ha desarrollado en las relaciones con el norte de Europa y en la prolongación del enlace del sureste, más allá de Lyon. Todo ello, representa una red de cerca de 2.000 km circulables a 300 km/h.

El entusiasmo de los primeros días no ha desaparecido: de las estimaciones de mercado iniciales, que preveían 17 millones de pasajeros/año, se ha pasado a los cerca de 40 millones de pasajeros que viajan hoy en día en los trenes TGV. En la actualidad, más de 300 trenes TGV unen varias decenas de capitales regionales o europeas.

Este eficaz servicio, puesto al servicio del gran público, es el fruto de un excelente diseño unido a un mantenimiento preventivo de alta calidad, optimizado gracias a la experiencia adquirida en el curso de los 16 años de explotación.

## LOS ÉXITOS DEL TGV

Los éxitos conseguidos desde los primeros años de explotación del TGV París-Sur-Este han mostrado sobradamente a los técnicos responsables de las tomas de decisiones el interés de este nuevo modo de transporte.

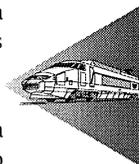
Su atractivo le ha permitido arrebatar cuotas importantes de mercado a otros medios de transporte (especialmente avión y automóvil), y su facilidad de acceso ha atraído a nuevos usuarios. Estos dos factores son probablemente los principales artífices de este éxito y de la renovación del transporte ferroviario.

Efectivamente, desde hace más de 20 años se han ido sucediendo, sin apenas interrupciones, las entregas de materiales.

- línea TGV Sur-Este, 107 unidades entregadas entre 1981 y 1985
- línea TGV Atlántico, desde 1988 hasta inicios de 1992, 105 unidades
- trenes AVE, primer contrato de TGV para la exportación, 24 trenes entregados entre 1992 y 1996. GEC ALSTHOM ofrece, además, el servicio de mantenimiento de estas unidades.
- Red TGV para electricidad bifásica destinada a Francia y en versión trifásica para Bélgica e Italia. El número de estas unidades asciende a 90 y se fabricaron entre 1993 y 1996.
- TGV Transmanche, adquiridas por tres redes diferentes para la explotación de las conexiones Londres-París y Londres-Bruselas con 31 unidades de 18 vagones. A este pedido hay que añadir las unidades del Norte de Londres, destinadas a la explotación de los enlaces entre Manchester, Londres, París y Bruselas. Estas unidades, en un número de 7, entrarán en servicio comercial a inicios de 1998 en la línea Manchester-Londres.
- TGV Duplex, unidades de dos niveles de gran capacidad, encargadas por la SNCF en un número de 30, realizan el servicio comercial entre París y Lyon. La producción de estas unidades, iniciada en 1994, debería completarse en 1997 (siempre que la SNCF no solicite una opción suplementaria en razón del éxito comercial).
- Unidades para las líneas de París, Bruselas, Colonia y Amsterdam, primeras unidades internacionales capaces de circular por cuatro redes ferroviarias de la Europa continental. Estas unidades, con un número de 17, fueron encargadas por las compañías SNFC, SNCB y NS.



- Estas nuevas conexiones internacionales tienen unas grandes perspectivas de desarrollo: la conexión entre Amsterdam y París ya ha transportado a más de un millón de pasajeros antes de cumplirse su primer año de servicio comercial.
- TGV Corea constituye el cuarto contrato de TGV destinado a la exportación, y abarca 46 trenes de 18 vagones, que se encuentran actualmente en curso de fabricación. Su entrada en servicio deberá producirse en el año 2000. La primera unidad de producción en serie ya está en fase de prueba en las líneas de alta velocidad de la SNFC.



El conjunto de unidades TGV suministradas a la SNFC a finales de 1997 representa una capacidad de 165.000 plazas disponibles, con las que se cubre más de la mitad del tráfico de pasajeros de las Grandes Líneas.

En relación a las unidades TGV adquiridas por otras compañías extranjeras, la oferta de número de plazas se acercará a 70.000 a finales de 1999.

La producción de más de 400 unidades TGV, basadas en el mismo concepto de unidad articulada, ha dado lugar a un material muy diversificado, tanto en lo referido a las características técnicas (unidades para regímenes de 2, 3 y 4 fases), con lo que resulta posible la penetración de estas unidades en diferentes redes ferroviarias europeas, como en la referido a la capacidad de las instalaciones interiores (unidades de un nivel y dúplex).

Asimismo, la extensa gama de materiales disponibles, además de ampliar el campo de aplicación, permite la adaptación (unidades sencillas y unidades múltiples, a las distintas necesidades del transporte donde la capacidad varía de 370 plazas a 1.100.

Después de 16 años de explotación del TGV, el conjunto del parque de trenes ha recorrido más de 800 millones de kilómetros y transportado cerca de 400 millones de pasajeros. Además, la disponibilidad del parque es excelente: en las unidades que han alcanzado el nivel de estabilidad asciende al 95%.

## EL CONCEPTO TGV

El incremento de la velocidad en el sector ferroviario repercute principalmente en cinco aspectos de la física:

- la aerodinámica
- el esfuerzo al que se ven sometidas las vías

- la potencia necesaria para la tracción y el frenado
- la captación de la corriente
- la estabilidad dinámica a gran velocidad

El éxito de la técnica del TGV es el resultado del equilibrio que fue necesario conseguir entre estos dominios de la física.

Además de las diferentes maquetas intermedias, fue necesario construir dos prototipos rodantes para realizar las selecciones iniciales:

- el automotor Z 7001
- el TGV-001, correspondiente a la unidad articulada

El automotor eléctrico Z 7001 permite comprobar y validar el diseño de los bogies motrices, especialmente su estabilidad a gran velocidad y la conexión mecánica entre el motor de tracción y el eje.

El diseño mecánico de esta conexión ha permitido fijar el motor de tracción en la caja, reduciendo así considerablemente las masas no suspendidas y, en consecuencia, los esfuerzos del bogie sobre la vía.

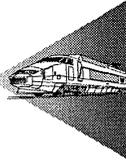
La unidad articulada TGV 001, salida de las fábricas GEC Alstom en abril de 1972, ha permitido validar la opción más original e innovadora en el sector ferroviario: la unidad articulada.

Así, gracias a su diseño, la unidad articulada permite:

- bajar el nivel del suelo a 0,9 m, facilitándose así el acceso de los viajeros al tren.
- eliminar la zona de viajeros situada encima del bogie, con la consiguiente mejora del aislamiento sonoro y vibratorio.
- un diseño fijo de la unidad, que posibilita un dimensionamiento óptimo de los equipos auxiliares destinados a la producción de energía eléctrica para la comodidad de los pasajeros. Éste también queda garantizado en caso de fallo de alguno de los órganos generadores de energía.



- ❑ la reducción del número de bogies de cada unidad. Esto se traduce en una considerable disminución de la masa, del ruido de rodadura y de la resistencia aerodinámica a la rodadura, a lo que hay que añadir una sensible reducción de los costes de explotación.
- ❑ la repartición homogénea de las distancias entre los diferentes soportes de los bogies, con lo que se reduce el esfuerzo sobre las vías.
- ❑ una disposición de espacio suficiente para dimensionar de forma óptima las suspensiones secundarias, con lo que se consigue una comodidad dinámica especialmente alta en el conjunto de vagones de gran velocidad.
- ❑ el posicionamiento del centro de gravedad a un nivel muy bajo y la consiguiente mejora de la estabilidad de la unidad.



En resumen, la experiencia lo ha demostrado varias veces, la conexión rígida entre las cajas procura una seguridad adicional en caso de descarrilamiento que evita el vuelco desordenado de las cajas en beneficio de un efecto de autoalineamiento.

Estas elecciones básicas ya se realizaron en la génesis del TGV. En efecto, el diseño de un bloque articulado encuadrado por dos elementos motores se ha hecho necesario, por un lado en razón de la potencia que debe instalarse para circular a 270 km/h y, por el otro, por la necesidad de arrancar en rampas del 35% de pendiente, incluido el modo de funcionamiento de avería (un bogie motor inactivo).

Este concepto base, validado en 1974, siempre ha sido objeto de sensibles mejoras como, p.ej., la simplificación de los anillos de intercirculación, un aumento del aislamiento sonoro y la estanqueidad a las ondas de presión.

## **EL TGV DUPLEX**

La versión Duplex del TGV es el resultado de los esfuerzos de la SNCF y de GEC Alstom para hacer frente a los retos de la competencia de los otros medios de transporte. En 1987, esta tercera generación de TGV empezó a adquirir forma y la construcción de la primera unidad empezó en 1990.

Estos cuatro años se aprovecharon para definir los principios y validar la viabilidad de este nuevo TGV en todas sus facetas económicas, comerciales, técnicas e industriales.

La unidad de la serie previa, suministrada a la SNCF en febrero de 1995, permitió validar el conjunto de estas dificultades y definir las últimas características de este nuevo concepto: el de una unidad de gran capacidad que garantice el servicio en trayectos regulares de corta, media y larga distancia en virtud de sus prestaciones de tracción y frenado.

---

Para hacer frente a las serias necesidades de transporte o, como fue el caso en Francia con la conexión París Sur - Este, a un importante incremento del tráfico, el concepto de unidad de gran capacidad es el mejor medio para incrementar la oferta de viajes.

Efectivamente, en la mayoría de los casos, la longitud de los trenes se ve limitada por la longitud de las infraestructuras en tierra (longitud de los andenes, instalaciones de mantenimiento, etc.) y por la capacidad de las líneas (sistema de señalización y número de andenes disponibles en la estaciones).

La modificación de las infraestructuras, o la modificación de sus dimensiones para unidades de mayor capacidad, comporta unos importantes costes suplementarios que pueden retrasar o aplazar proyectos y, en consecuencia, hacer perder cuotas de mercado al transporte ferroviario.

Además de los aspectos técnicos, para el diseño de las unidades se han tenido en cuenta tres criterios principales, con las consiguientes repercusiones de orden económico:

- factores económicos
- incremento de la capacidad
- confort de los pasajeros

## **FACTORES ECONÓMICOS**

Con una capacidad igual, la unidad se caracteriza por unos costes de inversión reducidos. En efecto, en el caso de la conexión de París con el sureste, hubiera sido necesario adquirir un parque una vez y media mayor para responder a la nueva necesidad de transporte. Además, la reducción del número de trenes permite reducir sensiblemente los costes de explotación.

En términos de costes de explotación, la comparación entre la versión de un único nivel y la versión Duplex, muestra que los costes son iguales o ligeramente superiores en algunas partidas:

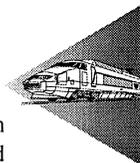
- conducción
- jefe de tren
- servicios a bordo



- consumo de energía. La masa y la resistencia al avance de las unidades Duplex son las mismas que las de las unidades de un único nivel
- dispositivos de rodamiento
- mantenimiento de los equipos de tracción y frenado, y alimentación de la red interna del tren

## INCREMENTO DE LA CAPACIDAD

La finalidad del diseño de estas unidades es permitir, con su oferta de 519 plazas, un aumento del 40% en relación a una unidad de un único nivel de la misma longitud (Red TGV).



## CONFORT DE LOS PASAJEROS

La arquitectura interior ofrece a los pasajeros unos espacios nuevos y diversificados que sólo las unidades Duplex pueden ofrecer.

El principio de la circulación a bordo de la unidad se realiza mediante intercirculaciones situadas en el nivel superior. Este principio permite ofrecer una comodidad adaptada a las diferentes necesidades de los pasajeros. Las salas inferiores ofrecen una modularidad importante de las instalaciones interiores en función de las diferentes categorías de pasajeros (compartimientos de trabajo, para la familia, espacio para niños). Por otro lado, las salas de pasajeros del nivel superior facilitan los intercambios entre pasajeros y dan acceso al bar remolque, situado en el límite de los vagones de primera clase.

En el caso de la unidad Duplex SNCF, sus instalaciones internas son originales y fruto de una investigación estética que ha tenido por objetivo mejorar las posibilidades que este tipo de unidad ofrece:

- asientos espaciosos para los pasajeros de segunda clase, que permiten una disponibilidad y comodidad espaciales netamente superiores a los de las unidades de un único nivel;
  - la visibilidad de los pasajeros se ha mejorado ampliamente, ya que todos los asientos se encuentran en posición vertical en relación a los huecos de las ventanas;
  - confort acústico especialmente diseñado para disponer de un nivel acústico inferior a 65 dBA;
-

- ❑ plataformas de acceso al nivel del andén, que facilitan enormemente el acceso al interior de los vagones. Además, está prevista la incorporación de una plataforma móvil para el acceso de personas con movilidad reducida;
- ❑ elementos decorativos diseñados para hacer más agradable el viaje y ofrecer a los pasajeros una mayor comodidad.

La puesta en servicio comercial de las unidades TGV Duplex en septiembre de 1997, en el trayecto París-Lyon-Saint Etienne con una frecuencia de media hora, ha permitido recuperar una parte importante del mercado de viajeros, ya que el tráfico en este eje ha retornado a su nivel de 1990, con más de 5,5 millones de pasajeros. Además, las encuestas del nivel de satisfacción efectuadas a los pasajeros demuestran que las unidades Duplex son altamente apreciadas por éstos debido a su confort, adaptación a sus necesidades y accesibilidad.

## **LA EVOLUCIÓN DE LA NECESIDAD DEL TRANSPORTE ENTRE GRANDES CIUDADES**

En estos últimos años, la evolución de la tecnología ha posibilitado el incremento de la velocidad de los trenes en las líneas tradicionales y una mejora de su comodidad. Ha aparecido una nueva demanda que no ha pasado desapercibida para numerosas compañías ferroviarias y que ha conducido al desarrollo y puesta en servicio comercial de distintos tipos de materiales de cajas inclinables.

El uso de materiales pendulares ha sido una de las respuestas a las nuevas necesidades expresadas por las compañías ferroviarias en relación a la comodidad, velocidad y utilización de las infraestructuras ya existentes. Esta es la razón por la que la SNCF y GEC ALSTHOM TRANSPORT, con la ayuda de los poderes públicos, decidieron desarrollar los TGV, un sistema de compensación de la insuficiencia de los peraltes, a fin de ampliar la gama de productos TGV.

La introducción de la variante pendular permite abrir para los TGV nuevos ejes viarios y reducir sensiblemente el tiempo de los trayectos en la red tradicional (del orden del 10 al 20% por hora de trayecto, en función de los trabajos efectuados en las vías), a la vez que mejoras en las líneas nuevas donde ya se circula a 300 km/h.

El nuevo TGV pendular ofrece una mayor flexibilidad de adaptación a los diferentes criterios de explotación: capacidad/confort, velocidad/distancia y permite, además, combinar la red de alta velocidad con las líneas tradicionales de Europa.

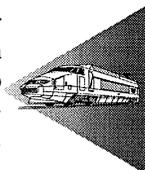
Esta es la razón por la que la futura gama de TGV de Nueva Generación incluirá una versión pendular y una versión de menor capacidad con un remolque equipado de una cabina de conducción.



## PROTOTIPO DE TGV PENDULAR

A fin de verificar en la práctica los estudios efectuados, se decidió realizar un TGV pendular experimental. Con el objetivo de demostrar rápidamente la viabilidad del concepto pendular en una unidad articulada, se decidió modificar una unidad del TGV Sur-Este.

La elección de esta unidad es resultado, por un lado, de la mayor facilidad para disponer de un TGV Sur-Este después de la puesta en servicio comercial del TGV Duplex en la línea París-Lyon y, por el otro, de la cuaderna maestra de su estructura, que había sido estudiada para incorporar un dispositivo de compensación de la insuficiencia de los peraltes. Así, ya en el origen del TGV, se efectuó un estudio previo de una versión pendular.



Esta unidad prototipo está equipada con nuevos bogies pendulares que permiten una inclinación de la caja de 6,3 grados y circular a 300 km/h. El diseño del chasis y de los equipos de freno por fricción instalados son equivalentes a los de la Red TGV.

Los elementos motores han sido adaptados para que soporten mayores aceleraciones transversales sin que se vean afectadas las superficies de rodamientos y respetando, al mismo tiempo, los criterios de captación habituales.

Además de la modificación de los bogies del tramo y de la instalación de un sistema de alimentación de los elevadores, el elemento motor se ha adaptado para permitir la circulación de la unidad con una insuficiencia de peraltado de 260 mm y respetar, al mismo tiempo, los criterios de Prud'homme.

Las pruebas con esta unidad prototipo se iniciaron en abril de 1998 y será la primera unidad capaz de circular a 300 km/h en una línea nueva y de «pendular» en las líneas tradicionales.

## SISTEMA PENDULAR GEC ALSTHOM

Después de esta primera fase de validación de la pendulación en una unidad articulada, el prototipo se equipará con un nuevo dispositivo de pendulación más eficaz en términos de mantenimiento y fiabilidad.

Este nuevo sistema, desarrollado en su totalidad por GEC ALSTHOM, se equipará con nuevos accionadores y un sistema de control que permita integrar los nuevos sistemas de localización de trenes a través de la vía. Estará operativo a finales de 1998 y se comprobará en la unidad prototipo a inicios de 1999.

---

## **CONCLUSIÓN**

Los éxitos conseguidos en el mundo por el TGV han aportado, no sólo a la industria ferroviaria francesa, sino también a otros sectores de la industria nacional y europea, un volumen de actividad importante, ocasiones para acelerar su desarrollo internacional, y prestigio en razón de la maestría demostrada tanto en la vertiente tecnológica como en la de la competitividad.

Esta aventura de la alta velocidad ha permitido, en el plano nacional y gracias al conocimiento del sector por parte de la SNCF, desarrollar la red de comunicación más segura, participar activamente en el ordenamiento del territorio y desarrollar una industria fuerte, con importantes repercusiones internacionales para nuestra economía y nuestra proyección tecnológica e industrial.

La gama «ampliada» de materiales TGV permite cubrir el conjunto de las necesidades de transporte, desde la unidad de gran capacidad (unidades Duplex de 520 plazas capaces de operar en modo múltiple con una oferta de 1 100 plazas) hasta la unidad de baja capacidad (unidad monomotriz de 200 plazas).

El segmento de la velocidad cubierto por esta gama de productos permite, teniendo en cuenta la modularidad de la motorización y la variante pendular, responder a necesidades de velocidades de explotación entre 240 y 360 km/h.

Los proyectos a los que deberemos hacer frente en el curso de los próximos años serán cada vez más importantes y propiciarán una competencia encarnizada. La gama de productos TGV permitirá, por su diversidad, satisfacer el conjunto de necesidades de transporte entre grandes ciudades y de trayectos de larga distancia, tanto en Europa como en el resto del mundo.

