

Nuevos tranvías en marcha en la Península Ibérica¹

JOSÉ LUIS ORDÓÑEZ LÁNCARA
Madrid (España), mayo de 2002.

Bilbao, Barcelona, Porto y Alicante se suman a Valencia y Lisboa y a las 350 ciudades del mundo que tienen tranvías	83
Las aportaciones ambientales de los tranvías	84
Estudios de caso	86
Tranvía de Bilbao	86
Tranvía de Barcelona	90
Tranvías de Valencia y Alicante	95
El tranvía de Metro do Porto	100
Los proyectos de tranvías en otras ciudades de la Península Ibérica	101
Índice de Empresas	101
Empresas públicas de transporte	101
Empresas público-privadas de transporte	103
Empresas privadas de transporte	103
Empresas constructoras, industriales, consultoras de ingeniería, etc, implicadas en la reimplantación del tranvía en España y Portugal	103

Bilbao, Barcelona, Porto y Alicante se suman a Valencia y Lisboa y a las 350 ciudades del mundo que tienen tranvías

Los tranvías de Bilbao, Barcelona y Alicante se sumarán muy pronto al de Valencia, ciudad que reimplantó el tranvía en 1994, y a los de otras muchas ciudades europeas que han recuperado ya este transporte público urbano de superficie. En Portugal, *Metro do Porto* se sumará también en breve plazo a la experiencia de la *Companhia Carris de Ferro* de Lisboa que introdujo el tranvía de piso bajo en 1995. El tranvía moderno, de piso bajo, silencioso y modular, se ha convertido en un medio de transporte público confortable, rápido, fiable, actual y seguro.

Según los expertos en transporte, la elección del tranvía es hoy día una decisión coherente con los criterios de sostenibilidad que impregnan nuestra sociedad. Aunque la industria del automóvil está desarrollando de forma significativa las tecnologías limpias y la reducción del consumo energético, los automóviles no podrán resolver los problemas de congestión, ni los problemas de ocupación de espacio público en las ciudades, y está por ver si resolverán los problemas de ruido y contaminación.

En París, por ejemplo, las calles están ocupadas en un 60 por ciento por los automóviles aparcados, en un 35 por ciento por los coches que circulan y en el 5 por ciento restante por el transporte público de superficie. Los cálculos efectuados por el Instituto Francés de Investigación del Transporte (INRETS), demuestran que un mismo desplazamiento urbano necesita entre 30 y 40 veces más espacio en automóvil que en transporte público, debido, sobre todo, al problema del estacionamiento.

La mala imagen que arrastra el transporte público colectivo de superficie proviene, fundamentalmente, de la baja velocidad comercial que presenta y de la falta de regularidad, ambos fenómenos derivan directamente de la congestión del tráfico generada por los automóviles. Por eso es necesario generar plataformas exclusivas o reservadas para el transporte público de forma que no sufra la congestión del automóvil y disponga de la cuota de participación del espacio público que le corresponde.

La revitalización del tranvía parece estar ligada a la actual revolución ambiental. Primero fue la revolución industrial, después la tecnológica y ahora estamos ante la revolución ambiental. Nuestra sociedad afronta los retos del tercer milenio bajo un concepto que ya se ha generalizado y que afecta de manera transversal a todas las áreas de nuestro desarrollo y de nuestras actividades cotidianas: la sostenibilidad. Un concepto que es perfectamente aplicable en el campo del transporte y de las necesidades de accesibilidad y movilidad de las personas.

Garantizar la accesibilidad en las ciudades bajo unas condiciones respetuosas con el medio ambiente ha hecho renacer al tranvía, el sistema de transporte que muchas de las principales ciudades europeas respetaron y que actualmente está creciendo. El tranvía constituye una alternativa interesante para los

¹Esta es la versión completa del dossier publicado en Vía Libre en el mes de mayo de 2002: <http://www.vialibre-ffe.com/material/fichas/bilboaetc.htm>.

usuarios y una apuesta decidida por el transporte público, claramente en la línea de los criterios de fomento de la sostenibilidad en el entorno urbano.

Gracias a la aplicación de los avances tecnológicos, los antiguos tranvías se han convertido en un nuevo medio de transporte público con un alto nivel de prestaciones, accesible, silencioso, rápido, regular, confortable y ecológico.

En el mundo existen 350 redes de tranvías en servicio, teniendo Europa 9.700 km de líneas tranviarias en más de 100 redes. La modernización de los vehículos ha dado lugar a una gran proliferación de nombres que han tratado de generar una imagen atractiva de este medio de transporte integrante del modo ferroviario. Las denominaciones han recorrido un amplio espectro donde han destacado nombres como metro de superficie, metro ligero, tren-tranvía, *supertram*, tranvía expreso o *sneltram*, ferrocarril de ciudad o *stadtbahn*, ferrocarril de calle o *strassebahn*, o sistemas de transporte urbano de capacidad intermedia.

En Estados miembros de la Unión Europea, como Francia, España y Reino Unido que habían abandonado el tranvía en la década de 1960, para dejar más espacio al automóvil en las calles de la ciudad, se está generalizando la vuelta al tranvía. Francia ha sido pionera con la reintroducción del tranvía en Nantes, en 1987. La sociedad francesa siguió luego con tranvías de piso bajo y ciudades como Grenoble, Estrasburgo, París, Rouen, Orléans, Burdeos, Montpellier y Lyon. En España, la ciudad de Valencia ha sido la primera en revitalizar el tranvía, y otras ciudades como Bilbao, Barcelona, Alicante y Coruña están siguiendo sus pasos. El Reino Unido también volvió al tranvía y en los últimos años se han construido nuevas redes en Manchester, Sheffield, Birmingham y Croydon.

Cuando en la década de 1960 España, Francia y el Reino Unido retiraron los tranvías de sus calles, otros Estados europeos como Alemania, Portugal, Suiza, Bélgica, Países Bajos, Italia y Austria mantuvieron este metro de superficie en más de 90 ciudades. Alemania dispone ahora de 60 redes de tranvías en servicio, donde algunas destacan por su gran extensión, como Berlín, con 178 km, Dresden, con 130 km, Hannover, con 103 km, o Múnich, con 79 km.

El relanzamiento del tranvía en Estados Unidos ha sido tan notable como en Europa. La especial relación de los estadounidenses con el automóvil no ha terminado, pero han comprendido que no es posible, por más túneles y pasos elevados que construyan, acomodar las ciudades al crecimiento indefinido del número de automóviles. Las presiones sociales para el desarrollo de un buen transporte público, como alternativa al automóvil, son muy fuertes en California, donde el alto nivel cultural y la realidad de la polución generada por el automóvil convierten a la sociedad californiana en avanzadilla de las iniciativas políticas en pro del tranvía.

Japón que también sufrió la fuerte presión de la automoción, como Estados Unidos y la Unión Europea, ha actualizado gran parte de los numerosos sistemas tranviarios que posee aprovechando el extenso sistema de redes ferroviarias electrificadas allí existentes. El primer tranvía de piso bajo fue introducido en Japón en 1997, basándose en un modelo alemán.

La capacidad de transporte de los tranvías se mide entre 2.500 y 20.000 viajeros por hora y sentido, alcanzando cifras de 10.000 a 60.000 viajeros/día por línea. Las frecuencias, o intervalos entre vehículos, que son aplicadas habitualmente, se sitúan entre los 2 y los 7 minutos. La velocidad media es de 25 a 35 km/h con plataforma exclusiva y de 18 a 20 km/h con plataforma compartida, superando siempre al autobús que suele tener velocidades medias de 12 a 16 km/h, e inferior al metro subterráneo que alcanza los 40 km/h de media. La velocidad máxima, o comercial, de los tranvías se mueve entre 70 y 120 km/h.

La capacidad de transporte de cada vehículo varía entre 100 y 300 personas, pero los tranvías presentan la posibilidad de circular en composiciones múltiples.

Los elementos clave en la reimplantación del tranvía en las ciudades se concretan en el vehículo, plataforma de circulación, línea aérea de contacto y soportes, marquesinas y paradas, alumbrado, mobiliario urbano correspondiente, complemento vegetal con diversidad de paisajes urbanos, y reorganización del sistema global e integrado del transporte.

Las aportaciones ambientales de los tranvías

En el sistema integrado de transporte urbano, con desplazamientos a pie, en bicicleta, en tranvía, en metro, en autobús, etc, el tranvía representa el transporte motorizado más ecológico.

En el caso de la concesión realizada en Barcelona a Tranvía Metropolitá, el Departamento de Medio Ambiente y la Autoridad del Transporte Metropolitano han establecido un convenio que garantiza, en el proyecto del tranvía de la Diagonal al Baix Llobregat, un respeto absoluto al medio desde el punto de vista ambiental. Se realizarán inversiones por valor de 30 millones de euros para que la integración en el entorno urbano sea óptima, tanto durante la fase de obras como durante el periodo de explotación. En este sentido es destacable la implantación de un sistema de gestión ambiental durante la fase constructiva.

CUADRO 1: Algunas ciudades con tranvía

- Algunas de las ciudades con tranvía urbano:
Amsterdam, Berlín, Bruselas, Colonia, Dresde, Estocolmo, Frankfurt, Ginebra, Grenoble, Hannover, Helsinki, La Haya, Leeds, Lyon, Croydon (Londres), Manchester, Marsella, Milán, Montpellier, Munich, Nantes, Nápoles, Newcastle, Orleans, Oslo, París, Roma, Rotterdam, Rouen, San Diego, Estrasburgo, Stuttgart, Torino, Valencia, Viena, Zurich.
- Algunas de las ciudades con tren-tranvía:
 - Alemania: Karlsruhe, Sarebr.ke y Kassel
 - Reino Unido: Birmingham, Manchester y Sheffield
 - Países Bajos: Amsterdam
 - Estados Unidos: San Francisco, San Diego y Baltimore

Aspectos esenciales que hacen del tranvía uno de los modos de transporte más ecológicos son el ahorro de recursos naturales y materias primas, la ausencia de emisiones contaminantes, la reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero, el ahorro energético, la reducción del ruido ambiental.

En ahorro de recursos y materias primas, a diferencia de otros medios de transporte, como el automóvil o el autobús, el tranvía funciona con electricidad, que si procede de fuentes renovables, no consume recursos agotables y contaminantes. Respecto a la ausencia de emisiones contaminantes debe tomarse en consideración que el tranvía no utiliza combustibles fósiles. En la mejora de la calidad del aire y la reducción de gases con efecto invernadero debe considerarse que un tranvía equivale a 3 ó 4 autobuses, por lo que indirectamente contribuye a reducir los gases que generan el efecto invernadero.

El tranvía ahorra energía ya que su sistema de frenado permite generar energía que es devuelta a la catenaria y es reutilizada dentro del propio sistema tranviario. El tranvía contribuye a reducir el impacto acústico en las ciudades por dos razones, porque genera un nivel muy bajo de decibelios y porque genera más vegetación absorbidora de ruido. Un tranvía a máxima velocidad comercial genera unos 60 decibelios, muy por debajo de los niveles de ruido diurnos en zonas de alta densidad urbana y de tráfico. La hierba sembrada en las vías tranviarias, junto al embebido de los carriles en material elastómero y los sistemas antivibratorios que incorporan los vehículos, contribuyen a reducir el ruido.

Otras aportaciones significativas de los metros de superficie o tranvías se sitúan en el ámbito de la calidad de vida en la ciudad. Se trata de vehículos agradables, cómodos, versátiles y de tecnología avanzada, con piso bajo que facilita considerablemente el acceso a todo tipo de personas. Es un medio de transporte que extiende el derecho al transporte a todas las personas y facilita un reparto equitativo del espacio público que está excesivamente acaparado por el automóvil. La circulación por vía protegida le permite rodar a una velocidad comercial atractiva y respetar los horarios, realizando los desplazamientos al menor coste. Genera una ciudad de proximidad, limitando la amplitud de los desplazamientos y favoreciendo la compactación de la ciudad y el carácter mixto de lo urbano, con mezcla de las zonas destinadas a residencia, trabajo, estudio, comercio y ocio.

La intermodalidad entre tranvía y bicicleta es un asunto que ha despertado el interés de las administraciones públicas de las ciudades pero que no acaba de despegar; quizás fuera interesante crear aparcamientos vigilados para bicicletas en las proximidades de las paradas de los tranvías y estaciones del metro de superficie buscando la máxima sinergia entre los dos modos.

La posibilidad de dar prioridad absoluta al paso del tranvía, sin penalizar con ello el flujo de los automóviles, implicará adoptar un nuevo criterio en la gestión de los semáforos, abandonando el principio de las fases fijas y controlando específicamente cada secuencia en función del contexto detectado en cada momento.

CUADRO 2: Cuadro resumen de las aportaciones de los tranvías al medio ambiente

- Reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero.
- Incremento de la calidad del aire en el ámbito urbano.
- Reducción del nivel de ruido generado por el tráfico.
- Reducción del consumo energético del transporte urbano.
- Reducción de la congestión.
- Incremento de la calidad del ambiente urbano.
- Reducción de la ocupación de suelo, ya que para una misma capacidad de transporte el tranvía ocupa 30 veces menos espacio que el automóvil.
- Reducción de los residuos generados por el transporte urbano, al usar equipos reutilizables y materiales reciclables como pasa en el *eurotram* de Porto, donde dichos materiales alcanzan el 84 por ciento del peso del tranvía al final del ciclo de vida útil.
- Reducción de los recursos naturales y materias primas utilizados en el transporte urbano.

Estudios de caso

Tranvía de Bilbao

A finales de este año 2002 se inaugurará el tranvía de Bilbao. La recuperación del tranvía se considera, en aquella ciudad, como un paso más en la reconquista de la ciudad por el peatón. Cada uno de los tranvías de Bilbao transportará a más personas que 50 automóviles, reduciendo el consumo energético al generado por 8 turismos y reduciendo la emisión de ruidos a la efectuada por 3 automóviles.

El tranvía es promovido por Bilbao Ría 2000, el Gobierno Autónomo Vasco y el Gobierno Municipal de Bilbao. Bilbao Ría 2000 aporta gran parte del suelo del trazado, ha redactado el proyecto constructivo y aporta el 23,5% del presupuesto de ejecución. El Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco es el encargado de tramitar, contratar, dirigir y supervisar todo el proyecto del tranvía, a través de las sociedades públicas Imebisa, Ingeniería para el metro de Bilbao, y EuskoTren, y aporta el 64,75% del presupuesto de construcción, así como el 100% del coste de los tranvías. El Ayuntamiento de Bilbao declara la compatibilidad urbanística y garantiza la disponibilidad de terrenos para la construcción y explotación del tranvía, y aporta el 11,75% del presupuesto.

El tiempo de viaje entre Basurto y Atxuri, primera línea del tranvía de Bilbao, será de 15 minutos, con una velocidad máxima de 50 km/h. El tiempo de estacionamiento en las paradas será de 20 a 30 segundos. La empresa de transporte público EuskoTren ha preparado la denominación EuskoTran para explotar el tranvía. Bilbao Ría 2000 y EuskoTren, a primeros de noviembre de 2001, firmaron un convenio de colaboración para ampliar la línea tranviaria desde la calle Luis Briñas, en el cruce con la avenida Zuzunegui, hasta el hospital de Basurto. Esta obra fue incluida en la adjudicación realizada por Bilbao Ría 2000 a Dragados, Balzola y Tecsa, por un valor de 19,4 millones de euros, para ejecutar la cuarta fase de la denominada Variante Sur, que construirá la nueva estación de Cercanías-Renfe en San Mamés y la intercomunicación con la estación homónima de Metro Bilbao.

Uno de los objetivos estratégicos de EuskoTren es el fomento y participación en la implantación de sistemas tranviarios, o metros de superficie, en Bilbao, Gasteiz-Vitoria, Deba, Donostialdea, Leioa, Txingudi y Txorierrri (Deusto-Lezama). Por las características de trazado de las líneas de EuskoTren, y por la próxima explotación del tranvía de Bilbao, EuskoTran parece un candidato ideal para estudiar la materialización del concepto de metro de superficie regional metropolitano en el País Vasco. Este programa tranviario prevé la inversión de 172,78 millones de euros, y está incluido en el *Plan Estratégico EuskoTren XXI*, dotado de una capacidad inversora en ferrocarril de 972,80 millones de euros hasta el año 2012.

EuskoTren está desarrollando la idea de vehículos híbridos tren-tranvía que faciliten la interoperabilidad de las actuales líneas ferroviarias y las futuras líneas tranviarias. Aunque esta posibilidad se planteó

en el concurso del material móvil destinado al tranvía de Bilbao, ninguna de las empresas fabricantes de trenes ofrecieron vehículos capaces de circular con una alimentación eléctrica de 1.500 voltios en las líneas de EuskoTren y 750 voltios en la línea Atxuri-Basurto de EuskoTran.

Cuando la congestión y la contaminación provocada por el uso indiscriminado del automóvil conducían irremediablemente a una situación de colapso se han planteado las administraciones públicas de Bilbao la recuperación del tranvía. Se ha redescubierto un vehículo colectivo que no contamina, es silencioso y resulta muy eficaz, puesto que su capacidad de transporte cuadruplica la del autobús. Ahora, en Bilbao, el tren de cercanías, el metro subterráneo y el tranvía configuran un trinomio indispensable para el desarrollo y revitalización de la ciudad.

Para las personas que tengan que desplazarse por Bilbao, el tranvía ofrecerá la gran comodidad de servirse de un vehículo equivalente al metro subterráneo, que ya conocen y aprecian, y la posibilidad de redescubrir la ciudad a bordo de un coche cuyo acceso está situado al nivel de las aceras. Los tranvías de piso bajo han dado el impulso definitivo a este medio de transporte urbano, ya que permiten un fácil acceso incluso a las personas con movilidad reducida.

Uno de los principales objetivos del Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco es conseguir un sistema de transporte sostenible para Euskadi. La ciudadanía vasca es consciente de la enorme densidad de tráfico que existe en el País Vasco y experimenta cada día que la menor incidencia provoca situaciones de auténtico colapso. Las alternativas a esta situación son el transporte colectivo, en lo referido a los desplazamientos de las personas, y el tren y el barco en lo que se refiere a las mercancías.

Los crecientes impactos ambientales asociados a la problemática diaria del transporte, contrastan con el objetivo máximo del *Programa Marco Ambiental del Gobierno Vasco* que pretende un modelo de desarrollo basado en la sostenibilidad. En este sentido, apoyado en su ya citado *Plan Estratégico* a doce años, EuskoTren trata de ser un referente en el transporte de viajeros y mercancías en la Comunidad Autónoma del País Vasco y contribuir con una excelente oferta de transporte a paliar los efectos ambientales negativos que van asociados al transporte. Además, las actuaciones de EuskoTren en material ambiental están enmarcadas en la *Estrategia de la Unión Europea para el Desarrollo Sostenible* aprobada en la Cumbre de Gotemburgo en junio de 2001.

Las alternativas de trazado del futuro tranvía de Gasteiz-Vitoria han sido estudiadas por la empresa consultora de ingeniería Sener. Se han analizado dos grandes corredores, norte-sur y este-oeste, incluyendo el posible uso de los trazados ferroviarios actuales dado que la futura *Y vasca* podría atravesar la ciudad de forma subterránea. Para las diversas propuestas se han tomado en consideración el estudio de demanda, el impacto medioambiental y los costes de ejecución del proyecto. Una vez realizado el período de información pública y la evaluación del impacto ambiental, la Comisión Interinstitucional de seguimiento del proyecto, el Gobierno Vasco, la Diputación Foral de Álava y el Ayuntamiento de Gasteiz—Vitoria, concursarán la redacción del proyecto constructivo. Para la financiación de las obras es posible que se utilicen cuotas de participación equivalentes a las establecidas en el tranvía de Bilbao. El 65 por ciento sería asumido por el Gobierno Vasco, 20 a 25 por ciento por la Diputación Foral de Alaba, y el resto, el Gobierno Municipal de Gasteiz-Vitoria. Las obras podrán comenzar a primeros del año 2003.

El coste unitario por kilómetro de infraestructura de una línea tranviaria ronda los 3 millones de euros. Por tanto, si la primera línea de Gasteiz—Vitoria fuera de 5 km de longitud, conectando el barrio de Lakua con el centro urbano, la inversión necesaria rondaría los 15 millones de euros. El coste de cada vehículo, o tranvía, puede situarse en los 2,4 millones de euros, y sería asumido por EuskoTran.

La primera línea de la red tranviaria de Bilbao

La línea A del tranvía de Bilbao será la primera de una futura red más extensa y conectará Basurto y la nueva estación ferroviaria de San Mamés con el margen izquierdo de la ría y Atxuri. A la vez permitirá el acceso al barrio de Deusto, a la Universidad, al ámbito Mazarredo—Uribitarte, y prestará un servicio de calidad a la nueva zona de Abandoibarra y al núcleo histórico—comercial del Casco Viejo. La línea tranviaria facilitará, de este forma, la integración de las dos márgenes de la ría en una zona con gran potencial urbano, descongestionará la margen izquierda de la ría en el Ensanche y Abando y contribuirá a la reordenación de Abandoibarra, zona objeto de una gran transformación. EuskoTran impulsará así nuevas zonas de actividad económica, donde se mezclen y complementen industria, servicios, vivienda, equipamientos y espacios públicos.

La primera línea dispondrá, en una primera fase, de 11 paradas, que serán 12 cuando se construya la prolongación a Basurto, a lo largo de un recorrido de 4,75 kilómetros. Con una frecuencia de entre 5 y 10 minutos, el servicio transportará 10.000 viajeros en días laborables, cantidad que aumentará considerablemente cuando concluyan las infraestructuras previstas en Abandoibarra y se establezcan la integración tarifaria y el billete único para los transportes colectivos del Bilbao Metropolitano.

El primer tranvía en Bilbao enlazará gran parte del equipamiento urbano de la ciudad. La nueva línea conectará numerosos inmuebles públicos, equipamientos culturales, educativos y de servicios, y zonas comerciales, como Ayuntamiento, Palacio de Justicia, Palacio Euskalduna, Museo Guggenheim, Teatro Arriaga, Estadio de San Mamés, Escuela de Ingenieros, Universidad de Deusto, Instituto Politécnico, Hospital de Basurto, Casco Viejo y Mercado de la Ribera.

En la primera fase, el trazado de la línea A discurre en doble vía desde la estación terminal provisional de San Mamés hasta la parada Pío Baroja, en el Puente del Ayuntamiento. Desde aquí hasta la terminal de Atxuri la plataforma se presenta en vía única salvo una zona de cruzamiento dotada de dos vías y situada detrás del Teatro Arriaga. La estación de San Mamés será colocada en la avenida del Ferrocarril, frente a la estación de autobuses interurbanos y en conexión con la estación homónima de Metro Bilbao y con la nueva estación de Cercanías-Renfe del mismo nombre. Esta ubicación permite una prolongación fácil hacia el hospital y la estación de Feve en Basurto. Las paradas siguientes son Sabino Arana, Euskalduna, Abandoibarra, Guggenheim, Uribitarte y Pío Baroja.

En la zona de vía única, el tranvía asciende por la calle Acebal Idígoras, plaza de Venezuela, calle de Buenos Aires y plaza Circular. En esta plaza y en esquina con la calle de Navarra está prevista la parada Abando, que da acceso a este distrito económico—financiero donde también convergen otros servicios de transporte. Por la calle de Navarra baja al Puente del Arenal y al Teatro Arriaga, donde se colocará la parada Arriaga, que permite un primer acceso al casco histórico-comercial de la ciudad. En esta parada, los tranvías podrán cruzarse gracias a un pequeño tramo de doble vía. La vía única continúa por la calle de la Ribera con parada en la estación Ribera, otro acceso al Casco Viejo y a Bilbao La Vieja, en este último caso por la pasarela sobre la ría, antes de llegar a Atxuri. La estación terminal Atxuri compartirá andenes con los trenes de cercanías de EuskoTren para facilitar las conexiones entre ambos medios de transporte.

El trazado de la línea procura facilitar las conexiones directas del tranvía con los otros transportes públicos colectivos. Las paradas se han situado en los puntos de conexión con el objetivo de reducir los tiempos de trasbordo en las diferentes etapas de cada desplazamiento. Tres paradas importantes del tranvía enlazan con las redes ferroviarias de gran capacidad, son las de San Mamés, Abando y Atxuri. San Mamés se convertirá en un intercambiador modal con convergencia de tranvías, metros, trenes de cercanías y autobuses urbanos e interurbanos. Abando es un polo intermodal del transporte regional, nacional, estatal e internacional. Atxuri es la estación terminal de las líneas de EuskoTren donde el tranvía actuará como prolongación de las líneas ferroviarias que transportan diariamente 15.000 personas entre Bermeo, Amorebieta, Durango, Eibar y Donostia-San Sebastián y Bilbao.

Los vehículos del tranvía de Bilbao

En julio de 1999 fue encargada por EuskoTren la fabricación de 8 tranvías a CAF por un importe de 19 millones de euros. El proyecto del vehículo es íntegramente vasco, ya que CAF, a su vez, ha subcontratado el equipo de tracción a la empresa Ingelectric-Team, de Zamudio, Bizkaia-Vizcaya. De los 8 tranvías, 7 serán de piso bajo en el 70 por ciento del vehículo y uno será 100 por ciento de piso bajo. La capacidad de transporte será de 196 personas, 48 en plazas sentadas y 148 en plazas de pie, con 2 espacios reservados para personas de movilidad reducida.

Los tranvías de piso bajo en el 70 por ciento tendrán el 74 por ciento de la superficie interior del tranvía situada al mismo nivel del andén, y por tanto es apto para personas con movilidad reducida. En esta zona de piso bajo viajarán el 80 por ciento de las personas usuarias. El 26 por ciento restante corresponde a la superficie sobreelevada que alberga el carretón o bogie.

Los vehículos son bidireccionales, con dos cabinas de conducción idénticas. Las cabinas están situadas en el extremo de las unidades y cuentan con un amplio pupitre de mando y control, asiento ergonómico y alta visibilidad gracias a una gran luna frontal antiimpacto. El acceso a los vehículos es cómodo ya que se efectúa al mismo nivel del andén. Las puertas son automáticas, de doble hoja y de accionamiento eléctrico. Como elementos destacados, incorpora sistemas antipatinaje y antideslizamiento en el frenado, *hombre muerto*, *caja negra*, comunicación vía radio y alarma de pasajeros que conecta con la cabina de conducción. La atención a los viajeros se completa con el sistema de videovigilancia.

EuskoTren construirá unas nuevas cocheras en la estación de Atxuri para albergar los 8 tranvías iniciales de EuskoTran. La estación dispondrá de espacio para el mantenimiento integral de los tranvías, vías con pasarelas de acceso a los equipos ubicados en el techo, vías para el levante y desmontaje de carretones o bogies, vía con torno de foso que permitirá el torneado de ruedas sin necesidad de desmontarlas y túnel de lavado.

El color elegido, verde manzana, para el tranvía de Bilbao permitirá diferenciarle de los demás vehículos del transporte público de la ciudad, además de reflejar los valores que porta como modo ecológico,

fresco y actual. El logotipo de EuskoTran ha buscado una identificación inmediata con el de EuskoTren. Sirviéndose de una misma tipografía en ambos casos se contribuye a dicha comprensión.

La infraestructura del tranvía de Bilbao

La obra civil del tranvía en Bilbao se está construyendo por tramos pequeños, al objeto de reducir los trastornos que un trabajo de este tipo ocasiona en el tráfico rodado y peatonal. Estos pequeños tramos tienen una longitud aproximada de 100 metros, que viene a ser el equivalente a una manzana urbana. Las obras de construcción de la línea tranviaria están dirigidas por Imebisa, Ingeniería para el Metro de Bilbao, sociedad pública consultora dependiente del Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco.

Las obras de infraestructura de la línea tranviaria han sido adjudicadas en abril de 1999 a la unión temporal de empresas formada por Tecsca, Elecnor, Balzola y Eldu. La construcción se ha planteado en dos fases. La primera de ellas está actualmente en ejecución y entrará en servicio a finales de este año 2002. El trazado de la primera fase, Atxuri—San Mamés, tiene una longitud de 4.750 metros de los que 2.820 m son de vía única y 1.930 m de vía doble. El trazado de la segunda fase, San Mamés—Basurto, tiene 450 m de vía doble que incluyen un escape doble en diagonal. El presupuesto total de construcción de la primera fase es de 14.000 euros y el de la segunda fase es de 2.000 euros.

La primera fase se dividió en 4 sectores en función de las características urbanas y de las condiciones de implantación. El sector 1 se extiende desde San Mamés a Euskalduna. En este sector la vía doble del tranvía estará adoquinada. La urbanización de esta zona está formada por arterias amplias donde el trazado no presenta problemas específicos de inserción. El sector 2, Abandoibarra, es un tramo con vía verde, donde la vía doble del tranvía transcurre envuelta en hierba. La traza se implantará en la zona central de un paseo arbolado que se convertirá en el eje vial de la zona. El sector 3, muelles de Uribitarte, es otro tramo de vía verde. Los antiguos muelles del Puerto de Bilbao en Uribitarte se han transformado en un paseo ajardinado en la margen izquierda de la ría que une Abandoibarra con el Caso Viejo. El sector 4, de Buenos Aires hasta Atxuri, es de vía única y la plataforma tranviaria, adoquinada, se ha concebido como una extensión de la acera o paseo peatonal, debido a la intensa actividad económica y comercial que se desenvuelve en la zona. El trazado de los tramos adoquinados es bicolor. En los tramos reservados a la circulación exclusiva del tranvía la calzada es gris con una cenefa roja. En los cruces donde comparte el espacio con otros vehículos, el piso es rojo con un borde gris.

La plataforma tranviaria está formada por una losa de hormigón de 6 metros de anchura en el tramo con dos vías y de 3 m en el tramo de vía única. Esta losa ayuda a la implantación de la superestructura de vía tranviaria. La plataforma exclusiva para el tranvía y los peatones es la que surge como expansión de la acera. La plataforma compartida con los automóviles presenta un pequeño bordillo de 25 mm sobre la cota de la calzada para disuadir la circulación sobre los carriles, aunque es posible cruzarlos cuando sea necesario.

Hay dos tipos de plataforma, una es exclusiva para el tranvía y se habilita prolongando las aceras; la otra es compartida con el tráfico rodado. Esta última tiene un bordillo de separación con una sobreelevación de 2,5 cm sobre la cota de calzada, para disuadir la circulación de los vehículos por encima de los carriles, aunque permite cruzarlos cuando sea necesario.

La ejecución del montaje de la vía se realiza por fases siguiendo una secuencia que comienza con el tendido y soldado de los carriles, que son del tipo Ri-60. Después se efectúa el taladro de orificios en el alma del carril para la colocación de las riostras. A continuación se colocan las citadas riostras con la funda de caucho y se efectúa la alineación parcial de la vía. Luego se colocan los elementos niveladores y los módulos de caucho laterales e inferiores. Más tarde se realiza la colocación de los alineadores y de los anclajes con grapa. En ese momento se procede al hormigonado del armazón de la vía, en módulos de unos 20 m de longitud, con las juntas de dilatación correspondientes y con encofrados laterales y elementos de drenaje, para después colocar los bordillos y adoquines en la terminación de la vía adoquinada, o preparar la caja de vía en el caso de que ésta sea sembrada con hierba. Se termina con el sellado y embebido de los carriles utilizando bitumen adhesivo que hace de elastómero. Los aparatos de vía, desvíos y escapes, son suministrados por JEZ Sistemas Ferroviarios. Los dispositivos para el accionamiento de las agujas de los desvíos son suministrados por Hanninng & Kahl, empresa representada en España por Pasch y Cía.

Las paradas están preparadas para recibir vehículos de 31 m de largo y están constituidas o por un andén central o por uno o dos laterales cuya anchura y equipamiento depende de la zona, aunque todas comparten elementos comunes. El diseño de las paradas ha huido del protagonismo persiguiendo armonizar los diferentes estilos de arquitectura presentes en Bilbao. Cada parada parte de una propuesta integradora y sencilla, sin ninguna alusión simbólica, para evitar contribuir a la contaminación urbanística del espacio urbano. La estructura está formada por un módulo técnico que integra los servicios de la máquina expendedora de billetes, teléfono y reloj digital y las unidades de energía, comunicación y

control del tráfico. Este módulo está unido a un pórtico acristalado en cuyo extremo aparece el panel publicitario.

La electrificación del tranvía de Bilbao

El tendido eléctrico ha sido otro gran reto a la hora de minimizar el impacto urbano del tranvía. La estrategia adoptada ha sido doble, por un lado, se ha procurado evitar la colocación de postes en las calles más congestionadas por el tráfico, y por otro se ha reducido al mínimo el impacto del tendido eléctrico en las fachadas de los edificios mediante un discreto sistema de anclaje.

El diseño de la catenaria, o línea aérea eléctrica de alimentación energética, evita los cables de sustentación para reducir el impacto visual y disminuir el número de elementos presentes en el medio ambiente urbano.

La línea de tracción a 750 V en corriente continua está formada por un hilo de contacto de cobre sin sustentador. El hilo de contacto es de 150 milímetros cuadrados de sección con tense mecánico medio de 1.280 kilos y vanos máximos de 45 y 27 metros dependiendo, respectivamente, de si la catenaria está o no compensada. Sólo en el caso del puente del Arenal en el que existe un vano de 105 metros se utiliza un falso sustentador de acero inoxidable. En general el hilo de contacto está soportado por pórticos funiculares de material aislante o por ménsulas tubulares giratorias. En los casos de catenaria compensada se utilizan sistemas de muelles del tipo *Tensorex* para conseguir mejorar el impacto estético.

Cuando se utilizan postes, éstos son telescópicos y de acero galvanizado y pintado. Se trata de postes de 9 metros de altura y con diámetro de entre 248 y 328 milímetros en la base. Este diámetro se calcula en función del momento de rotación que deba soportar el poste. Las ménsulas son de acero galvanizado y pintado con rótula aislante y tirante de cable sintético de forma que, en combinación con los sistemas de suspensión y atirantado aislados, se garantiza el doble aislamiento. Tanto el cable de alimentación de la catenaria, o *feeder*, como el cable de guarda van enterrados en una canalización paralela a la vía. El cable de alimentación suministra electricidad a la catenaria por medio de una conexión generada en el interior de los postes. El cable de guarda se conecta a cada poste ya que éste lleva instalada la pica de puesta a tierra correspondiente a la derivación de seguridad que se sirve de la gran masa inerte del terreno. La catenaria es instalada por el mismo grupo de empresas que se encarga de la construcción de la infraestructura y de la vía.

De las dos subestaciones eléctricas previstas de tracción una está situada en el acceso a Abandoibarra y tendrá dos grupos de transformación—rectificación con una potencia de 1000 kVA, y la otra estará en las proximidades de la estación ferroviaria de Atxuri, en el muelle conocido como Siervas de Jesús, donde se instalará un solo grupo de transformación.

La señalización del tranvía de Bilbao

Para garantizar la regularidad y la alta velocidad media del tranvía, resulta fundamental proteger al máximo la plataforma y el trazado del recorrido. Por eso, se instalará un sistema de prioridad semafórica que reservará la preferencia del tranvía en los cruces. Por medio de una baliza emisora instalada en el vehículo se desencadenará una fase verde que permitirá al tranvía atravesar el cruce sin demora alguna, salvo en situaciones extraordinarias de colapso de tráfico y en cruces determinados de alta complejidad.

Tranvía de Barcelona

En octubre de 2003 se pondrá en servicio el tranvía de Barcelona cuya infraestructura ha comenzado a construirse en el verano de 2001. El objetivo fundamental del tranvía de Barcelona es satisfacer la demanda de transporte público. En noviembre de 2000 se firmó el contrato que adjudica a la empresa privada Tramvia Metropolità la redacción del proyecto, construcción de la infraestructura y explotación de la línea tranviaria de 16 km de longitud que conectará la avenida Diagonal de Barcelona con el Baix Llobregat. La línea tendrá dos ramales y prestará servicio a San Just Desvern y Sant Feliú de Llobregat, y a Cornellà de Llobregat, Esplugues de Llobregat y Sant Joan Despí.

Las obras de implantación están valoradas en 217 millones de euros que aporta Tramvia Metropolità. La recuperación de dicha inversión se efectuará por medio de la venta de títulos de transporte más la participación de la compensación de equilibrio que aporten las administraciones públicas, por realizar la empresa privada concesionaria la prestación de un servicio público.

La Autoritat del Transport Metropolità (ATM), sometió a información pública el *Plan Director de Infraestructuras 2001-2010 de Barcelona*, que prevé inversiones en transporte público por valor de 5.740 millones de euros en diez años. En Barcelona y los municipios que forman parte del continuo urbano de

CUADRO 3: Características técnicas esenciales de los tranvías de Bilbao

- **Tensión de Alimentación:** 750 V en corriente continua
- **Aceleración:** 1,08 m/s²
- **Velocidad máxima nominal:** 70 km/h
- **Deceleración media en servicio:** 1,2 m/s²
- **Deceleración máxima:** 2,35 m/s²
- **Pendiente máxima:** 8 por ciento
- **Radios de curva mínimos:** 15 metros
- **Longitud total:** 24,405 m el de 70% de piso bajo y 31 m el de 100% de piso bajo
- **Altura:** 3,3 m
- **Anchura:** 2,40 m
- **Altura del piso:** 35 cm
- **Número de puertas por lateral:** 4
- **Número de plazas:** 196 en los de 70% de piso bajo y 228 en los de 100% de piso bajo
- **Climatización:** 4 equipos de aire acondicionado independientes
- **Megafonía:** centralizada, interfonía, información de próximas paradas, mensajes especiales
- **Paneles electrónicos de información:** 4 en el exterior (información de destino) y 2 en el interior (información de próxima parada, temperatura, hora, mensajes especiales...)
- **Sistema de videovigilancia:** 4 cámaras con registrador de imágenes
- **Radio-comunicación:** Interconexión con el puesto de mando del control de tráfico

Barcelona se contempla ejecutar la mayor parte de la inversión, 5.280 millones de euros, el 92 por ciento del total.

En estas inversiones destaca la construcción de una doble línea de tranvías en la avenida de la Diagonal, Poble Nou, Sant Adrià de Besós y Badalona, con una inversión de 170 millones de euros y una demanda de transporte prevista de 10,5 millones de viajeros anuales. La realización del concurso de adjudicación de la concesión correspondiente fue aprobada por la ATM en enero de 2002. Entre las líneas de tranvías de Diagonal al Besós y de Diagonal al Baix Llobregat se creará una línea siguiendo toda la avenida de la Diagonal, desde la plaça de Francesc Macià a la plaça de les Glòries.

Los estudios realizados por la Entidad Metropolitana del Transporte en 1989 para establecer una red de metro ligero en superficie que permitiera solucionar las necesidades de accesibilidad entre los municipios citados pusieron de manifiesto que los flujos previsibles de demanda resultaban idóneos para la implantación de este sistema de transporte por dos razones básicas: la ventaja de su bajo coste y el hecho de que las condiciones de explotación hacen posible la construcción de tres ramales y dar servicio a todo el ámbito territorial previsto.

Es destacable que las inversiones del tranvía Diagonal—Baix Llobregat servirán tanto para poner en servicio un nuevo modo de transporte público, moderno y ecológico, como para realizar una profunda renovación urbanística de más de 300.000 metros cuadrados de las ciudades por donde discurre la traza.

Tras la incorporación del proyecto al *Plan Intermodal de Transportes de 1993* y la experiencia del tramo piloto, a escala real, realizada entre junio de 1997 y enero de 1998 en la avenida Diagonal de Barcelona, se consiguió el consenso definitivo para seguir adelante con el programa de concesión.

El consorcio adjudicatario, Tramvia Metropolità, está formado por Alstom con un 25 por ciento, las empresas constructoras FCC, Necso y Comsa con el 42 por ciento, las empresas transportistas FCC-Connex, Sarbus y Soler i Saurent con el 27 por ciento y las entidades financieras Banco de Sabadell y Société Générale con el 6 por ciento restante. Alstom suministra el tranvía y los sistemas de electrificación, señalización y telecomunicaciones, aportando 19 vehículos tipo Citadis 302, de piso bajo integral, 32,3 metros de longitud total, anchura de 2,65 m y diseño específico para Barcelona. FCC encabeza el grupo constructor de la infraestructura. FCC-Connex encabeza el grupo de empresas que prestará el servicio de transporte.

La primera línea del tranvía de Barcelona

La longitud total del trazado es de 15,8 kilómetros y se divide en un eje principal y dos ramales, formando un conjunto de tres líneas, T1, T2 y T3, con un total de 30 paradas. El recorrido se plantea como una plataforma segregada del resto de la circulación rodada con plena integración urbanística. La línea T1 va desde la plaza Francesc Macià, en Barcelona, hasta Sant Joan Despí, pasando por Hospitalet, Esplugues y Cornellà de Llobregat. Conecta con los trenes de Cercanías de Renfe y con las líneas 3 y 5 del metro de Barcelona. La línea T2 tiene el mismo recorrido que la T1, pero dentro de Sant Joan Despí se prolonga por la avenida Barcelona hasta la avenida del Baix Llobregat donde conecta con la línea T3. La línea T3 también tiene su inicio en la plaza Francesc Macià, comparte itinerario con la línea T1 y T2 hasta la avenida del Baix Llobregat en Espulgues, y a partir de este punto se encamina hacia Sant Just Desvern para terminar en la estación de Cercanías—Renfe de Sant Feliú de Llobregat.

El tranvía mejorará la accesibilidad de los usuarios de transporte público ya que se estima una reducción del 40 por ciento en el tiempo de viaje en comparación con el conseguido con el autobús, que tiene una velocidad comercial de 12 km/h frente los 20 km/h que tendrá el tranvía. Todos los accesos a los cruces dispondrán de semáforos para vehículos y peatones. Todas las paradas del tranvía tendrán pasos de peatones regulados semafóricamente en ambos extremos.

La incorporación de la plataforma del tranvía en las secciones urbanas existentes presenta una reordenación positiva del espacio público. En los puntos de intersección con otros viales se han realizado las correspondientes conexiones o reordenaciones de las intersecciones existentes con la creación de 10 nuevas rotondas en los puntos principales. Se renuevan más de 300.000 metros cuadrados de pavimento que en algunos tramos van de fachada a fachada. Gran parte de la vía discurrirá sobre hierba, sumando más de 84.000 metros cuadrados de vía verde. La obra incorpora también una actuación importante de ajardinado y mantenimiento de las especies arbóreas que existen actualmente. En las zonas ajardinadas fuera de la plataforma del tranvía, rotondas e isletas, se ha previsto la siembra de hierba y la plantación de pinos, castaños y chopos. La iluminación principal de las calles se situará en los postes de soporte de la catenaria, y se ha previsto completarla con la instalación de báculos para peatones y elementos de iluminación para las ahora denominadas aceras, antes haceras o faceras.

Dada la importancia de las paradas o estaciones dentro de cualquier red de transporte, el proyecto del tranvía de Barcelona ha tenido en cuenta los aspectos y condicionantes que permiten alcanzar la máxima seguridad, calidad y confortabilidad. La longitud general de los andenes es de 72 metros, que corresponde

a la longitud de una composición de dos unidades de tranvía, más dos rampas en los extremos de 6 metros cada una.

En el diseño de las paradas se ha buscado la accesibilidad para todas las personas con pavimentos antideslizantes y supresión de cualquier obstáculo o barrera, además de proteger de los impactos indeseados de los fenómenos atmosféricos, como viento, sol excesivo o lluvia. Se ha tomado en consideración la seguridad ante agentes externos como el tráfico o el vandalismo. Han sido integrados los equipos de atención al viajero como señalización, máquinas expendedoras de billetes o información sobre horarios e itinerarios. Se han instalado equipos de iluminación, evacuación de aguas pluviales, bancos de sentarse y papeleras.

Entre los condicionantes funcionales pasivos se han tomado en consideración los materiales constructivos, que son de muy alta calidad, así como la modularidad, la flexibilidad y las condiciones de mantenimiento y economía, con elementos de larga vida útil, fácil reposición, resistencia a las agresiones y tratamiento antivandálico de las superficies. Entre los condicionantes perceptivos se ha buscado la plena integración en el paisaje urbano en función de los diferentes emplazamientos, con escaleras, proporciones y ritmos estructurales adecuados. También se han considerado los aspectos simbólicos y asociativos como valores de sostenibilidad, ahorro de recursos, servicio público de calidad, identificación popular y ambiente acogedor.

La demanda potencial del tranvía es de 80.000 viajes/día en el año 14 de explotación con una demanda consolidada de 65.000 viajes/día. La demanda se consolidará en el año 2007, cuarto de explotación. Para conocer esta demanda se han estudiado 36 escenarios modelizados y se han tomado como factores determinantes la integración tarifaria (el ahorro económico que comporta para los usuarios al poder transbordar entre cualquiera de los modos de transporte, tranvía, autobús, metro, tren de cercanías de FGC, tren de cercanías de Renfe, con un único billete durante las franjas horarias establecidas) y la remodelación prevista por la Autoritat del Transport Metropolità del sistema de transporte público colectivo actual. En el caso del tranvía es destacable que las ventajas de la implantación del sistema de integración tarifaria suponen un incremento de demanda del 13 al 17 por ciento sobre la demanda calculada sin integración.

Globalmente y en cifras anuales, el escenario de la demanda potencial oscila entre los 8,4 millones de viajeros anuales en el primer año de implantación hasta los 21,9 millones de viajeros anuales el año 25 de explotación, año 2027. En total, durante los 25 años de explotación que dura la concesión se transportarán unos 486 millones de viajeros.

Para determinar la demanda potencial del tranvía, Tramvia Metropolità ha realizado diversos estudios y ha analizado todos los escenarios posibles y los parámetros y criterios que se deben tener en cuenta para evaluar el impacto de un proyecto de este tipo. Se ha estudiado la oferta actual tanto del sistema de transporte público colectivo (matrices de movilidad, recorridos, horarios, paradas, usuarios actuales de cada uno de los modos de transporte...) como de la oferta viaria, deseos de movilidad de los residentes de la zona de influencia del tranvía, adecuación del trazado a los flujos que generan estas líneas de deseo, posibilidades de integración del tranvía en los sistemas actuales y futuros de movilidad y accesibilidad.

En el ámbito más amplio, el tranvía tiene que permitir estructurar y cubrir las necesidades del territorio que no quedan cubiertas de forma adecuada con los sistemas actuales de transporte y prever asimismo las necesidades de demanda potencial futura en función de los planes de desarrollo territoriales previstos (datos de población actual y futura, localización de actividades, planes urbanísticos...). En el ámbito más estricto, el diseño del tranvía debe contemplar su integración en la urbanización del entorno bajo criterios de accesibilidad y de seguridad para los usuarios.

El trazado de la línea ha tomado en consideración todos aquellos parámetros que permiten optimizar la adecuación del proyecto a los requerimientos de demanda previstos (traza, paradas y puntos más importantes en función de los flujos de demanda previstos, tramos más cargados, puntos de intercambio modal, demandas en hora punta, etc). Dado el ámbito territorial afectado y el dilatado período de explotación, 25 años, se han tenido en cuenta también todos aquellos factores que pueden incidir en la demanda captable para el futuro tranvía como el propio impacto del tranvía como elemento estructurador y dinamizador del desarrollo urbanístico y económico del ámbito descrito, los valores y tendencias de crecimiento de población y actividad de los últimos años y las previsiones de crecimiento de los planes de desarrollo urbanístico de los municipios del ámbito del tranvía y la propia implementación del *Plan Director de Infraestructuras del Transporte* que implica una remodelación y estructuración del sistema de transporte donde el tranvía está inmerso.

La demanda potencial es precisamente uno de los motivos que avalan con más peso la opción del tranvía frente al metro subterráneo, por razones de eficiencia económica. Las cifras de viajes/hora lo ponen de manifiesto, ya que una línea subterránea de metro puede transportar entre 20.000 y 30.000 viajeros/hora, mientras que la capacidad de transporte del tranvía es habitualmente de unos 5.000 a

20.000 viajeros/hora. Por tanto, teniendo en cuenta la demanda real prevista, en torno a los 65.000 viajeros/día, no se justificaría la inversión en una línea de metro subterráneo que se cifra en hasta 6 veces la inversión necesaria para una línea de metro de superficie.

Los intercambiadores y conexiones con otros medios de transporte que se han previsto son el intercambiador de Cornellà, que conecta el tranvía con la línea C4 de Cercanías-Renfe y la línea 5 del metro de Barcelona, la conexión Palau Reial, que conecta el tranvía con la línea 3 del metro, la conexión Maria Cristina, que conecta el tranvía con la línea 3 del metro y la conexión Sant Feliú de Llobregat, que en el extremo de la línea T3 conecta con la estación de Cercanías-Renfe de la línea C4.

Con la inauguración del tranvía, el área metropolitana de Barcelona pasará a tener tres tipos de metro. El metro regional, constituido por los servicios de cercanías de Renfe y Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, con una velocidad comercial de 50 y 40 km/h respectivamente, el metro subterráneo de Ferrocarril Metropolità de Barcelona TMB y de FGC, con una velocidad de entre 26 y 28 km/h, y finalmente el metro de superficie, o tranvía de Tramvia Metropolità, con una velocidad media de 20 km/h. Cada tipo de metro tendrá asignada una función diferente, y así para desplazarse de Cornellà a la plaza de Cataluña en Barcelona lo mejor será utilizar los trenes de cercanías de Renfe, para ir del norte de Hospitalet a Cornellà lo mejor será servirse de la línea 5 del metro subterráneo, mientras que para ir de Sant Feliú a Esplugues o Sant Just lo mejor será utilizar el tranvía. El autobús urbano e interurbano completa el esquema y permite conseguir una distribución más capilar.

En el tronco común el tranvía tendrá una frecuencia máxima de 3 a 4 minutos en horas punta y de 5 minutos durante diez horas al día y de 7 a 10 minutos de las 21h00 a las 24h00. En el resto, será de 7 a 15 minutos en función de las franjas horarias. La velocidad media será de 20 km/h con una máxima de 50 km/h y una velocidad en los cruces de 30 km/h.

Los vehículos del tranvía de Barcelona

El tranvía propuesto es el modelo Citadis 302 de Alstom. Es una unidad de tranvía autónoma, bicabina, articulada y con piso bajo integral, 100 por ciento. El vehículo consta de cinco módulos articulados. Los dos extremos del tranvía están equipados con cabina de conducción y disponen de los motores de tracción. De las 12 puertas de acceso de cada vehículo, 4 están diseñadas para facilitar el acceso de personas con movilidad reducida. El acceso al interior del tranvía se realiza fácilmente, ya que las puertas están situadas a la misma altura que el andén de las paradas.

Cada tranvía incorpora 4 motores asíncronos trifásicos, compactos, ligeros y de alto rendimiento, con una potencia de 120 kW, por lo que el tranvía presenta una potencia total de 480 kW. La tensión eléctrica de alimentación es de 750 V en corriente continua. El equipo de tracción es del tipo Onix 800, con semiconductores IGBT, con electrónica de potencia tipo Agate Control. La aceleración media es de 1,0 metros por segundo al cuadrado y la velocidad máxima es de 70 km/h. El equipo de frenado consta de freno de servicio, eléctrico y mecánico, freno de urgencia, mecánico y electromagnético, freno de emergencia, eléctrico, mecánico y electromagnético, y freno de estacionamiento. El frenado está dotado del sistema antipatinaje y antideslizamiento.

La capacidad de transporte es de 300 personas con 64 plazas sentadas y 2 plazas para personas de movilidad reducida. Los asientos están dispuestos de forma transversal. El ancho de vía es de 1.000 mm, vía métrica. La longitud del tranvía es de 32,55 metros, la anchura de 2,65 m, la altura de 3,47 m y el peso es de 40 toneladas. Son vehículos climatizados con ventilación, calefacción y aire acondicionado.

En la atención al viajero cuenta con megafonía, indicadores exteriores de destino, frontales y laterales, anunciador de estaciones, alarma de viajeros con interfono, sistema de validación de billetes y estribo desplazable para facilitar el acceso de las personas con movilidad reducida.

En la ayuda a la conducción presenta control eléctrico y electrónico, telefonía de comunicación entre las dos cabinas, sistema de detección e identificación de vehículos, sistema de telecontrol de los cambios de agujas, registrador taquígrafo, autodiagnóstico y registro de incidencias y averías, retrovisor exterior utilizando videocámaras y visualización del interior del vehículo desde la cabina.

La infraestructura del tranvía de Barcelona

La plataforma del tranvía dispondrá de vía doble en todos los tramos con la excepción de un tramo de la línea T2 y dos tramos de la línea T3. La anchura de la plataforma será de 8,5 metros en los tramos sin andenes, de 11,85 m en los tramos con andenes laterales y de 11,50 m en los tramos con andén central.

La electrificación del tranvía de Barcelona

La electrificación del tranvía de Barcelona contará con un sistema de gestión y control de las subestaciones eléctricas e instalaciones fijas diseñado e instalado por Sainco, empresa del grupo Abengoa. El

citado sistema tiene dos responsabilidades esenciales, por un lado realizar el telecontrol de los elementos susceptibles de ser maniobrados de forma remota y registrar el estado de los elementos que necesitan ser supervisados de forma remota. El sistema tiene la posibilidad de incrementar su capacidad, ser ampliado y extendido, por mera adición de nuevo equipamiento.

Los componentes principales de este sistema son una serie de instalaciones de campo, un centro de control, un conjunto de sensores y un equipo de comunicaciones. Las instalaciones de campo susceptibles de ser explotadas de forma remota no forman parte estrictamente del propio sistema, pero sí definen gran parte de las características de aquél al ser el objetivo final del control. El centro de control está formado por uno o varios ordenadores dotados de un programa con la misión de centralizar la información recibida, representarla de forma simbólica, facilitar el uso de dicha información y servir de medio para enviar las órdenes que se deseen ejecutar en los elementos de campo.

Los sensores están instalados en una serie de estaciones remotas con la misión de captar los datos que se generan en las instalaciones controladas y enviarlos al centro de control para su procesamiento, así como recibir las órdenes que provengan del centro de control y ejecutarlas en los elementos de campo. El sistema de comunicaciones conecta el conjunto de componentes y permite que tanto los estados de los elementos como las órdenes sobre ellos se transmitan de forma fluida y segura.

Las instalaciones de campo están formadas por las subestaciones eléctricas, los equipos de control y gestión y las instalaciones fijas. El sistema permite regular el flujo de energía desde la red de distribución de la compañía suministradora hasta la catenaria, pasando por las subestaciones de tracción. Se instalarán 6 subestaciones de tracción denominadas Carlos III, Collblanc, Rayo Espulgues, Cornellà, Walden y Talleres. Se gestionan los aparatos encargados de cortar o habilitar el flujo de energía a la catenaria, las alarmas asociadas a dichos aparatos y a la subestación y los valores analógicos de tensión, intensidad y potencia activa.

Las instalaciones fijas configuran los puntos de parada del tranvía y son por tanto los puntos de subida y bajada de pasajeros. La instalación constará de 30 estaciones y el sistema gestionará ciertos servicios situados en ellas como alumbrado y suministro de energía, alarmas de las máquinas expendedoras de billetes, megafonía y red de transmisión.

El objetivo principal del sistema, como de todo sistema de control, es garantizar la explotación remota de las instalaciones de campo mejorando los niveles de calidad en el servicio que se conseguirían con una explotación local. La ventaja principal del sistema de control centralizado reside en disponer de una visión de conjunto de las instalaciones que facilita la toma de decisiones. Por otra parte, el disponer de la información centralizada en un único punto abre las puertas a un mejor procesamiento de la información con el fin de obtener nuevos servicios.

La señalización del tranvía de Barcelona

En cada cruce viario, el sistema de señalización toma en cuenta los diferentes itinerarios de los tranvías para regular los movimientos del resto de vehículos y de los propios tranvías. Las luces de los semáforos están reguladas por controladores viarios y la priorización tranviaria se obtiene por medio de la solicitud automática enviada desde el tranvía tras la detección de la situación realizada por el propio sistema de señalización tranviaria.

El tranvía circulará segregado del resto del tráfico, en plataforma reservada, excepto en los cruces. La señalización estará dotada de un sistema de telecontrol de los cambios de agujas en los desvíos y escapes, y se representará gráficamente tanto la posición de las agujas como las indicaciones de las señales y la ocupación o desocupación de los circuitos de vía. La información se obtendrá de los diferentes enclavamientos de seguridad y equipamientos de campo.

Parte del equipo de señalización y los accionamientos de las agujas de los desvíos han sido pedidos a la empresa alemana Hanning&Kahl, que está representada en España por Pasch y Cía.

Tranvías de Valencia y Alicante

En Alicante, en diciembre de 2001, comenzaron las obras de la nueva línea tren—tranvía de Alicante—Benidorm—Altea, en los tramos de Campello a Vila-Joiosa y del puente sobre el río Amadorio en la propia Vila-Joiosa. El tramo en obras de Campello a Vila-Joiosa tiene una longitud de 17,4 kilómetros de vía única y 708 metros de vía doble, con un radio mínimo de 115 metros y una pendiente máxima del 2,76 por ciento. En este tramo se construirán 11 estaciones de viajeros y dos subestaciones eléctricas de tracción.

Una vez modernizado el trazado, la vía y las estaciones y una vez electrificada la línea, se utilizarán vehículos tren-tranvía que alcanzarán la velocidad máxima de 120 km/h en la infraestructura ferroviaria y que entrarán en la ciudad sirviéndose de la infraestructura tranviaria y conviviendo con los peatones y los automóviles. En la ciudad se generarán dos líneas.

CUADRO 4: **Características técnicas esenciales del tranvía Citadis de Barcelona**

- **Composición autónoma:** Bidireccional, 5 módulos articulados y dos cabinas de conducción
- **Tensión eléctrica:** 750 V en corriente continua
- **Equipo de tracción:** Onix 800 con semiconductores IGBT
- **Electrónica de potencia:** Agate Control
- **Motores:** 4 de 120 kW de potencia unitaria
- **Equipo de frenado:** freno de servicio (eléctrico + mecánico), freno de urgencia (mecánico + electromagnético), freno de emergencia (eléctrico + mecánico + electromagnético) y freno de estacionamiento. Sistemas antipatinaje y antideslizamiento.
- **Aceleración media:** 1,0 metros por segundo al cuadrado
- **Velocidad comercial:** máxima 70 km/h y media 20 km/h
- **Capacidad de transporte:** 300 personas con 64 plazas sentadas y 2 plazas para personas de movilidad reducida
- Asientos en disposición transversal
- **Longitud:** 32,55 metros
- **Anchura:** 2,65 metros
- **Altura:** 3,47 metros
- **Diámetro de las ruedas:** 590 mm nuevas y 530 mm desgastadas
- **Peso del tranvía:** 40 t vacío y 56,65 t cargado
- **Puertas en cada lateral:** 6 (2 sencillas y 4 dobles, de las cuales 2 para acceso movilidad reducida)
- **Anchura libre en las puertas:** 800 mm en las sencillas y 1.300 mm en las dobles
- **Materiales de la estructura y caja:** aluminio y acero
- Piso bajo: integral
- **Altura del piso:** 320 mm en las puertas y 350 mm en el interior en el ancho del pasillo de intercirculación
- **Climatización:** ventilación, calefacción y aire acondicionado
- Control eléctrico y electrónico
- Telefonía de comunicación entre las dos cabinas
- Sistema de detección e identificación de vehículos
- Sistema de telecontrol de los cambios de agujas
- Megafonía
- Indicadores exteriores de destino, frontales y laterales
- Anunciador de estaciones
- Alarma de viajeros
- Registrador taquígrafo
- Sistemas de ayuda a la conducción y de apoyo al mantenimiento
- Retrovisor exterior utilizando videocámaras
- Visualización del interior del tren desde la cabina
- Sistema de validación de los billetes o títulos de transporte

Una de las líneas del metro de superficie de Alicante es paralela a la costa y enlazará la futura gran estación ferroviaria intermodal de Alicante donde confluirán trenes de cercanías, trenes de alta velocidad, trenes regionales y enlace ferroviario con el aeropuerto, con la zona de la Albufereta, Condomina, San Juan, Campello, Vila-Joiosa, Benidorm y Altea. Esta línea se completará con ramales a la zona del Cap Huertas, Terra Mítica y avenida de Europa en Benidorm. La obra civil de esta línea necesitará una inversión de 363 millones de euros donde se incluyen los talleres y cocheras de los vehículos.

Esta línea de paseo marítimo contará con 39 estaciones en superficie y 3 estaciones subterráneas, 11 subestaciones eléctricas de tracción, radio mínimo en la plataforma ferroviaria de 115 metros y radio mínimo en la plataforma tranviaria de 30 metros, velocidad máxima en la plataforma ferroviaria de 120 km/h y velocidad máxima en la plataforma tranviaria de 50 km/h, pendiente máxima del 4 por ciento, aunque existirá un punto extraordinario con pendiente del 5,5 por ciento, y altura de andén sobre la superficie de rodadura de los carriles de 33 centímetros.

La otra línea de Alicante conectará la gran estación intermodal con los barrios del interior de la ciudad de Alicante y el Campus Universitario prestando servicio también al hospital de la Residencia Sanitaria. Esta línea tiene prevista una prolongación hasta la zona denominada Babel para atender las demandas de los barrios situados en la parte sur de Alicante.

Las dos líneas tranviarias de Alicante tendrán un tronco común, que conectará la estación ferroviaria intermodal con el mercado y será construido en trazado subterráneo.

Alicante será la cuarta ciudad española que recupere el tranvía como ferrocarril urbano. Mientras se decidía la implantación del tren—tranvía en la línea Alicante—Denia han estado funcionando tranvías Combino de Siemens con carácter experimental en el tramo que une la Porta de la Mar y la Albufereta, con un recorrido de 3,5 km.

En Valencia, en el año 2003 comenzará la construcción de la línea tranviaria T-2 de Metro de Valencia, que necesitará una inversión superior a los 210 millones de euros. La parte subterránea, comprendida entre Marqués de Sotelo y el río Túria se ejecutará utilizando dos sistemas diferentes. Por un lado se excavará en falso túnel desde Marqués de Sotelo hasta la plaza del Ayuntamiento y por otro lado utilizando una tuneladora entre la plaza del Ayuntamiento y el cauce del río Túria. El pozo común de extracción de los materiales excavados se situará en la plaza del Ayuntamiento. La construcción de la nueva línea T-2, tramo Orriols/Torrefiel—Xàtiva constituirá un nuevo eje de conexión que potencia y mejora la conectividad general de la red de Metro de Valencia, por medio de intercomunicar las zonas norte y centro de la ciudad.

En el área donde se construirá el tramo desde Marqués de Sotelo a la plaza del Ayuntamiento están proyectadas dos obras subterráneas superpuestas, una la de la línea tranviaria y otra la del túnel pasante de la red arterial ferroviaria explotada por Renfe.

Las estaciones de Marqués de Sotelo y Xàtiva de la línea T-2 del tranvía y la estación de Xàtiva de la línea 3 del metro tendrán conexión directa a nivel de andén. De esta forma se conformará un importante intercambiador de transportes en el entorno de la actual estación de Xàtiva, con acceso compartido a la línea 3 de metro y a la del tranvía desde el primer andén.

En el casco histórico se construirán dos estaciones subterráneas, una en la plaza del Mercado denominada Mercado, y otra junto al mercado de Mossén Sorell, denominada Carmen. En el borde del antiguo cauce del río Túria se construirá otra estación frente a las Torres de Serranos, denominada Serranos. Los accesos a esta última estación se abrirán en el lado del casco histórico para aproximar el recorrido peatonal a la plaza de la Virgen.

En el antiguo cauce del Túria, el trazado de la línea tranviaria pasa sobre el futuro túnel pasante de la red arterial ferroviaria y emerge al norte de la estación de Pont de Fusta para discurrir en superficie por la calle Almazora, avenida Alfahuir, Duque de Mandas, San Vicente de Paúl y Hermanos Machado, pasando junto al campo de fútbol del Levante y el Monasterio de San Miguel de los Reyes, que alberga la Biblioteca Valenciana.

En esta zona se establecerán paradas en Almazora (calle Convento Carmelitas), Maximiliano Thous (avenida Primado Reig) y Alfahuir (calle Torreta Miramar). En dirección a Orriols, se implantarán las paradas de San Vicente de Paul, Estadio Levante, San Miguel de los Reyes (frente al Monasterio) y Conde Lumiares (plaza del Tossal del Rei). En dirección al centro tendrá parada en Duque de Mandas frente a la Iglesia de San Jerónimo.

La estación subterránea del Mercado Central ha sido decidida por la Conselleria de Obres Publiques, Urbanisme i Transports asegurando que la decisión ha sido tomada tras tener informes arqueológicos y geológicos del terreno que avalan la disposición técnica para poder ubicar esta estación entre el Mercado Central y la Lonja. La citada estación estará ubicada a 23 metros de profundidad y se trata de una de las obras de construcción más complicada desde el punto de vista tecnológico que se va a realizar en la ciudad de Valencia por la estructura y la antigüedad de los edificios colindantes.

El lugar exacto de la estación de Mercado, elegido en la confluencia de la calle Trench, la avenida María Cristina y la plaza del Mercado es, según los datos del informe arqueológico, una zona extramuros donde estaba situado *El Fosar*. Por ello, señala la Generalitat Valenciana, es prácticamente imposible encontrar en este área cualquier resto arqueológico que haya de ser conservado por su valor histórico.

La línea tranviaria T-4 de Metro de Valencia, la que se inauguró en mayo de 1994 y reintrodujo el tranvía en España, va a ser prolongada desde el barrio de la Coma hasta la urbanización de Valterna, dentro del municipio de Paterna, en el oeste del área metropolitana de la ciudad.

La línea T-4 ha transportado 5.789.082 viajeros en el año 2001, con una frecuencia de paso por las paradas de 6 minutos en hora punta y 10 minutos en el resto de la jornada.

La primera línea del tranvía de Valencia

La línea tranviaria T-4 de Metro de Valencia aprovechó el trazado de la antigua línea 4 de Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana que se había cerrado en 1990, comenzando en la estación de Empalme y culminando en el Grao. Esta línea de 10 km atraviesa los barrios de Benicalap, Zaidia, Benimaclet y Marítimo, además de dar servicio a la zona universitaria que origina diariamente grandes flujos de desplazamientos.

La construcción de la línea tranviaria llevó aparejada una ambiciosa reorganización urbanística que ha servido para mejorar el ambiente y paisaje urbano del área. En la mitad del recorrido, junto a la antigua estación de Pont de Fusta, Puente de Madera, se generó un bucle que facilita el acceso desde la margen izquierda del antiguo cauce del río Túria al centro histórico de la ciudad situado en la margen derecha.

En marzo de 1999 se puso en servicio la primera prolongación de la línea T-4 conectando Empalme con el centro de emisiones de Canal Nou de la televisión pública valenciana, por medio de una plataforma reservada de 2.362 metros de vía doble. Esta prolongación atiende las necesidades de accesibilidad del Campus Universitario de Burjassot. En diciembre del mismo año 1999, se inauguró un ramal desde el centro televisivo hasta el recinto de la Feria de Muestras de Valencia. Los tranvías prestan servicio en este ramal en los días de feria y las vísperas.

La línea T-4 tiene intercambiadores con las líneas 1 y 2 de metro en la estación de Empalme y con la línea 3 en la de Benimaclet. La línea transcurre en plataforma reservada excepto en cruces de gran conflictividad como es el caso del correspondiente a la avenida de Primado Reig que se regula en función del tráfico existente en cada momento. La línea está dotada de prioridad semafórica lo que permite alcanzar a los tranvías una velocidad media de 20 a 22 km/h donde los automóviles no superan los 14 km/h.

Al igual que las unidades de metro, los tranvías se encuentran en contacto permanente, por medio del sistema de radiocomunicación, con el puesto de mando del control de tráfico centralizado de Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana.

Los vehículos del tranvía de Valencia

Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana encargó, a primeros de 1992, 21 tranvías de piso bajo a las industrias fabricantes Siemens y Duewag. Las empresas CAF y Alstom Transporte fabricaron las cajas y montaron los equipos suministrados por las otras compañías. Los vehículos comenzaron a prestar servicio en la primavera de 1994. Más tarde, Metro de Valencia (FGV), adquirió otros tres vehículos iguales a los 21 primeros y ahora explota 24 tranvías.

Con tracción asíncrona trifásica el equipo eléctrico es potente y de bajo mantenimiento. El sistema de mando y control se basa en el uso de microprocesadores. La propulsión se realiza en ejes individuales con motores en posición transversal y totalmente suspendidos. La redundancia en el equipo de tracción se logra por medio de la incorporación de equipos independientes para los motores de cada carretón o bogie. El tranvía va dotado de sistemas de localización y diagnosis de incidencias y radiocomunicación permanente con el puesto de mando.

Es un vehículo de bajo consumo energético que devuelve electricidad a la catenaria con la energía cinética producida en el frenado. Presenta alta comodidad para los viajeros con piso bajo de 350 mm sobre la superficie de rodadura en el 70 por ciento del vehículo, excepto en las zonas extremas de bogies motores que sube a 560 mm. Son tranvías dotados de aire acondicionado y con teleindicadores y megafonía para la información.

Se trata de un vehículo formado por tres coches articulados que descansan sobre dos bogies motores situados en los extremos y un bogie portante colocado bajo la caja central. Es unidireccional con una cabina de conducción y cuatro puertas de acceso situadas en el lateral derecho. El freno eléctrico es complementado con el freno oleodinámico de discos que van situados en todos los carretones. También

incorpora freno electromagnético de patín para emergencias. Las ruedas son elásticas y los enganches automáticos.

Las cajas forman un único habitáculo. Los testeros de aspecto aerodinámico y el carenado a lo largo de los costados son de poliéster reforzado. Una gran luna frontal antiimpacto proporciona gran visibilidad y protección a la persona que conduce el tranvía.

El piso del interior del tranvía se sitúa al mismo nivel que los andenes de las paradas facilitando un cómodo y seguro acceso a las personas con movilidad reducida. Las puertas son automáticas y de doble hoja, de accionamiento eléctrico y se desplazan en la apertura y cierre en paralelo al costado exterior del vehículo. Los vehículos están dotados de climatización y de unas grandes ventanas que permiten disfrutar del luminoso clima mediterráneo de la ciudad.

La infraestructura, electrificación y señalización del tranvía de Valencia

La modernización y renovación de la línea 4 de FGV fue contratada con la unión temporal de empresas formada por Comsa, Cobra y Etra, que también recibieron el encargo de construir los talleres y cocheras de la avenida de los Naranjos. El proceso constructivo de la vía se realizó con un método innovador con el objetivo de lograr una gran confortabilidad y un alto grado de asilamiento acústico. El carril Ri-60, tipo Phoenix, fue embebido en elastómero sobre losa de hormigón.

El encofrado de la losa de hormigón configura por medio de los cajetines de alojamiento del carril la calidad del trazado, ya que son escasos los milímetros de tolerancia admitidos en los espesores de elastómero, que rellena el cajetín, une el carril y la losa. El encofrado debe realizar su función tanto en vía recta como en curva, con radios, a veces, de 22 metros y en las zonas donde se deben instalar desvíos, escapes o travesías. Los aparatos de vía fueron suministrados por la empresa JEZ Sistemas Ferroviarios.

La fijación del carril, sin el auxilio de traviesas, ha exigido el curvado previo de los perfiles en taller con todo un proceso de definición geométrica y replanteo de cada una de las barras. Para el montaje de vía se tuvieron que diseñar gatos de nivelación, de vía y desvíos, galgas de nivelación, cuñas de alineación y tensores para el control del ancho de vía, que es de 1.000 mm, o vía métrica.

En los criterios de diseño de la línea aérea de contacto destinada a alimentar energéticamente el tranvía primó ante todo la necesidad de evitar el impacto visual. La redacción del proyecto de electrificación y la instalación fueron realizadas por Cobra Ferrocarriles dentro de la unión temporal de empresas antes referida. Los postes instalados, que a su vez sirven de luminarias, son de chapa galvanizada, de diversas alturas y acabados en oxidón negro. Se ha instalado una catenaria especial suprimiendo el hilo de sustentación y las péndolas, e instalando un hilo de contacto que se apoya sobre ménsulas tubulares o sobre pórticos de cable aislante. Para compensar la tensión mecánica de la catenaria se han diseñado postes especiales en cuyo interior se han colocado los contrapesos.

Se construyeron tres subestaciones eléctricas de tracción estratégicamente situadas para reducir las caídas de tensión. Dos subestaciones tienen una potencia de 2.000 kVA y la otra tiene una potencia de 3.000 kVA con entrada por línea subterránea de 20 kV en corriente alterna y salida de 750 V en corriente continua, que es la tensión eléctrica de la catenaria. Una de las subestaciones es subterránea.

El sistema de ayuda a la explotación, o señalización tranviaria, fue proyectado y realizado por la empresa Etra que forma parte, como Cobra Ferrocarriles, del grupo constructor ACS. Este sistema consiste, básicamente, en conectar, vía radio, un puesto central fijo con las unidades móviles que circulan por el trazado tranviario. Esta comunicación se establece por medio de dos canales, uno para fonía y otro para datos. El canal de datos permite en tiempo real conocer la posición de cada tranvía y por tanto ayuda a cumplir el horario previsto, transmitir indicaciones al conductor del vehículo y procesar la información.

La electrificación del tren-tranvía de Alicante

Siemens está realizando la electrificación de los tramos Finca Adoc—Condomina, Costa Blanca—Salesians y Campello—Vila—Joiosa. Siemens también realizó la electrificación del tramo de pruebas realizado en el interior de la ciudad de Alicante. Esta empresa industrial aporta soluciones técnicas que compatibilizan una electrificación ferroviaria con un desarrollo armónico del entorno urbano. Para ello utilizan una catenaria de diseño específico, tipo catenaria invisible, de bajo impacto visual y materiales que además de cumplir su función industrial presentan un diseño arquitectónico adecuado.

Junto a la catenaria *invisible* se instalan acumuladores estáticos de electricidad basados en ultracondensadores que acumulan la energía de frenada de los vehículos y reducen el consumo neto de energía de la instalación. Esto presenta un doble efecto ya que la reducción de consumo energético repercute beneficiosamente en los gastos de explotación y disminuye el impacto ambiental.

Se aplica un doble aislamiento de la catenaria por medio del uso de materiales aislantes (ménsulas y cables de material sintético), que garantizan la seguridad de los transeúntes y del tráfico.

Las subestaciones ocupan un espacio mínimo y son de muy bajo coste de mantenimiento, habiéndose eliminado criterios procedentes del ferrocarril interciudades y de las grandes distancias.

Según Siemens, el redescubrimiento de los tranvías en España y el impulso que varias ciudades están dando a este medio de transporte como alternativa competitiva en el transporte de viajeros en el interior de los núcleos urbanos y en los desplazamientos realizados por el ámbito metropolitano, está propiciando un nuevo enfoque en la actividad tradicional de electrificación ferroviaria.

Desde el punto de vista de la gestión de la infraestructura por parte de los nuevos explotadores, cabe destacar que, aunque se emplean dos modelos fundamentales, la gestión de la nueva infraestructura derivándola de una administración ferroviaria pública existente, como son los casos de Alicante, Valencia, Bilbao o Barcelona, o generándola donde no existe, casos de Sevilla, Coruña, Málaga, Las Palmas o Vigo, es habitual buscar una responsabilidad integrada para la gestión del proyecto. Una responsabilidad integrada para la ejecución, con contratación de proyecto y obra, y para el mantenimiento. Esta modalidad hace que el peso en el diseño del sistema pase desde la administración pública promotora a la empresa, o grupo de empresas, que redactan y ejecutan el proyecto.

El tranvía de Metro do Porto

En noviembre de 2002 está previsto inaugurar la línea azul de Metro do Porto que conectará Trindade con Matosinhos. En septiembre de 2003 se pondrá en servicio el tramo de la línea azul de Campanhã a Trindade. En octubre de 2003 comenzará la circulación del tranvía en la línea *vermelha* (roja) desde Campanhã a Pedras Rubras, y en la línea verde desde Campanhã a Mandim Nova. En mayo de 2004, se culminará el proyecto con la inauguración de la línea *amarela* (amarilla) desde Santo Ovídeo al Hospital de São João, y la puesta en marcha de los tramos Pedras Rubras—Póvoa de Varzim, línea roja, y Mandim Nova—Trofa, línea verde. El tramo de Campanhã a Trindade y Senhora da Hora es un tronco común de las líneas azul, roja y verde. La línea amarilla se cruza con las otras tres en Trindade.

La red de Metro do Porto, de 70 km de longitud y ancho de vía europeo de 1.435 mm, atenderá la accesibilidad del área metropolitana de Porto conectando entre sí las ciudades de Porto, Gaia, Maia y Matosinhos. Los talleres y cocheras se construirán en Guifões, cerca de la estación de Custóias, y en São João. En una segunda fase, que implicará la construcción de 35 km más de líneas, está previsto prolongar la línea azul desde Senhor de Matosinhos hasta Exponor y, por el otro extremo, desde Campanhã a Gondomar; conectar el aeropuerto con la línea roja en Crestins; extender la línea amarilla desde Santo Ovídeo a Vila Nova de Gaia y desde Hospital de São João hasta Parque de Maia y crear una nueva línea desde avenida de França a Gaia pasando por Santo Ovídeo.

El cruce de la línea amarilla sobre el río Duero, entre São Bento—San Benito y General Torres, generará un nuevo puente, Ponte do Infante, que ha sido proyectado y está siendo ejecutado por las empresas Edifer y Necso. Tendrá un tablero de 371 metros de longitud, un vano de 280 m y una altura sobre el río de 25 metros. El tablero será de 20 m de ancho con dos vías en cada sentido, separador central y paseos laterales.

La empresa consultora de ingeniería Sener ha prestado asistencia técnica a Metro do Porto en la adjudicación de todas las obras de infraestructura del metro de superficie de Porto en curso.

La demanda esperada es de 8.900 viajeros por hora y sentido en el año 2010, y de 220.000 viajeros/día en 2003. Los intercambiadores modales más importantes se generarán en Trindade, Santo Ovídeo, Hospital de São João, Senhora da Hora, São Bento, Campanhã y General Torres. En São Bento está la estación terminal de Porto del ferrocarril de grandes distancias, en General Torres se cruzan la línea tranviaria de Metro do Porto y la línea ferroviaria explotada por CP y en Gondomar se generará la gran estación de Porto del ferrocarril pasante de la Fachada Atlántica que conecta Lisboa con Porto, Braga, Vigo y Coruña.

La velocidad media comercial en el tronco común, desde Senhora da Hora a Campanhã, será de 27 km/h, y la frecuencia del servicio será de 4 minutos en hora punta. El período de funcionamiento será de 365 días por año y de 20 horas por día, desde las 5h30 de la mañana a las 1h30 de la madrugada. El servicio se coordinará con las otras empresas de transporte de autobuses y trenes, como STCP y CP.

El tiempo de viaje será de 13 minutos entre Senhora da Hora y Trindade, de 6 minutos entre Trindade y Campanhã, de 11 minutos entre Hospital de São Joao y Trindade, de 10 minutos entre Trindade y Santo Ovídeo. Desde Senhora da Hora hasta Póvoa de Varzim se tardará 36 minutos, hasta Trofa, 33 minutos, y hasta Senhor de Matosinhos, 19 minutos.

Los vehículos de Metro do Porto

Los 72 tranvías de Metro do Porto son del tipo Eurotram de Bombardier y derivan del tranvía concebido, diseñado y fabricado para Estrasburgo, la ciudad francesa que alberga al Parlamento Europeo

junto a Bruselas. Es un vehículo ligero, articulado, bidireccional y de piso bajo integral, compuesto por 7 módulos que están formados por 2 cabinas de conducción, 3 coches de viajeros y dos módulos de intercomunicación. El tranvía puede circular en composición simple o en composición doble.

Tiene una capacidad de transporte, en composición simple, de 291 viajeros con 80 plazas sentadas. Hay dos espacios reservados para las personas con movilidad reducida. El ancho de vía es el europeo de 1.435 mm, la tensión de alimentación es de 750 voltios en corriente continua, y la velocidad máxima es de 80 km/h. Presenta una potencia de 540 kW, con 12 motores asíncronos trifásicos independientes situados en 3 carretones o bogies. El sistema de frenado puede actuar en tres formas diferentes, conocidas como freno normal o de servicio, freno de emergencia y freno de socorro. La tecnología de frenado utiliza cuatro tipos de freno, el eléctrico de recuperación que devuelve energía a la catenaria, el electrooleodinámico, el electromagnético y el de estacionamiento.

La confortabilidad de los viajeros está garantizada por la climatización basada en los equipos de aire acondicionado, la luminosidad aportada por los grandes ventanales de cristales ahumados, la espaciosidad interior, los amplios pasillos de intercirculación, la suspensión neumática con autonivelación y los sistemas de atención e información al viajero.

Es un vehículo versátil y flexible que puede atender tanto al transporte ferroviario urbano, caracterizado por cortos recorridos entre paradas, muchos ciclos de aceleración y frenado y velocidades medias relativamente bajas, como al transporte ferroviario metropolitano, conformado por viajes más prolongados, paradas más espaciadas y velocidades medias próximas a la velocidad máxima del tranvía. El buen rendimiento que presenta en la explotación permite obtener ahorros energéticos apreciables.

La fabricación de los tranvías de Metro do Porto es realizada por Bombardier en las factorías que posee en Amadora, Portugal, y en el Reino Unido e Italia. Las principales empresas portuguesas suministradoras de componentes son Monte Meão, Covina, Polímetro, Sireme, Mtech y Quinaço.

Los proyectos de tranvías en otras ciudades de la Península Ibérica

La Coruña tiene en marcha un proyecto de recuperación del tranvía. Hace años la ciudad recibió una indemnización a causa de un vertido de petróleo generado por un barco que sufrió un accidente en el mar ante la ciudad. Con este dinero se puso en marcha un tranvía turístico que bordea la línea de la costa entre la Torre de Hércules y el Castillo de San Antón. El material rodante que se puso en servicio es antiguo, pero el municipio desea encajar esta línea turística en una moderna red de tranvías. Siemens ha prestado material actual, su modelo Combino, y ha electrificado también el tramo Náutico—Puerta Real.

También están elaborando proyectos de reintroducción del tranvía, ciudades como Granada, Madrid, Málaga, Vélez—Málaga, Vigo, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria, Coimbra y Almada (margen sur del Tajo en Lisboa).

Índice de Empresas

Empresas públicas de transporte

- Caminhos de ferro Portugueses (CP).
<http://www.cp.pt>
- *Cercanías—Renfe*.
<http://www.renfe.es>
- Companhia Carris de Ferro de Lisboa (CARRIS).
<http://www.carris.pt>
- *EuskoTran*, entidad de *Eusko Trenbideak—Ferrocarriles Vascos*.
<http://www.euskotren.es/euskotran>
- Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC).
<http://www.fgc.net>
- Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV), *Metro de Valencia* y *tren—tranvía de Alicante*.
<http://www.fgv.es>
- *Metro do Porto*.
<http://www.metro-porto.pt>

CUADRO 5: Características técnicas esenciales de los tranvías de Porto

- Composición: articulada bidireccional de 3 coches, 2 módulos de intercomunicación y 2 cabinas de conducción
- **Composición máxima:** 2 unidades acopladas
- **Tensión de alimentación:** 750 V en corriente continua
- **Motores:** 12 asíncronos trifásicos independientes con 45 kW de potencia, y 4 motores en cada bogie motor
- **Convertidores:** 3 convertidores de tracción con dos inversores de semiconductores IGBT
- **Velocidad máxima:** 80 km/h
- **Aceleración:** 1,1 metros por segundo al cuadrado
- **Deceleración de servicio:** 1,2 metros por segundo al cuadrado
- **Deceleración de emergencia:** 2,4 metros por segundo al cuadrado
- **Sistema de frenado:** 4 tipos de freno, eléctrico, electrooleodinámico, electromagnético y de estacionamiento
- **Capacidad de transporte:** 291 viajeros con 80 asientos
- **Piso bajo:** integral en el 100 por ciento del vehículo, a 356 mm de la superficie de rodadura de los carriles.
- **Longitud:** 35.005 mm
- **Anchura:** 2.650 mm
- **Altura:** 3.300 mm
- **Puertas:** 12 puertas, 6 en cada lateral, de 1.350 mm de abertura
- **Carretones:** 3 bogies motores y 1 bogie remolque
- **Climatización:** Aire acondicionado
- **Ancho de vía:** 1.435 mm

Empresas público-privadas de transporte

- *Transdev*, empresa francesa que se define como «sociedad europea para el desarrollo del transporte público» y que está presente en más de 50 ciudades francesas, está también presente en otros cuatro Estados: Reino Unido (Londres y Nottingham), Italia (Turín y Roma), Portugal (Porto) y Australia (Melbourne y Sydney). *Transdev* es la filial de transporte del grupo Caisse des dépôts—développement (C3D) que reúne todas las participaciones de la *Caisse des dépôts et consignations* en el ámbito del desarrollo local (*Compagnie des Alpes*, *VVF*, *Egis*, *Scic*). C3D dispone del 99 por ciento del capital social y *Dexia* del otro 1 por ciento. A su vez, *Transdev* posee 75 filiales.
<http://www.transdev.fr>

Empresas privadas de transporte

- *Connex*, filial de la francesa *CGEA* donde se encarga de la actividad del transporte público de viajeros. *CGEA* forma parte del grupo *Vivendi Environnement*. En el año 1998, la *Compagnie Générale des Eaux* se transformó en *Vivendi*. En el seno de este grupo, el área de medio ambiente agrupa a *Vivendi Water* (agua), *Onyx* (limpieza), *Dalkia* (energía) y *Connex* (transporte). La empresa francesa por medio de la asociación *FCC-Connex* está presente en la compañía privada *Tranvía Metropolità* que ha recibido la concesión de la línea tranviaria del área metropolitana de Barcelona entre la avenida Diagonal y el Baix Llobregat. Esta misma empresa francesa también está presente en Alemania donde explota más de 1.000 km de ferrocarril, Australia, Bélgica, Dinamarca, Filipinas, Finlandia, Noruega, Polonia, Portugal (*Fertagus*), Reino Unido y Suecia.
<http://www.cgea-transport.com>
- *Fertagus* es la empresa de transporte ferroviario de cercanías que explota la línea de 20 km de longitud desde Entrecampos, estación de Lisboa situada en la línea de cintura, hasta Fogueterio, en el área metropolitana de Lisboa situada en la margen sur del río Tajo. Comenzó la explotación de la línea en 1999 que cruza el Tajo por el puente 25 de Abril con 18 trenes de cuatro coches y dos pisos, del tipo de las UT 450 de *Renfe*, fabricados por *Alstom*. *Fertagus* está constituida por las empresas *Connex*, *Barranqueiro* y *Caixa General de Depósitos*.
<http://www.fertagus.pt>
- *Tranvía Metropolità* es el consorcio adjudicatario de la concesión pública del tranvía de Barcelona al Baix Llobregat formado por *Alstom*, 25 por ciento, las empresas constructoras *FCC*, *Necso* y *Comsa*, 42 por ciento, las empresas transportistas *FCC-Connex*, *Sarbus* y *Soler i Saurent*, 27 por ciento, y las entidades financieras *Banco de Sabadell* y *Société Générale*, con el 6 por ciento restante.
<http://www.trammet.com>

Empresas constructoras, industriales, consultoras de ingeniería, etc, implicadas en la reimplantación del tranvía en España y Portugal

- *ACS*, empresa española constructora de infraestructura para el transporte, que dispone del 23 por ciento del grupo *Dragados* y que en su diversificación está interesada en las concesiones de transporte urbano y metropolitano.
<http://www.grupoacs.com>
- *Alstom*, empresa francesa fabricante de trenes y de equipos de señalización que fabricará el tranvía de Barcelona en la factoría situada en Santa Perpètua de Mogoda.
<http://www.fr.alstom.com>
- *Bilbao Ría 2000*, empresa pública española integrada, a partes iguales por la administración general del Estado y las administraciones públicas autonómicas y locales del País Vasco y Bilbao. Su misión es recuperar zonas degradadas o áreas industriales en declive del Bilbao Metropolitano, en los ámbitos de Urbanismo, Transporte y Medio Ambiente.
<http://www.bilbaoria2000.com>
- *Bombardier*, empresa canadiense fabricante de trenes y de equipos de señalización que está suministrando los tranvías de Metro do Porto.
<http://www.bombardier.com>
- *CAF*, empresa española fabricante de trenes que está suministrando los tranvías de *EuskoTran* para Bilbao.
<http://www.caf.es>

- *Cobra Ferrocarriles*, empresa española del grupo *ACS* especializada en electrificación ferroviaria y que realizó la electrificación de la línea tranviaria T-4 de Metro de Valencia.
<http://www.grupocobra.com>
- *Comsa*, empresa española de alta especialización ferroviaria que forma parte de *Tranvía Metropolità* y construyó la infraestructura de la línea tranviaria T-4 de *Metro de Valencia*.
<http://www.comsa.com>
- *Elecnor*, empresa española de electrificación ferroviaria que está realizando la electrificación del tranvía de Bilbao.
<http://www.elecnor.es>
- *Etra*, empresa española del grupo *ACS* especializada en señalización urbana y que realizó la señalización de la línea tranviaria T-4 del *Metro de Valencia*.
<http://www.grupoetra.com>
- *FCC*, empresa española constructora de infraestructura ferroviaria que forma parte de *Tramvía Metropolità*.
<http://www.fcc.es>
- *Hanning & Kahl*, empresa alemana representada en España por *Pasch y Cía*. Diseña y fabrica equipos para la señalización tranviaria y accionamientos de las agujas de los desvíos. Ha suministrado equipos para los tranvías de Barcelona, Bilbao, Coruña y Valencia.
<http://www.hanning-kahl.de>
- Ingeniería para el Metro de Bilbao (IMEBISA), es una sociedad pública entre cuyos objetivos está la prestación de servicios técnicos de consultoría de ingeniería referentes a las infraestructuras del transporte ferroviario de titularidad pública en la Comunidad Autónoma del País Vasco.
<http://www.metrobilbao.net>
- *JEZ Sistemas Ferroviarios*, empresa fabricante de desvíos, escapes, travesías y otros aparatos de vía que tiene establecida una alianza estratégica con la firma austriaca *VAE* y que ha suministrado los desvíos de la línea tranviaria T-4 de Metro de Valencia y de la línea del tranvía de Bilbao.
<http://www.jez.es>
- *Necso*, empresa española constructora de infraestructura ferroviaria que participa en las concesiones públicas de *Tranvía Metropolità de Barcelona* y de la línea de metro regional de Madrid a Arganda.
<http://www.necso.es>
- *Sainco*, empresa española del grupo *Abengoa* que actúa en el ámbito de la electrificación ferroviaria fabricando telemandos de energía.
<http://www.telvent.com>
- *Sener*, empresa española consultora de ingeniería que asiste técnicamente a *Metro do Porto*, *Metro de Valencia*, *Metro de Madrid*, *Metro Bilbao*, *Tranvía Metropolità*, etc...
<http://www.sener.es>
- *Siemens*, empresa alemana fabricante de trenes y de equipos de señalización y electrificación que está realizando pruebas en España con su tranvía *Combino* y realizando instalaciones de electrificación tranviaria en Alicante y Coruña.
<http://www.siemens.com>
- *Speno*, empresa suiza fabricante de maquinaria para el mantenimiento de vía que suministra trenes amoladores con medición de la superficie de rodadura del carril y control de carriles por ultrasonido.
- *Tecsa*, empresa española constructora, de alta especialización ferroviaria, filial de *Dragados* con actividad en España, Portugal, Colombia y Belice, y participante en la obra civil y montaje de vía de la línea tranviaria de Bilbao.
<http://www.tecsa.es>