



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
ZARAGOZA

---

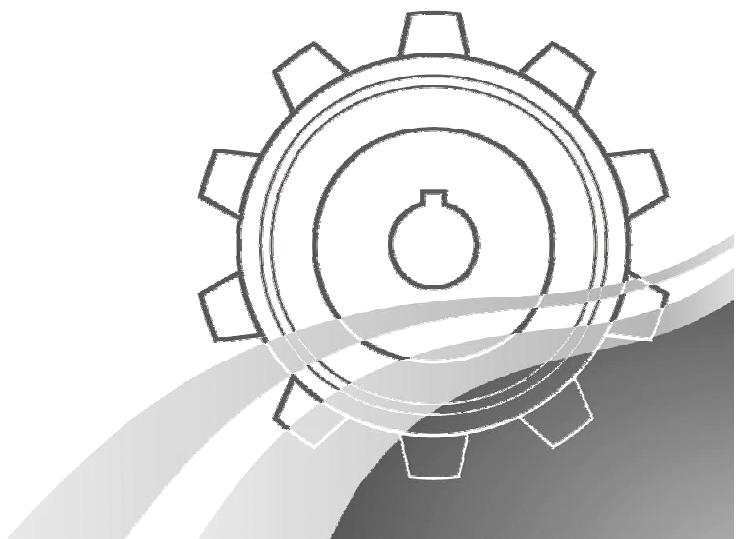
## PROYECTO FINAL DE CARRERA:

### *Estudio de los tranvías de España en la actualidad*

Carmen Castañer Castillo



**DIRECTOR**  
Luis Lezaún  
**ESPECIALIDAD**  
Mecánica  
**CONVOCATORIA**  
Junio 2010



## ÍNDICE

1.	Introducción .....	1
2.	Historia del tranvía.....	2
2.1	Historia del tranvía de Zaragoza .....	5
2.1.1	Antiguas líneas del tranvía.....	5
2.1.2	Las Primeras Máquinas.....	12
3.	Funcionamiento del tranvía.....	15
3.1.	Clasificación .....	17
4.	Tranvías de España en la actualidad .....	18
4.1.	Tranvías Comunidad Valenciana .....	19
4.1.1.	Valencia .....	19
4.1.2.	Alicante .....	22
4.2.	Tranvías País Vasco .....	25
4.2.1.	Bilbao.....	25
4.2.2.	Vitoria .....	28
4.2.3.	Leioa .....	30
4.3.	Tranvías Barcelona .....	31
4.3.1.	Barcelona Trambaix .....	31
4.3.2.	Barcelona Trambesós.....	35
4.3.3.	Barcelona Tranvía Blau .....	37
4.4.	Tranvía Región De Murcia .....	40
4.5.	Tranvía Comunidad De Madrid .....	43
4.5.1.	Madrid Mlm .....	43
4.5.2.	Madrid Mlo .....	46
4.5.3.	Parla .....	48
4.6.	Tranvía Tenerife.....	50
4.7.	Tranvía Andalucía.....	53
4.7.1.	Granada .....	53
4.7.2.	Jaén .....	55
4.7.3.	Vélez-Málaga.....	57
4.7.4.	Málaga.....	59
4.7.5.	Sevilla .....	61
4.7.5.1.	Metro Centro .....	61
4.7.6.	Otros proyectos en Andalucía.....	64
4.8.	Tranvía Islas Baleares.....	65
4.8.1.	Tranvía Sóller-Port De Sóller .....	65
4.8.2.	Palma Trambadía .....	67
4.8.3.	Tram-Tren Manacor-Artá .....	68
4.9.	Tranvía A Coruña .....	69
4.10.	Otros proyectos .....	73
4.10.1.	León .....	73
4.10.2.	Toledo .....	73
4.10.3.	Santander.....	73
4.11.	Tabla resumen .....	74
5.	Proyecto actual tranvía de Zaragoza .....	76
5.1.	Antecedentes .....	79
5.2.	Fases.....	80
5.3.	Especificaciones.....	81
5.3.1.	Especificaciones de la línea Norte- Sur tranvía de Zaragoza .....	82

5.3.2.    Material móvil: Características de los tranvías tipo.....	83
5.4.    Modelo de gestión.....	84
5.5.    Impacto ambiental.....	85
5.6.    Ventajas.....	87
5.7.    Inconvenientes .....	88
5.8.    Noticias en prensa.....	89
6.    Alternativas .....	91
7.    Conclusiones .....	93
8.    Bibliografía .....	95



## 1. INTRODUCCIÓN

Un tranvía (del inglés *tramway*, lit. "vía de rieles planos"), también llamado por su anglicismo *tram*, es un medio de transporte de pasajeros que circula por la superficie en áreas urbanas, en las propias calles, sin separación del resto de la vía ni senda o sector reservado. En algunos casos la vía férrea del tranvía puede transitar por vías públicas exclusivas y hasta cubrirse de hierba, integrándola aún más al paisaje urbano. [4]

En este proyecto se va a realizar un estudio comparativo de los tranvías actuales en funcionamiento en España, observando tanto sus características técnicas, su puesta en marcha, el material móvil que emplean y la cantidad de viajeros que los utilizan en cada ciudad desde su inicio. Como consecuencia de ese estudio se sacarán conclusiones para tener una idea general de cómo afectan los tranvías a las poblaciones y a sus núcleos urbanos, prestando especial atención al proyecto actual de la línea 1 del tranvía de Zaragoza.

Con este estudio se podrá conocer mejor el funcionamiento de las redes de tranvías en España (trayectos, inversiones, costes, materiales), y comparándolas se llegará a distintas conclusiones para poder plantear una mejora o ampliación para la nueva línea norte-sur de tranvías de Zaragoza.

Es importante conocer los grandes proyectos que se efectúan en nuestras ciudades, en los cuales muchas veces los ciudadanos no tenemos voto, pero si nos interesamos y los entendemos, podemos crearnos nuestra propia opinión, para favorecerlos o intentar mejorarlos o evitarlos en la medida que nos sea posible.

## 2. HISTORIA DEL TRANVÍA

A principios del siglo XIX se "descubrió" el tranvía como medio de transporte urbano. La Revolución Industrial provocó el crecimiento de las ciudades, y en consecuencia, se hizo urgente la necesidad de un sistema de transporte colectivo. [4,5]

En las ciudades españolas a causa de su lento proceso de industrialización y por ser una población mayoritariamente rural, no se pudieron implantar los nuevos sistemas de transporte urbano hasta la última parte del siglo XIX y principios del XX.

Los primeros vehículos fueron denominados en la época "tranvías de sangre", por ser de tracción animal, tirados por caballerías. Más tarde, la llegada de la electricidad arrinconó los distintos sistemas de tracción conocidos: caballos, vapor, cable...



2.1 Tranvía de tracción animal 1900 [16]

La historia de los tranvías en España empieza con tranvías de tracción animal en Madrid (1871), Barcelona (1972), Bilbao (1882) Valencia (1876) y Zaragoza (1885). En 1900 había un total de 20 ciudades que utilizaban tranvías de tracción animal.

En 1879 la línea de tranvía Madrid-Leganés, empieza a funcionar con tracción de vapor y en 1887 funciona la primera línea electrificada. En Barcelona se introduce la tracción por vapor en 1877 (a Sant Andreu), y la primera línea electrificada es de 1899. La primera ciudad en introducir el servicio de tranvía eléctrico fue Bilbao, con la línea Bilbao-Santurce, electrificada en 1896 y gestionada por una antecesora de la actual Transportes Colectivos. En Valencia el vapor comienza en 1892 y se electrifica la primera línea en 1900.

Al acabar la Guerra Civil, la mayoría de las redes de transportes públicos se encontraban en un estado lamentable, ya que a la falta de mantenimiento sufrida durante el conflicto había que añadir la escasez de materiales, la cual retrasaría el proceso de reconstrucción.

El progresivo retorno del transporte por carretera, la escasa capacidad financiera de las compañías de transportes y la falta de voluntad de la Administración para otorgar subvenciones que permitieran modernizar las redes de tranvías, motivaron que la mayoría de las instalaciones y el material móvil quedaran completamente obsoletos.

La solución para volúmenes intermedios de demanda era el Tranvía. Sin embargo, desde principios del siglo XX, se vio influenciado fuertemente por la aparición de los vehículos con motor de combustión interna (coche y autobús), que se presentaban como más modernos, flexibles y compatibles entre sí. Esto provocó que, a partir de los años 30, se iniciara la sustitución de líneas de tranvía por autobuses en los países más desarrollados. Este proceso se inició en España a principios de los años 60.

En muchas otras ciudades los tranvías fueron comunes durante gran parte del siglo XX, pero se fueron desmantelando en los años 60 y 70, aduciendo razones de entorpecimiento de tráfico por las calles de las grandes urbes, para después volver a ser considerados e introducidos en algunas ciudades a fines del siglo XX.



2.2 Trolebús Valencia, paso entre tranvía y autobús 1951 [26]

En todos los países que optaron por la eliminación del tranvía podemos destacar un denominador común: el claro objetivo de potenciar el uso del coche y el autobús, descuidando la modernización y la segregación del transporte colectivo y privado. En este contexto, los tranvías quedaron obsoletos y este modo de transporte perdió viajeros, siendo sustituido por autobuses, o, como paso intermedio, por trolebuses, que aprovechan la tracción eléctrica.

A principios de los años 70 se inicia un proceso de pérdida de viajeros de los transportes colectivos en el que jugó un papel importante la crisis económica desencadenada a partir del año 1973. En los años posteriores de recuperación económica se produjo un aumento del índice de motorización y del uso del coche para realizar los transportes urbanos, por lo que el transporte colectivo no captó el incremento de movilidad de estos años. Esto a su vez llevó consigo una pérdida de calidad de los transportes colectivos en superficie, como consecuencia de la congestión, fenómeno que afecta no solo a la movilidad sino, en general, a la calidad de vida de las ciudades: ruido, contaminación, etc.

La preocupación por este hecho se acentúa en la medida en que el número de ciudades que generan volúmenes elevados de viajeros crece de forma continua, como consecuencia del incremento de movilidad y del tamaño de las aglomeraciones urbanas. Se pone también de manifiesto la ineeficacia de los autobuses para atender las nuevas demandas de movilidad. Así, en ciudades o corredores de transporte con bajos volúmenes de demanda (hasta 2.500 pasajeros/hora/sentido) un sistema de autobuses puede proveer la capacidad suficiente en condiciones de explotación aceptables. Por otra parte, ciudades con demanda alta (más de 20.000 pasajeros/hora/sentido) el metro convencional o el ferrocarril de cercanías se justifican, en términos de costes de inversión y de explotación, y dan un buen nivel de servicio. Sin embargo, existe una franja de demanda intermedia (2.500-20.000 pasajeros/hora/sentido) que resulta difícil satisfacer en condiciones aceptables con los sistemas tradicionales.

Curiosamente dos décadas después del cierre de las últimas líneas tranviarias que quedaban en Granada (1974) y Zaragoza (1976) se produce un cambio de tendencia, ya que ante el progresivo colapso de la circulación y el éxito alcanzado en toda Europa por los nuevos sistemas tranviarios, muchas ciudades se dan cuenta de los inconvenientes que había representado la supresión de los tranvías y se inicia la construcción de nuevas redes.

## 2.1 HISTORIA DEL TRANVÍA DE ZARAGOZA

El 17 de octubre de 1985 se cumplían cien años desde la aparición del primer tranvía de tracción animal en Zaragoza, hecho que tuvo lugar en coincidencia con la II Exposición Aragonesa de Productos de la Agricultura, de la Industria y de las Artes. En 1902 se electrificó la línea de Torrero y se inició un proceso de expansión de la red que, en forma radial, convergía en lo que actualmente es la plaza de España. Con diferente duración llegaron a existir hasta diecisiete líneas principales, que jugaron un papel de primera magnitud en el desarrollo económico de la ciudad y en la configuración de su desarrollo urbanístico.

Los tranvías representaron un elemento notable del paisaje urbano y alimentaron durante décadas una estética de la ciudad que todavía recuerdan numerosos zaragozanos. Eliminados por una política en que pretendía favorecer el crecimiento del parque automovilístico, hicieron su último viaje el 23 de enero de 1976, con el cierre de la última línea superviviente: la de Parque-San José. [5]

### 2.1.1 ANTIGUAS LÍNEAS DEL TRANVÍA

El diseño de las líneas permitía la comunicación en el interior de la ciudad y de ésta con los barrios periféricos, de tal modo que respondían a tres demandas diferentes: primera:, la de unir el centro con las estaciones de ferrocarril y el embarcadero del Canal Imperial de Aragón, en el barrio de Torrero; segunda, la posibilidad de desplazamiento desde los barrios más periféricos de la ciudad hacia el interior, es decir, los barrios del Rabal y Torrero, separados por el Ebro y por la subida de Cuellar, respectivamente; y tercero, la de trasladarse por el casco urbano de Zaragoza en tranvía, en particular por el exterior del recinto amurallado de la ciudad romana, y para ello la línea de Circunvalación ofrecía esta posibilidad.



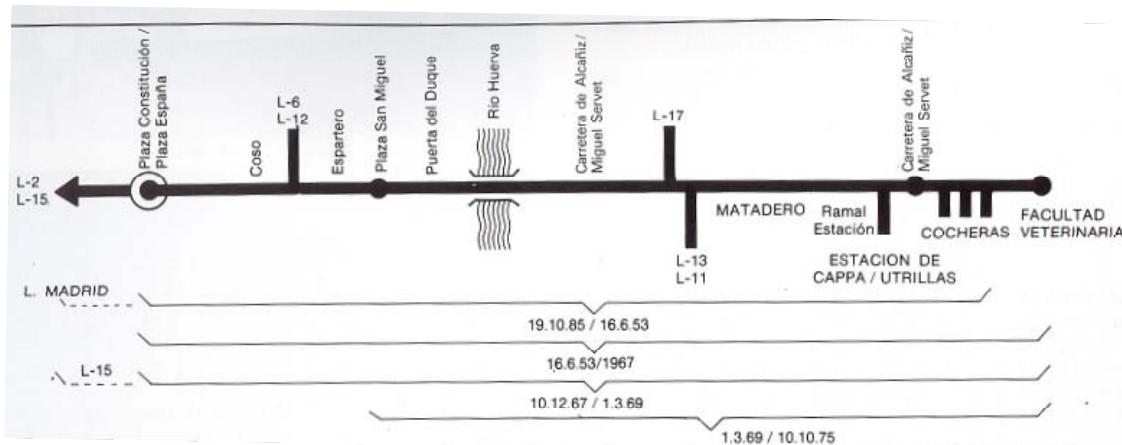
2.3 Tranvía por Pza. España 1906 [2]

Las líneas e itinerarios que aparecen a continuación, comprenden las cinco líneas principales iniciales que comenzaron siendo de tracción animal. [2]

### Línea 1 (“Bajo Aragón”):

La línea Bajo Aragón, que a lo largo del siglo XIX era conocida popularmente como línea de Cappa, partía de la plaza de la Constitución, teniendo un trayecto netamente urbano.

- Concesión: 24 de enero de 1885 con el nombre de “tercer ramal”
- Apertura: 19 de octubre de 1885, con tracción de sangre.
- Electrificación: 9 de octubre de 1902.
- Prolongación: 16 de junio de 1953 hasta facultad de veterinaria.
- Fusión: 10 de octubre de 1967 con la línea nº 15- Casablanca.
- Acortamiento: a plaza de San Miguel el 1 de marzo de 1969.
- Supresión: 10 de octubre de 1975.



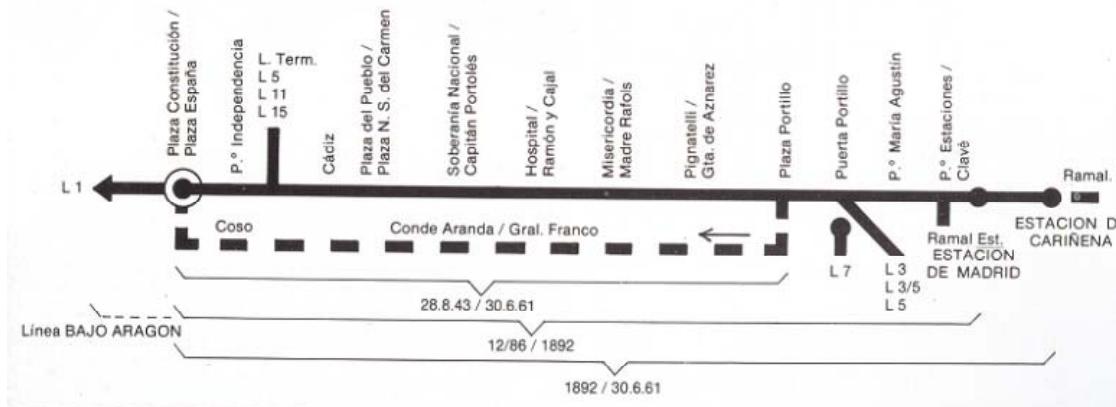
2.4 Recorrido línea 1 [2]



2.5 Tranvía Zaragoza [7]

### Línea 2 (“Madrid”):

- Concesión: 24 de enero de 1885. plaza constitución – estación de Madrid.
- Apertura: diciembre de 1886.
- Electrificación: 1903 Paseo Independencia, estación de m.z.a., Madrid y Cariñena.
- Modificación: se cambia la salida a la calle Cádiz.
- 2<sup>a</sup> modificación: 20 de septiembre de 1958 abandono de la calle Cádiz y recorrido por conde Aranda, (antes general franco).



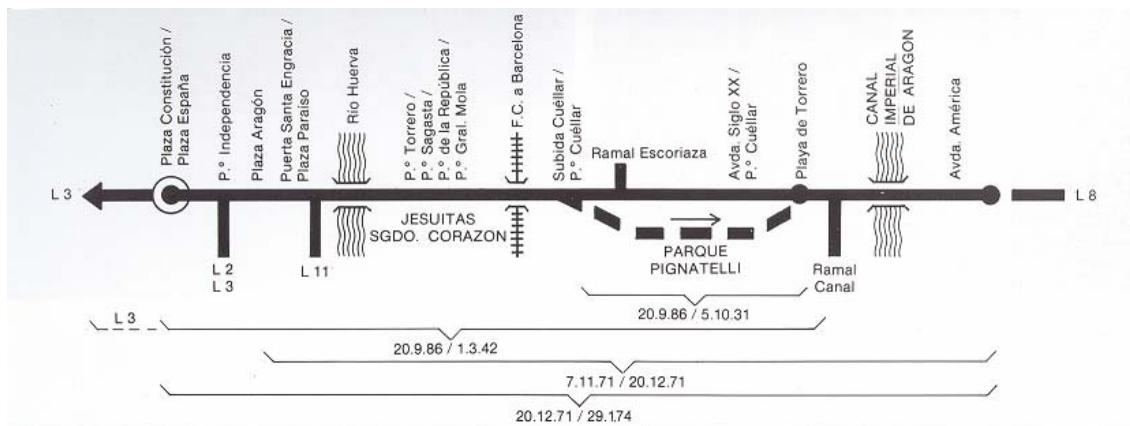
.2.6 Recorrido L2 [2]



2.7 Tranvía L2 [7]

### Línea 3 (“Torrero”)

- Concesión: 24 de enero de 1885.
- Inauguración: 20 de septiembre de 1886.
- Electrificación: octubre de 1903.
- Unificación: 1 de enero de 1942. con la nº 5 formándose la línea 3/5.
- Prolongación: 13 de abril de 1952. hasta la Plaza de las Canteras.
- Acortamiento: el 7 de noviembre de 1971, se acorta hasta Plaza de Aragón.
- 2ª prolongación: en 1972 se prolonga la línea hasta Plaza de España.
- Clausura: el 29 de enero de 1974, se cierra definitivamente.



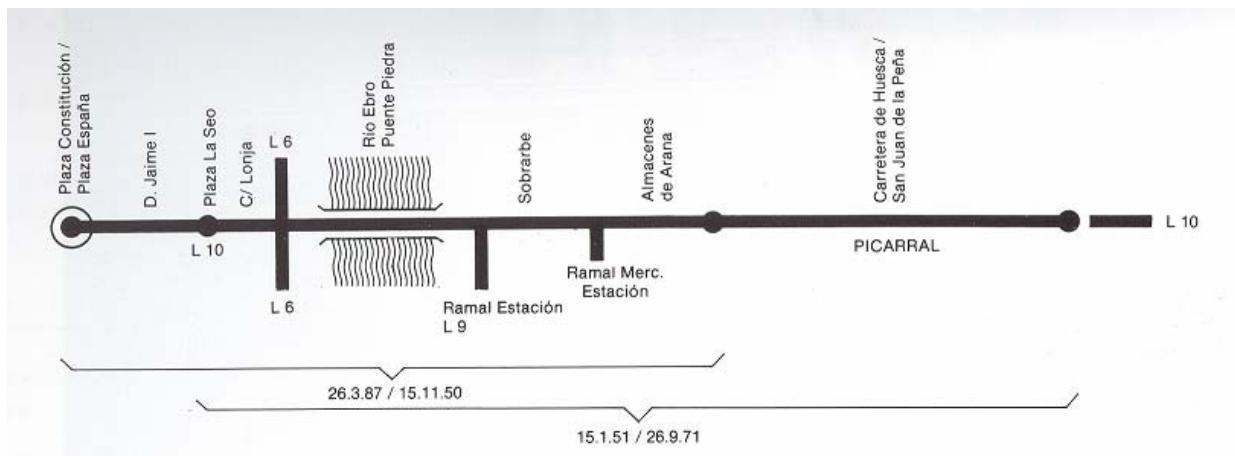
2.8 Recorrido línea Torrero [2]



2.9 Tranvía L3 [7]

### Línea 4("Arrabal")

- Concesión: 24 de enero de 1885. Plaza Constitución - Arrabal – estación del Norte.
- Inauguración: marzo de 1887.
- Electrificación: octubre de 1903.
- Remodelación: sale de la plaza de La Seo el 15 de enero de 1951.
- Supresión: 26 de noviembre de 1971



2.10 Recorrido línea 4 [2]



2.11 Tranvía Arrabal [7]

### Línea 5 (“Circunvalación”)

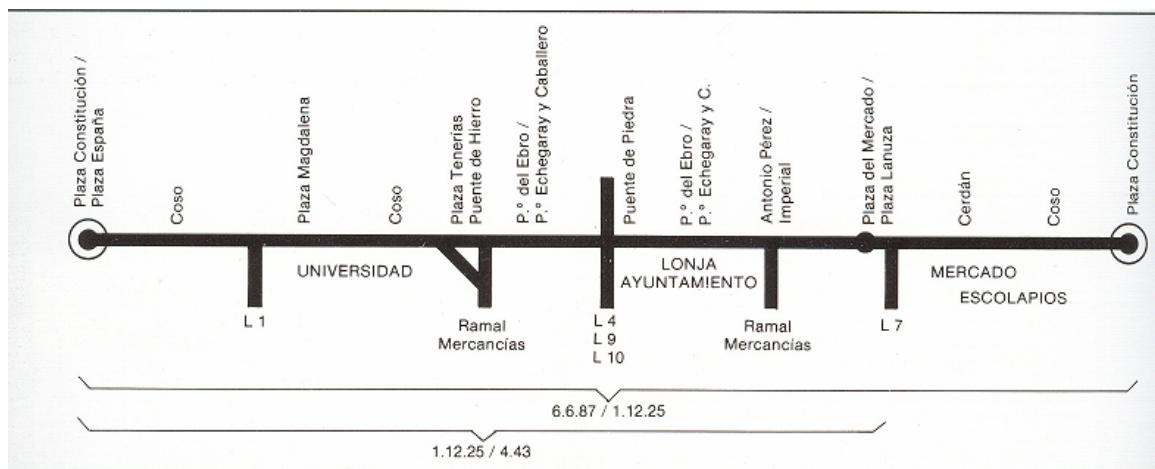
Concesión: 24 de enero de 1885 (pza. Constitución - Coso Bajo - Universidad).

Inauguración: 6 de junio de 1887.

Electrificación: 1903.

Cambio de itinerario: 12 de noviembre de 1923

Supresión: 12 de marzo de 1943.



2.12 Línea 5 [2]



2.13 Tranvía por el Coso [7]

Estas solo fueron las 5 primera líneas que más tarde se irían ampliando hasta llegar a ser 17 entre 1885 y 1976:



2.14 Antiguas líneas de tranvía de Zaragoza y sus trayectos a lo largo de los años[2]

## 2.1.2 LAS PRIMERAS MÁQUINAS



2.15 Tranvía jardinera a caballos [7]

Como todas las redes de tamaño medio o pequeño, Tranvías de Zaragoza dispuso de un parque móvil muy variado. Se inició la explotación de la red con la línea de Cappa, para la cual se dispuso en 1885 de seis coches, y en años sucesivos, como es lógico, se fue ampliando el parque hasta alcanzar en 1893 la máxima cifra de vehículos, con treinta y nueve tranvías en servicio. Fueron construidos por cuatro firmas diferentes, dos españolas Carde y Escoriaza de Zaragoza y MACOSA de Barcelona y otras tres extranjeras The Falcon Engine Car Works de Loughborough (Leicestershire), Inglaterra, J.G. Brill de Filadelfia (Pennsylvania), Estados Unidos y Julius G. Neville de Liverpool (Inglaterra). [7]

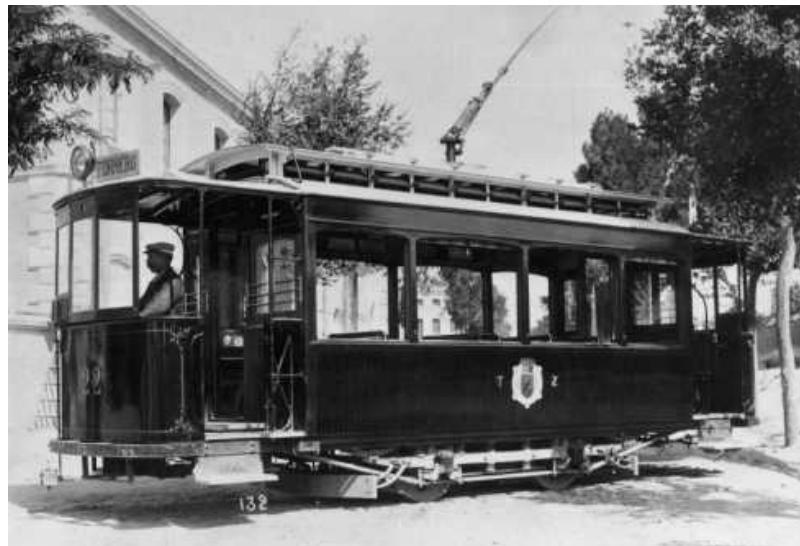
La primera serie de tranvías eléctricos constaba de 20 coches, y fueron saliendo de fábrica en el plazo de un año, durante 1902 y 1903, de forma que en noviembre de 1902 al menos circulaban ya los tranvías 1 al 6.



2.16 Tranvía nº 2 eléctrico de la línea Bajo Aragón [7]

A lo largo de los años existieron variedad de series de tranvías dependiendo de los distintos fabricantes y de las características de éstos, algunas de ellas son:

La segunda serie de tranvías eléctricos de la ciudad, construidos de forma prácticamente simultánea con la serie de primitivos. Fueron fabricados en los talleres de Carde y Escoriaza, existiendo constancia de su funcionamiento por la red zaragozana en el año 1904



2.17. Tranvía de la segunda serie [7]

La última serie de tranvías en Zaragoza, la 300, surge con la necesidad de modernizar y aumentar la flota zaragozana, al principio de la década de los años 60, época en la que ya se habían dejado de fabricar tranvías nuevos en España. Se adquirieron siete viejos coches de la recién desaparecida línea de La Coruña a Sada, explotada por la "Compañía de Tranvías de la Coruña", y que habían sido fabricados por Carde y Escoriaza en 1913; de esos vehículos solamente se aprovecharon los chasis, bogies, sistemas de frenado neumáticos de aire comprimido y motores, aunque éstos se irían sustituyendo por otros nuevos



2.18 Tranvía serie 300 [7]

La inauguración de los tranvías eléctricos se produciría en Octubre de 1902:



2.19 Inauguración tranvía eléctrico plaza España [2]

El final de las líneas se acrecentó en los años setenta, de tal modo que en enero de 1971 se suprimió la línea 10 Academia, al mes siguiente la 15 Casablanca y en agosto se puso en marcha la línea de autobús Venecia-Goya-Delicias. Así fueron desapareciendo todos los tranvías hasta que las últimas líneas en servicio de la ciudad fueron la 1 y la 11. La primera fue clausurada en octubre de 1975 y la segunda realizó el último viaje el 22 de enero de 1976 aunque tuvo el “honor”, por unos meses, de ser la única línea regular de tranvías que circuló en el territorio español.

Se ha escrito bastante sobre las razones del cierre de los tranvías y su desaparición: unos opinan que el Ayuntamiento deseaba controlar el transporte público de la ciudad en lugar de la competencia: el Ministerio de Obras Públicas; otros, que la supresión del tranvía se debió a la escasa calidad que ofrecía el servicio por la antigüedad del material; y otros, finalmente, que había intereses particulares en esa decisión. [3]

### 3. FUNCIONAMIENTO DEL TRANVÍA

La mayor parte de las veces los tranvías utilizan un perfil de raíl especial, denominado "de garganta" o carril tipo "Phoenix". Esto permite pavimentar a ambos lados de los carriles y hasta su nivel superior, para hacer posible la circulación de los automóviles, sin que se pierda un espacio del lado interno destinado a la pestaña de las ruedas del material rodante. Cuando van por una vía separada del tránsito automóvil, suelen utilizar el mismo tipo de carril que los trenes (aunque de menor sección y peso por metro lineal), con traviesas y balasto.

La energía eléctrica la toman de la línea aérea de contacto (la cual puede ser simplemente un alambre de cobre en suspensión simple ("hilo trolley") o por catenaria mediante un trole de pértiga, un pantógrafo o un arco raspante.

Otra fuente de energía eléctrica para tranvías son las baterías. Hubo varios sistemas en el mundo de tranvías con baterías, y recientemente la firma Alstom ha lanzado uno de sus modelos "Citadis" para el recientemente inaugurado tranvía de Niza. Alimentado a baterías, con una autonomía lo suficientemente extensa como para cruzar el centro de la ciudad con los pantógrafos recogidos y sin la contaminación visual que habrían generado los cables aéreos alimentadores. [4, 6]

El sistema de tracción eléctrica de los tranvías cuenta con estos elementos:

En el carretón del tranvía:

1) **El trole**, que es el contacto aéreo deslizante por el que llega al motor la corriente que parte de la central por un conductor aéreo o subterráneo, y que retorna a ella de nuevo por medio de los carriles o el suelo.

2) **El regulador**, que es un interruptor especial constituido por un cilindro vertical que el conductor acciona por medio de una manivela, y en el que hay diversos contactos con resortes, con lo que se puede introducir o suprimir resistencias en los circuitos, acoplar convenientemente los motores, etc. Todo esto sirve para el control del cambio de marcha y velocidades del tranvía.

3) **Una palanca o manivela** que sirve para cambiar la dirección de la marcha, invirtiendo la corriente del inducido o en la excitación de los motores.

Fuera del carretón del tranvía:

4) **Subcentrales eléctricas**, que transforman la energía eléctrica para poder suministrar la corriente continua necesaria a las líneas (normalmente de 600 voltios en España).

5) **El carril** utilizado en España fue el de tipo Vignole sin garganta (garganta: permite que se desplace por ella la pestaña de las ruedas del material ferroviario, al tiempo que actúa como límite del pavimento. en las primeras líneas de tracción animal, para luego pasar a utilizar un nuevo carril con garganta (tipo Phoenix) con un peso de alrededor de 60 Kg por metro. El asiento del carril se efectuaba sobre traviesas de hormigón o sobre traviesas procedentes de carriles en desuso.

6) **Las agujas** empleadas en los desvíos en un principio eran de espadín sencillo para luego adoptar los modelos de uno e incluso dos espaldines móviles.

La automatización de las agujas se llevaba a cabo por medio del sistema suizo denominado Oerlikon; los mecanismos que componían este tipo de automatización se alojaban en cajas de acero en el suelo para evitar así su inmersión debido a las aguas de la lluvia.

7) **Los postes** para la sustentación del tendido eléctrico estaban fabricados en acero, fundición o, últimamente de hormigón.

8) **Otros** complementos para la línea aérea tales como:  
Agujas de latón en el cable de trabajo.  
Barcos, cuya finalidad era la de provocar el cambio de las agujas eléctricas.

### 3.1. CLASIFICACIÓN

En este apartado se va a esclarecer la diferencia entre tranvía, metro ligero, metro y tram-tren

**Metro ligero:** Todo aquél sistema de ferrocarril metropolitano de transporte de viajeros que ha sido diseñado para su explotación mediante un tren ligero. No debe confundirse con los sistemas de Tranvía, del que se diferencia al poseer una plataforma propia, ni con el metro convencional, al requerir infraestructuras mucho más ligeras (menor tensión de electrificación, menor gálibo, menor profundidad de túneles, etc.). De hecho, a menudo es definido como un sistema híbrido de ambos, al aprovechar características de alta capacidad del metropolitano, y la sencillez constructiva de los sistemas de Tranvía. [20]

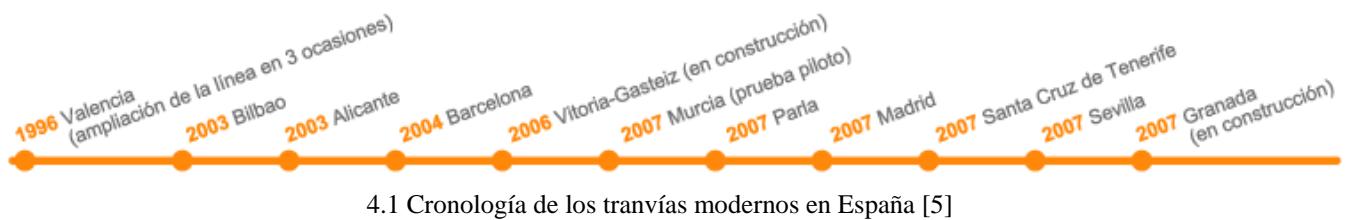
**Tram-tren:** Bajo Tram-tren se entiende un vehículo que combina características de tranvía, es decir capaz de circular por las calles de una ciudad (en general a velocidades de hasta 50 km/h), y de tren, capaz de circular por una línea ferroviaria convencional (hasta velocidades del orden de 100-110 k/h). De esa forma se posibilitan viajes regionales sin trasbordo hasta el centro de la ciudad. [20]

**Metro:** Sistemas ferroviarios de transporte masivo que operan en las grandes ciudades para unir diversas zonas de su término municipal y sus alrededores más próximos, preferentemente bajo tierra. No deben confundirse con los sistemas de ferrocarril suburbano, que como su propio nombre indica, son aquellos que conectan las grandes ciudades con sus suburbios. [20]

**Tranvía:** Se ha definido en el capítulo 1, introducción.

## 4. TRANVÍAS DE ESPAÑA EN LA ACTUALIDAD

En España, la ciudad de Valencia fue la primera en revitalizar el tranvía, y otras, como Bilbao, Barcelona, Alicante y Coruña han seguido sus pasos.



Valencia fue la primera ciudad española en reintroducir el tranvía en 1994, con un éxito que lo ha llevado a ampliar las líneas en tres ocasiones. A Valencia siguieron Bilbao (2002), Alicante (2003), Barcelona (2004). Actualmente ya funcionan 17 sistemas tranviarios diferentes.

Éstos incluyen desde grandes redes en proceso de desarrollo como las de Barcelona y Valencia o las líneas del País Vasco, a líneas suburbanas de gran capacidad, como las de Alicante y Tenerife, y hasta pequeñas redes locales como las de Parla y Vélez-Málaga, y sistemas de metro ligero como los de Sevilla, Málaga o Madrid, sin olvidar las líneas del tipo clásico como el Tranvía Blau o el Tranvía de Sóller. [5]

## 4.1. TRANVÍAS COMUNIDAD VALENCIANA

### 4.1.1. VALENCIA

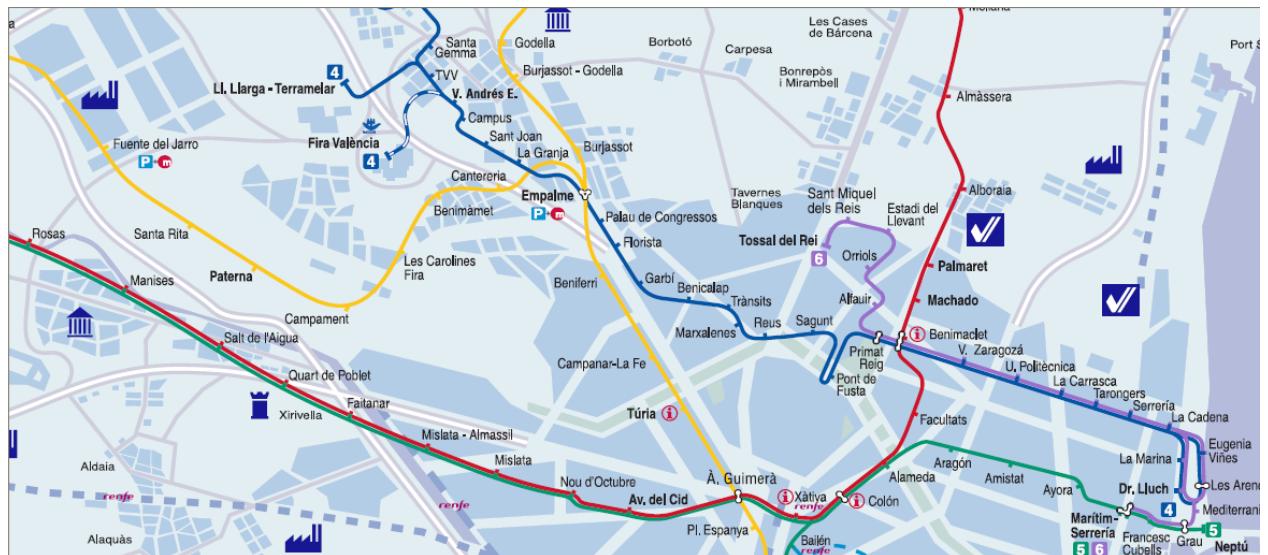
Valencia: 738.441 habitantes

A principios de los años setenta, Valencia perdió sus redes de tranvías urbanos y de trolebuses, pero mantuvo en cambio una importante red de ferrocarriles suburbanos de vía métrica. La primera 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; fue inaugurada en mayo de 1994. [1]

La nueva línea T-5 con 4 paradas, fue puesta en servicio el 16 de abril de 2007, coincidiendo con la celebración de la America's Cup en Valencia, es explotada como una prolongación de la nueva línea 5 del metropolitano.

La primera sección de la nueva línea T-6 entre Tossal del Rei y Primat Reig (5 paradas) fue inaugurada en septiembre de 2007 y aprovecha parcialmente los trazados existentes de las líneas T-4 y T-5.

Estas cifras crecerán exponencialmente durante los próximos años con la construcción de tres nuevas líneas de tranvías (T-2, T-8 y T-10)



4.2 Plano rutas tranvía Valencia T4,T5 Y T6 [27]

#### *Características técnicas y explotación.*

La nueva red de tranvías de Valencia tiene actualmente una longitud de 20,723km, con una pendiente máxima de 45 milésimas (4,5%) entre las paradas de Empalme y La Granja, y un radio mínimo de curva de solo 25m en Pont de Fusta. La red cuenta con un total de 43 paradas, situadas a una distancia media de 493m. las paradas tienen unos andenes de 50 m de

longitud en la línea T4 y de 60m en las líneas T5 y T6; todas ellas están dotadas de marquesinas, aunque en la línea T-5 existe una estación subterránea.

El nuevo sistema tranviario forma básicamente un eje de sudeste a noroeste con diferentes ramales y está constituido por tres líneas (nº T-4, T-5 y T-6)

La línea T-4 tiene una sección principal (14,35km) y dos ramales en su parte norte. Al llegar a la calle Almazora las vías tienen una distribución muy peculiar, ya que efectúan una especie de bucle para servir la antigua estación-terminal de Pont de Fusta; en aquel punto se encuentra asimismo el enlace con la nueva línea T-6. A partir de allí el tranvía sigue el mismo recorrido de las antiguas líneas ferroviarias, hasta llegar a la parada de Empalme, donde se ha construido un bucle y un intercambiador con la línea 1 del metro.

Los dos ramales de la línea T-4 presentan diferentes particularidades. Así, el ramal de la Fira de Valencia tiene una longitud de 1100m y una parada. Por su parte el ramal de Lloma Llarga-Terramelar tiene una longitud de 772m, dispone de trazado exclusivo en todo su recorrido y sirve básicamente al barrio de Lloma Llarga.

La línea T-5 posee un recorrido más corto, tiene una longitud de 1.230m y 4 paradas, y sirve el barrio marítimo de la ciudad. Su trazado se inicia en la estación subterránea de Marítim-Serrería (compartida con la línea 5 de metro) hasta llegar a la parada de Grau, donde se encuentra el triángulo de unión con la línea T-6.

La línea T-6 utiliza parcialmente los trazados de la línea T-4 (entre Primat Reig y Doctor Lluch) y de la T-5 (entre Grau y Maritim-Serrería) aunque tiene dos tramos con trazado propio.

El tranvía de Valencia ha sido construido con un ancho de vía de 1000mm (el unificado de FGV) y el sistema de vía en placa esta compuesto por carriles tipo tranvía del modelo Ri60(Phoenix) de 60,84 kg/m soldados en Barra Larga Soldada, y con un acabado de hormigón y pavimento de adoquín. La práctica totalidad de la línea es de doble vía con trazado reservado. Existen un total de 120 cambios de vía, de los cuales 52 sirven en la zona de cocheras. La nueva red Valenciana se caracteriza por tener diferentes bucles, en total existen 6 bucles.



4.3 Tranvía T-6 en la estación subterránea Maritm-Serrería [19]

La línea ha sido electrificada a 750 V en corriente continua y los vehículos se alimentan a través de una línea aérea del tipo tranviario, con suspensión sencilla y sustentada mediante ménsulas y pórticos de parafil a una altura mínima de 5 m por un total de 714 postes, que se encuentran situados tanto en la intervía (40%) como en los laterales (60%). La línea aérea está constituida por un doble cable de cobre electrolítico de 150 mm<sup>2</sup> de sección, y a lo largo del recorrido hay asimismo diversos feeders de alimentación. La energía eléctrica es suministrada por 6 subcentrales; todas ellas fueron suministradas por ABB y Balfour Beatty, tienen una potencia de 2x1000kVA y transforman la corriente alterna procedente de Iberdrola (a 20000V) a la tensión de la línea (759V) por medio de transformadores y rectificadores y disponen asimismo de transformadores para servicios auxiliares.

La señalización del tranvía es del tipo ferroviario, con enclavamientos en la línea. El servicio se realiza con 36 tranvías en horas punta y 33 vehículos en las horas valle. La frecuencia de paso puede estar entre 10 minutos y 20, dependiendo del día y hora de la semana. Los tranvías de la línea T-4 emplean unos 48 minutos en efectuar el recorrido, la T-5 tarda 6 minutos y la T-6 emplea 32 minutos entre Tossal del Rei y Maritim-Serrería. Las tres líneas tienen una velocidad comercial de 18 km/h y una velocidad máxima de 50km/h en el ámbito urbano y 30km/ en zonas peatonales, con limitaciones a 10 km/h en zonas puntuales.

Actualmente utilizan la línea una media mensual de 450000 viajeros, los billetes sencillos cuestan 1,40 € la mayoría son tarjetas de cartulina con una banda magnética.

### ***El material móvil.***

El parque de los tranvías de Valencia está formado actualmente por 44 tranvías repartidos entre 2 modelos diferentes.

La primera serie está formada por los 25 tranvías articulados de 6 ejes y tres módulos, construidos por CAF y Meinfesa. Son unos tranvías de 23,78m de longitud, con un gálibo de 2,4m y piso bajo parcial de 350mm. La tracción se realiza por medio de 4 motores situados en los dos bogies extremos y tienen una potencia unitaria de 105 Kw (total 420 Dw) Cada tranvía dispone de 4 sistemas de freno: eléctrico con recuperación de energía, electromagnético con patín de carril, hidráulico y mecánico. El acceso de los viajeros se realiza por medio de las 4 puertas dobles situadas en el lateral derecho, y en su interior pueden viajar 58 personas sentadas y 94 de pie (4pers/m<sup>2</sup>), con una capacidad para 153 viajeros. Son tranvías unidireccionales, funcionan usualmente en doble tracción, pero en horas valle circulan aislados, y están dotados de un enganche automático.

La segunda serie son los 19 tranvías articulados M6E con piso bajo integral, del modelo Flexity Outlook y construidos por Bombardier. Son unos tranvías de 32,37 m de longitud, con un gálibo de 2,4m. la tracción se realiza por medio de 4 motores situados en los dos bogies extremos, y tienen una potencia unitaria de 105 Kw (total 420Kw). Cada tranvía dispone de tres sistemas de freno: eléctrico con recuperación de energía, electromagnético con patín a carril y mecánico el acceso de los viajeros se realiza por medio de las 6 puertas (4 dobles y 2 sencillas) situadas en cada lateral, y en su interior pueden viajar 48 personas sentadas y 152 de pie (4pers/m<sup>2</sup>) con una capacidad para 200viajeros.

El mantenimiento de los tranvías se realiza en las cocheras, que ocupan una superficie de unos 25000m<sup>2</sup> y dispone de 5 edificios y un total de 26 vías.

#### 4.1.2. ALICANTE

Alicante: 284.580 habitantes

La ciudad de Alicante ha sufrido un gran desarrollo urbanístico durante los últimos años y ha sido necesario llevar a cabo una nueva red de transporte público para evitar el colapso circulatorio. La ciudad ya había tenido una red de tranvías urbanos y suburbanos (1893-1969). A finales de los años 90 los Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana decidieron utilizar la infraestructura de aquel ferrocarril para dotar la ciudad de un nuevo sistema tranviario, pero muy pronto, y al ver las posibilidades de la línea, se decidió convertirla en la primera red de Tram-tren del Estado español. Esta operación consistiría en la conversión en tranvía de diferentes secciones de la línea ferroviaria (las nuevas secciones son de doble vía)

La primera sección, entre Puerta del Mar y Albufereta fue inaugurada en marzo de 1999; en paralelo, se decidió la construcción de un ramal urbano hasta el mismo centro de Alicante. La nueva línea tiene un trazado muy espectacular, ya que el ramal se inicia en la entrada de la ciudad y, después de ascender con una fuerte rampa y atravesar un viaducto, llega al centro de la ciudad por medio de una sección subterránea. La complejidad de la obra ha obligado a realizarla en dos secciones: desde Bifurcación Sangueta hasta el Mercado central, que fue inaugurada en mayo de 2007, y del Mercado Central a la estación Adif, actualmente en obras.



4.4 Líneas tranvía Alicante [21]

#### *Características técnicas y explotación.*

Actualmente, la red de tranvías de Alicante tiene una longitud total de 52,420km, tiene una pendiente máxima de 50 milésimas (5%) y un radio mínimo de curva de 30m.

El tranvía de Alicante cuenta con un total de 44 paradas, situadas a una distancia media de 1213m, hay 40 paradas al aire libre y 4 paradas subterráneas.

El sistema tranviario está formado por una línea general y dos ramales: la línea de Alicante-Estación Adif a Benidorm (43,885km) de la cual todavía se encuentra en construcción un tramo Y El ramal urbano de Bifurcación Segueta a Porta de Mar

La red tranviaria de Alicante cuenta con tres líneas (nº 1,3, y 4). La línea 1 es suburbana y conforma un servicio semidirecto que enlaza la estación de Mercado en Alicante con

Benidorm. La línea 3 es un servicio corto de la línea 1 y enlaza alternativamente Mercado con las estaciones del Campillo y Venta Lanuza. Por su parte, la línea 4 comunica la terminal existente en la parte baja de la ciudad con el nuevo ramal construido en el cabo de Huertas. El tramo de Benidorm a Dénia se ha integrado como línea 9, si bien mantiene la explotación ferroviario con automotores diesel.

El sistema tranviario de Alicante ha sido construido con un ancho de vía de 1000mm. Pero su doble condición de servicio urbano y de Tram-tren ha determinado que en la línea coexistan tramos con características tranviarias con otros de carácter ferroviario. En las secciones tranviarias el sistema de vía en placa, está compuesto por carriles tipo tranvía (Phoenix) soldados en Barra Larga Soldada y con un acabado de pavimento de hormigón, césped o adoquines.

Toda la línea dispone de trazado reservado. Existen un total de 115 cambios de vía, de los cuales 35 pertenecen a la zona de cocheras.

La línea ha sido electrificada a 750V en corriente continua y los vehículos se alimentan a través de una línea aérea situada a una altura mínima de 5,30m, aunque conforma diferentes tipologías. En los tramos urbanos del tipo tranviario, con suspensión sencilla y sustentada mediante ménsulas por postes metálicos. En las secciones suburbanas la línea aérea es del tipo ferroviario; en todas las secciones los postes están situados indistintamente en la intervía y en los laterales. En la nueva sección subterránea se ha utilizado catenaria rígida fijada a la bóveda del túnel.

La energía eléctrica es suministrada por 9 subcentrales, tienen una potencia de 2x2240kVA y transforman la corriente alterna procedente de Iberdrola (a 20000V) a la tensión de la línea (750V) por medio de transformadores y rectificadores. La señalización del tranvía es del tipo ferroviario en los tramos suburbanos y del tipo tranviario en los tramos urbanos.

El servicio se realiza con 14 tranvías en las horas punta, la frecuencia media de paso en las tres líneas es de 30 minutos. La velocidad comercial de las líneas varía de acuerdo con su recorrido. Así, en la línea 1 es de 43,12km/h, en la línea 3 es de 32,13 km/h entre Mercado y Venta Lanuza y de 53,79 km/h entre Mercado y Campillo, mientras que en la línea 4 es de 22,92km/h. las líneas tienen una velocidad máxima de 50 km/h en el ámbito urbano, de 70 km/h en tramo subterráneo y de 100km/h en determinadas secciones interurbanas.

Actualmente utilizan la línea una media mensual de 370600 viajeros y los títulos básicos son los billetes sencillos que actualmente cuestan 1,15€ La mayoría son tarjetas de PVC con chip incorporado que utilizan la tecnología sin contacto, aunque se utilizan también billetes en papel térmico con códigos de barras.

### *El material móvil.*

Actualmente, el parque está formado por 20 tranvías repartidos entre 2 modelos diferentes.

Los servicios urbanos son realizados con 11 tranvías articulados M6E con piso bajo integral, que han sido fabricados por Bombardier. Son unos tranvías de 32,37m de longitud, con un gálibo de 2,40m. La tracción se realiza por medio de 4 motores que han sido fabricados por VEM y tienen una potencia unitaria de 105Kw (420Kw en total). Cada tranvía dispone de tres sistemas de freno: eléctrico con recuperación de energía, electromagnético con patín a carril mecánico. El acceso de los viajeros se realiza por medio de las 6 puertas situadas en cada lateral y en su interior pueden viajar 42 personas sentadas y 150 de pie. En los módulos extremos se han instalado sendas cabinas de conducción.

Los servicios suburbanos son efectuados con 9 tranvías del tipo tram-tren y con piso bajo parcial que fueron suministrados por Vossloh.

Son unos tranvías de 37m de longitud, con un gálibo de 2,55m y piso bajo (350mm) en los módulos extremos. Cada vehículo dispone de tres bogies motores y un bogie portante y la tracción se realiza por medio de 6 motores trifásicos fabricados por Alstom y tienen una potencia de 140Kw (total 840Kw). Los nuevos tram-tren disponen de tres sistemas de frenos (eléctrico con regeneración, hidráulico y electromagnético) en su interior pueden viajar 94 personas sentadas y 209 de pie).



4.5 Tranvía de Alicante [19]

## 4.2. TRANVÍAS PAÍS VASCO

### 4.2.1. BILBAO

Ciudad de Bilbao: 349.972 habitantes

Dispone de una extensa red de transportes públicos, formada básicamente por el ferrocarril metropolitano, por diferentes líneas ferroviarias de y por el nuevo tranvía, aunque anteriormente también había poseído numerosas líneas urbanas y suburbanas de tranvías (1876-1964) y de trolebuses (1940-1978). [1]

La primera sección de la nueva red de tranvías, desde la estación de Atxuri hasta Uribarri (2.084 m y 6 paradas), fue inaugurada en diciembre de 2002. A continuación, este tramo sería prolongado en sucesivas fases.



4.6 Línea Tranvía Bilbao [22]

#### *Características técnicas y explotación.*

La nueva red de tranvías de Bilbao tiene una longitud total de 4,898 Km y cuenta con 12 paradas situadas a una distancia media de 445 m. La mayoría de paradas tienen dos andenes laterales de 30 m de longitud. El perfil de la línea es bastante escarpado, ya que tiene una pendiente media de 19,6 milésimas (1,96%) y una pendiente máxima de 70 milésimas (7%). El radio mínimo de curva en la línea es de solo 15 m .

Construida con un ancho de vía de 1.000 mm, la vía es del tipo tranviario convencional (sistema de vía en placa) y está compuesta por carriles tipo tranvía del modelo Ri-60 (Phoenix) de 60 Kg/m en el tramo pavimentado y de carriles tipo ferroviario UIC (Vignole) de 45 Kg/m en el tramo con césped. Ambos tipos de carriles están soldados en Barra Larga Soldada (BLS) y en la línea hay un total de 18 cambios de vía.

El tranvía está electrificado a 750 V en corriente continua y los tranvías se alimentan a través de una línea aérea sencilla de un solo hilo de contacto, compensada mecánicamente (sistema Tensorex). La Línea está sustentada a una altura de 6 m mediante tensores tipo parafil a fachadas y postes en la sección Atxuri-Pío Baraja y por medio de postes metálicos tubulares con ménsula s en el resto. En los pasos inferiores (Puente de Deusto y Escuela de Ingenieros) la suspensión está fijada a la estructura del paso. La energía eléctrica es suministrada por dos subcentrales que transforman la corriente alterna procedente de Iberdrola (a 30.000 V) a la tensión de la línea (750 V); también tienen una salida a 660 V para alimentar los equipos auxiliares de las paradas.



4.7 Imagen superior tranvía Bilbao [19]

La señalización del tranvía está compuesta por un conjunto de señales luminosas específicas para el tranvía y con orla blanca si es de bloqueo en el tramo de vía única.

El servicio se realiza normalmente con 5 tranvías, con una frecuencia de paso de 10 minutos en las horas de mayor demanda (7-21 h) Y de unos 15 minutos durante el resto del horario. Los tranvías emplean 18 minutos en efectuar todo el recorrido entre Atxuri y Basurto, con una velocidad comercial de 16,6 Km/h, ya que tienen una velocidad máxima de 50 Km/h en el tramo de vía doble, de 30 Km/h en el tramo de vía única y de 15 Km/h en alguna sección específica.

En principio utilizan la línea una media mensual de 237.226. Los billetes sencillos (unviaje) cuestan 1,20 €y los billetes de día 3,50 €

### *El material móvil*

El servicio se realiza con 8 tranvías articulados de piso bajo (74%) con seis ejes y tres módulos (tipo M6C), construidos por CAF con equipos eléctricos Ingeteam (200203), que corresponden al modelo Urbos 1 pero en dos versiones diferentes: las primeras 7 unidades (nº 401-407) tienen los motores situados en los dos bogies extremos, mientras que en el último tranvía (nº 408) los motores están ubicados en uno de los bogies extremos y en el bogie central.

Son unos tranvías de 24,4 m de longitud, con un gálibo de 2,40 m y piso bajo (300 mm). Todos los tranvías disponen de tres sistemas de frenos (eléctrico, electromagnético y mecánico con accionamiento hidráulico). En su interior pueden viajar 48 personas sentadas y 148 de pie (6 pers/m<sup>2</sup>), con una capacidad para 196 viajeros.

El mantenimiento de los tranvías se efectúa en unos pequeños depósito y talleres ubicados en la salida de la estación de Atxuri de Euskotren. El depósito es una estructura metálica con cubierta a dos aguas que tiene una superficie de unos 1.000 m<sup>2</sup>.

#### 4.2.2. VITORIA

La ciudad de Vitoria-Gasteiz: 236.477 habitantes.

Para hacer frente a las nuevas necesidades de movilidad, a partir de 1996 se proyectó la instalación de una red de tranvías, con una inversión total de 110 millones de euros el 3 de marzo de 2004 se aprobó el primer proyecto y las dos primeras secciones del nuevo sistema tranviario de Vitoria se inauguraron oficialmente en diciembre de 2008, mientras que el ramal de Abetxuko entró en servicio ello de julio de 2009. La explotación es realizada por Euskotren, la división tranviaria de la empresa pública Euskotren. [1]

##### *Características técnicas y explotación*

La nueva red de tranvías de Vitoria, tiene una longitud total de 7,163 Km y cuenta con 2 líneas y 18 paradas, situadas a una distancia media de 421 m. El perfil de la línea es bastante homogéneo, aunque tiene una pendiente máxima de 41,3 milésimas (4,13 %) y el radio mínimo de curva en la línea es de 20 m, si bien existe una curva de solo 12 m de radio que une las vías de lavadero y talleres en las cocheras.

El diseño de la red tiene la clásica forma de Y, ya que está formada por dos líneas que comparten un tramo común. El primer tramo, denominado Ramal Centro (2,70 Km) tiene 6 paradas y sirve el centro histórico. Por su parte, el Ramal Lakua (2,27 Km) también cuenta con 6 paradas, el Ramal Abetxuko (2,18 Km) dispone así mismo de 6 paradas. Construida con un ancho de vía de 1.000 mm, la vía es del tipo tranviario convencional (sistema de vía en placa) y está compuesta por carriles tipo tranvía del modelo Ri-60 (Phoenix) de 60 Kg/m en el tramo pavimentado y de carriles tipo ferroviario UIC-54 (Vignole) de 54 Kg/m en el tramo con césped. Ambos tipos de carriles están soldados en Barra Larga Soldada (BLS) y en la línea hay un total de 42 cambios de vía.

El tranvía está electrificado a 750 V en corriente continua y los tranvías se alimentan a través de una línea aérea sencilla sustentada a una altura de 6 m. La línea aérea está formada por un cable de cobre electrolítico de 150 mm. de sección, si bien a lo largo de todo el recorrido hay un feeder subterráneo de alimentación formado por un cable de aluminio de 150 mm' de sección. La energía eléctrica es suministrada por 5 subcentrales que transforman la corriente alterna procedente de Iberdrola (a 30.000 V) a la tensión de la línea (750 V), aunque también tienen una salida para alimentar los equipos auxiliares de las paradas.

La señalización del tranvía está compuesta por un sistema Electrans con señales luminosas específicas para el tranvía, con enclavamientos electrónicos en la línea y en cocheras. El servicio se realiza normalmente con 7 tranvías, éstos emplean 18 minutos en efectuar todo el recorrido entre Angulema y Ibaiondo y 17 minutos entre Angulema y Abetxuko, con una velocidad comercial de 17 Km/h, ya que tienen una velocidad máxima de 50 Km/h en las avenidas, de 30 Km/h en la zona peatonal y de 10 Km/h en alguna sección específica.

En principio utilizan la línea una media mensual de 305.275, los billetes tienen un coste de 1 € el billete sencillo (con validez para 50 minutos) y de 3 €(con validez para todo el día).



4.8 Tranvías y autobuses conviven [22]

### ***El material móvil***

El parque de material cuenta con 11 tranvías articulados de 6 ejes y 5 módulos (tipo M6E) con piso bajo integral (no. 501-511), que han sido construidos por CAF y Trainelec (2008-09), corresponden al modelo Urbos II y son similares a los que circulan por la red de Bilbao.

Son unos tranvías de 31,38 m de longitud, con un gálibo de 2,40 m y piso bajo (300 mm) y la tracción se realiza por medio de 8 motores trifásicos situados en los dos bogies extremos (uno por cada rueda), que han sido fabricados por ABB, son del modelo 4DDA3030 y tienen una potencia de 60 Kw (total 480 kW), con una cadena de tracción IGBT Trainelec. Los tranvías disponen de tres sistemas de frenos (eléctrico, electromagnético y mecánico con accionamiento hidráulico). Estos tranvías tienen una capacidad total de 292 viajeros.

El edificio de cocheras y talleres (10.000 m<sup>2</sup>) está dividido en dos naves separadas. La correspondiente a talleres, que también alberga las oficinas y diversas instalaciones (subestación eléctrica, enclavamiento, compresores, almacén y oficinas) comprende 5 vías longitudinales.

#### 4.2.3. LEIOA

El éxito alcanzado por el nuevo tranvía de Bilbao ha determinado que el Gobierno vasco haya impulsado nuevos proyectos de sistemas tranviarios en diferentes localidades del País Vasco, y uno de los más interesantes es el nuevo tranvía Leioa-Sestao. Este tranvía enlazará dos poblaciones que, a pesar de encontrarse situadas aguas abajo de la ría de Bilbao y a corta distancia de la capital, presentan unas características muy diferentes. Así, la ciudad de Leioa (28.381 h), ubicada en el margen derecho de la ría, tiene un carácter esencialmente residencial, y en sus afueras está la nueva Universidad del País Vasco (UPV). En cambio, la ciudad de Sestao (31.773 h) tiene unos orígenes básicamente industriales, pero actualmente sólo quedan algunas empresas instaladas en la antigua factoría de los Altos Hornos de Vizcaya, lo cual ha determinado un fuerte decrecimiento demográfico y la tasa de paro más alta de Euskadi. [1]

Para facilitar las comunicaciones entre ambas poblaciones, hoy en día casi inexistentes, se ha decidido instalar la nueva línea de tranvías de Leioa a Sestao. El nuevo tranvía tendrá dos secciones muy diferenciadas. El primer tramo, que tiene una longitud de 3.862 m y 9 paradas. El segundo tramo, en fase de proyecto, tendrá una longitud de 1.807 m y 2 paradas. La nueva línea del tranvía de Leioa (EUS-51601), con una longitud final de 5,680 Km y 11 paradas, se construirá con vía de 1.000 mm y electrificada a 750 V Y un recorrido dotado de doble vía. Una de las peculiaridades del segundo tramo, entre Leioa y Sestao, será el nuevo puente sobre la ría del Nervión, que será móvil para permitir el paso de barcos hasta el puerto interior de Bilbao.

## 4.3. TRANVÍAS BARCELONA

Ciudad de Barcelona: 1.503.884 habitantes

Región metropolitana: 5.327.000 habitantes

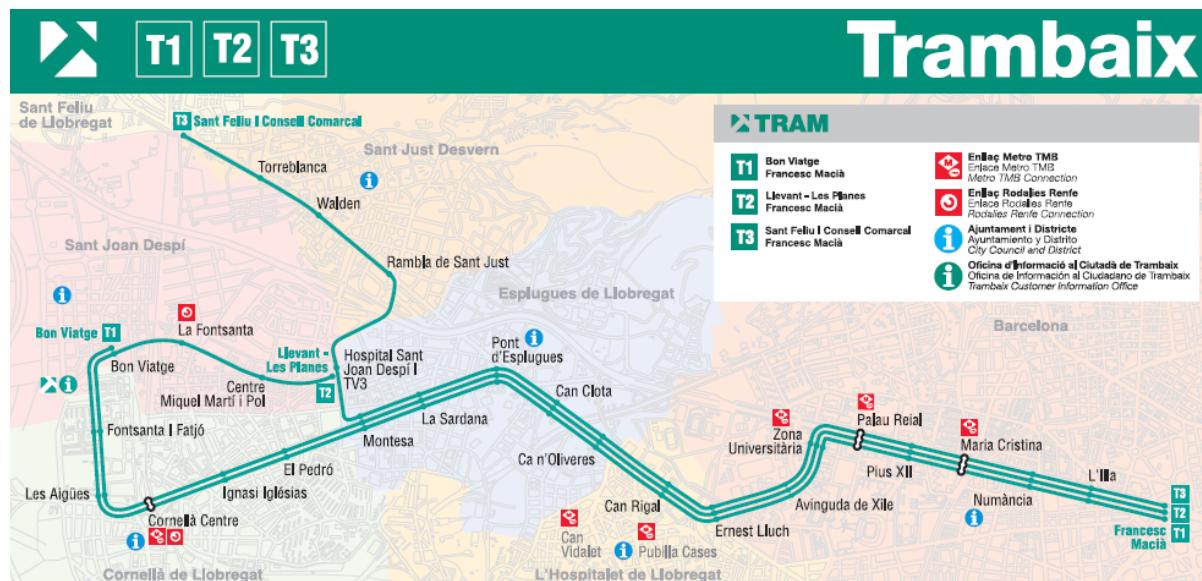
### 4.3.1. BARCELONA TRAMBAIX

En octubre de 2003 se puso en servicio el tranvía de Barcelona cuya infraestructura comenzó 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 conecta la avenida Diagonal de Barcelona con el Baix Llobregat. La línea tiene 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. [1]

Las obras de implantación estaban 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 primera piedra de la nueva red se colocó el 22 de junio de 2001 y las obras empezaron definitivamente el 23 de julio siguiente, finalizándose en el otoño del 2002 las cocheras y comenzando en paralelo la entrega de los tranvías, los cuales iniciarían las pruebas en la línea en noviembre de 2003.

Las primeras secciones del Trambaix eran tres, T1, T2, T3, con una longitud total de 11,568 Km y 24 paradas, fueron inauguradas el 3 de abril de 2004. Las líneas se fueron ampliando posteriormente, hasta las actuales.



4.9 Plano del Trambaix de Barcelona, [11]

### *Características técnicas y explotación.*

La red del Trambaix, tiene actualmente 14,914 Km, con un perfil bastante favorable, aunque tiene un pendiente máxima de 75 milésimas (7,5%) entre las paradas de les Aigües y Cornellá centre, y un radio mínimo de curva de 30 m en la bifurcación de la T-3.

La red dispone de 29 paradas, separadas a una distancia media de 540 m. Todas las paradas tienen unos andenes de 62,4m de longitud y estan dotadas de marquesinas. En su mayoría los andenes son laterales, aunque algunas paradas poseen un solo andén central.

El diseño de la red está formado por 3 líneas que transcurren en un tronco común de 6 Km. Su cometido básico es enlazar la capital catalana con las ciudades vecinas de L'hospitalet de Llobregat, Espugues de Llobregat, Cornellá de Llobregat, Sant Joan Desoí, Sant Just Desvern y Sant Feliu de Llobregat.

El Trambaix ha sido construido con un ancho de vía de 1435mm y el sistema de vía en placa, está compuesto por carriles tipo tranvía (Phoenix) de 55,48kg/m soldados en Barra Larga Soldada (BLS) y con un acabado de pavimento de hormigón y aglomerado asfáltico, la mayoría del trazado tiene cubierta de césped natural. La mayor parte de la red es de doble vía con trazado reservado, aunque también posee dos secciones de vía única. Existen un total de 74 cambios de vía, de los cuales 30 corresponden al tramo en cocheras.



4.10 Plataforma independiente en la totalidad del trazado, [11]

La línea ha sido electrificada a 750 V en corriente continua y los vehículos se alimentan a través de una línea aérea del tipo tranviario, con suspensión sencilla y sustentada mediante ménsulas a una altura media de 5,75 m por un total de 732 postes metálicos tronco-cónicos y cilíndricos.

La línea aérea está constituida por un cable de cobre electrolítico de 150 mm<sup>2</sup> de sección y a lo largo de todo el recorrido hay también un feeder de alimentación que está formado por un cable de aluminio de 1000 mm<sup>2</sup> de sección. La energía eléctrica es suministrada por 6 subcentrales que tienen una potencia de 1000kVA y transforman la corriente alterna procedente de FECSA-Endesa (a 25000V) a la tensión de línea (750V) por medio de transformadores y rectificadores.

La señalización del tranvía es del tipo ferroviario con detección por circuitos de vía, y existen 10 enclavamientos en la línea y otro para las vías de la cochera. La explotación del Trambaix se supervisa desde el Puesto Central de Control situado en las cocheras, donde también se coordina la seguridad de la línea e instalaciones por medio de cámaras.

El servicio del Trambaix se realiza con 16-18 tranvías en horas punta y 6 vehículos en las horas valle, la frecuencia es entre 4 y 16 minutos, dependiendo del día y de la hora. Con una velocidad comercial de 18,03 Km/h, ya que las tres líneas tienen una velocidad máxima de 50 Km/h, limitada a 30 Km/h en las zonas peatonales. Actualmente utilizan la línea una media de 56.329 viajeros los días laborables y de 14.826 los días festivos. El sistema de billetaje consta de dos tipos de títulos básicos: los billetes sencillos del tranvía, que permiten un viaje de ida (1,35€) y abonos, como la tarjeta T-10 que permite realizar 10 viajes con trasbordo (7,70€).

### ***Material móvil.***

Son un total de 19 tranvías articulados de 6 ejes y 5 módulos con piso bajo integral, que son del modelo Citadis 302 y han sido construidos por Alstom. A finales del 2009 se realizó un nuevo pedido de 4 tranvías suplementarios idénticos a los existentes que serán entregados en marzo de 2011.

Son unos tranvías de 32,51m de longitud, con un gálibo de 2,65m. La tracción se realiza por medio de 4 motores (situados en los dos bogies extremos), fabricados por Alstom, que son del tipo trifásico asíncrono y tienen una potencia unitaria 120 kW (total 480Kw) y cadena de tracción Onix 800 con semiconductores IGBT. Cada tranvía dispone de tres sistemas de freno: eléctrico con recuperación de energía, electromagnético con patín a carril y mecánico. El acceso de los viajeros se realiza por medio de las 6 puertas situadas en cada lateral y en su interior pueden viajar 64 personas sentadas y 154 de pie (4 per/m<sup>2</sup>). En los módulos extremos se han instalado sendas cabinas de conducción, separadas del compartimiento de viajeros por medio de una mampara transparente. Los coches disponen de climatización, sistema de megafonía, indicadores de parada y 5 tranvías ya poseen en pruebas una conexión inalámbrica a Internet.

El mantenimiento de los tranvías se realiza en las cocheras que ocupan una superficie de unos 21000m<sup>2</sup> y disponen de 2 edificios y un total de 19 vías.

Respecto a la señalización, 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 prioridad 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.



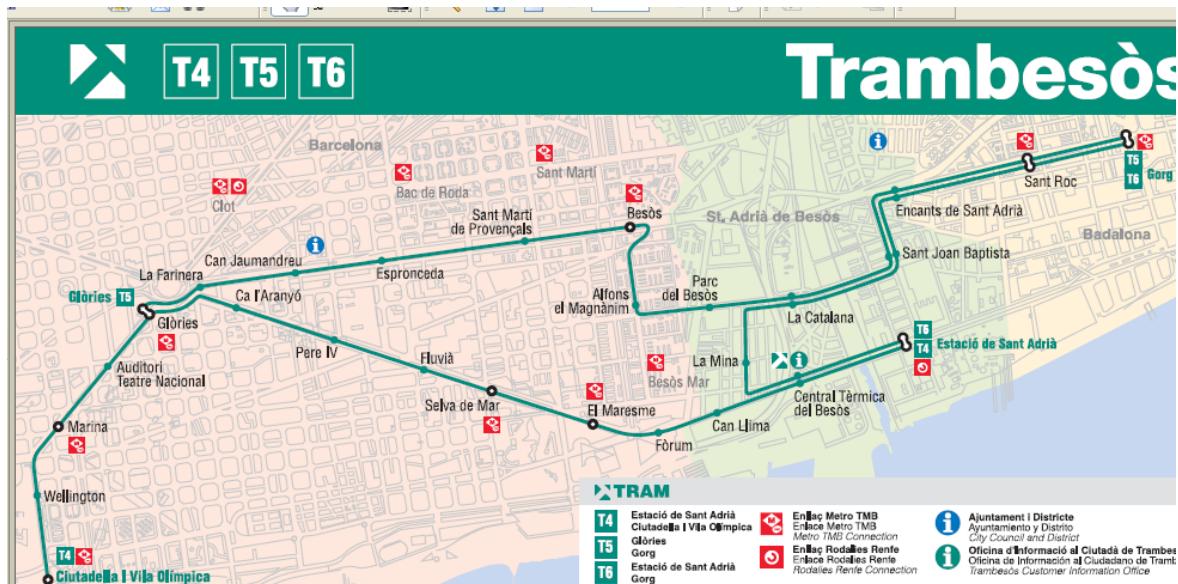
4.11 La capacidad del tranvía [11]

El tranvía circula 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 obtiene de los diferentes enclavamientos de seguridad y equipamientos de campo.

### 4.3.2. BARCELONA TRAMBESÓS

La segunda red del nuevo tranvía de Barcelona, el denominado Trambesós enlaza la parte sur oriental de Barcelona con las ciudades vecinas de Sant Adriá de Besós y Badalona.

La primera piedra del Trambesós se colocó el 10 de enero de 2003 y las obras de la línea se terminaron en 15 meses. El diseño de la red es básicamente el de una Y con un enlace transversal, y cuenta con tres líneas (nº T-4 a T-6)



4.12 plano líneas Trambesós [11]

#### *Características técnicas y explotación*

La red del Trambesós tiene una longitud de 14,318 Km, con un perfil bastante homogéneo, aunque tiene una pendiente máxima de 70 milésimas (7%) y un radio mínimo de curvatura de solo 23m. Tiene un total de 27 paradas, todas ellas tienen unos andenes de 62,4m de longitud y están dotadas de marquesinas, aunque en la línea de Badalona existen tres estaciones simisoterradas; la mayoría de las paradas disponen de andenes laterales.

El Trambesós ha sido construido con un ancho de vía de 1.435mm y el sistema de vía en placa está compuesto por carriles tipo tranvía (Phoenix) de 55,48 kg/m soldados en Barra Larga Soldada (BLS) y con un acabado de pavimento de hormigón y aglomerado asfáltico (38%), aunque la mayoría del trazado tiene cubierta de césped natural (62%). La práctica totalidad de la línea es de doble vía con trazado reservado. Existen un total de 53 cambios de vía, de los cuales 13 corresponden a la zona de cocheras.

La línea ha sido electrificada a 750 V en corriente continua y los vehículos se alimentan a través de una línea aérea del tipo tranviario, y sustentada mediante ménsulas a una altura media de 5,75m por un total de 970 postes metálicos tronco-cónicos y cilíndricos. LA línea aérea está constituida por un cable de cobre electrolítico de 150mm<sup>2</sup> de sección, y a lo largo de todo el recorrido hay un feeder de alimentación. LA energía eléctrica es suministrada por 8 subcentrales denominadas Cotxeres I (línea) y II (depósito), todas tienen

una potencia de 1000kVA y transforman la corriente alterna procedente de FECSA. Endesa (a 25000V) a la tensión de línea (750V) por medio de transformadores y rectificadores.



4.13 Tranvía pasando por parada [20]

La señalización del tranvía es del tipo ferroviario con detección por circuitos de vía, y existen 10 enclavamientos en la línea y otro para las vías de la cochera.

El servicio se realiza con 16 tranvías que tienen una frecuencia entre 8 y 20 minutos dependiendo de la línea, la hora y el día de la semana. Los tranvías emplean 20 minutos en efectuar el recorrido de la línea t-4, 22 minutos en la t-5 y 15 minutos en la T-6, con una velocidad comercial de 18,74 km/h, ya que las tres líneas tienen una velocidad máxima de 50 km/h en el ámbito urbano, de 60 km/h en la zona semisoterrada de la Gran Vía y de 10-30 km/h en zonas peatonales.

Actualmente utilizan la línea una media mensual de 624689 viajeros. Los billetes sencillos cuestan 1,35 € y la tarjeta T10 7,70€

#### ***El material móvil.***

El Trambesós cuenta con 18 tranvías articulados de 6 ejes y 5 módulos con piso bajo integral, que son del modelo Citadis 302 y ha sido construido por Alstom. Son unos tranvías de 32,51m de longitud, con un gálibo de 2,65m. la tracción se realiza por medio de 4 motores (situados en los dos bogies extremos), fabricados por Alstom, que son del tipo trifásico asíncrono y tienen una potencia unitaria de 120 Kw (total 480 Kw) y cadena de tracción Onix 800 con semiconductores IGBT. Cada tranvía dispone de tres sistemas de freno: eléctrico con recuperación de energía, electromagnético con patín a carril y mecánico. El acceso de los viajeros se realiza por medio de las 6 puertas situadas en cada lateral, y en su interior pueden viajar 64 personas sentadas y 154 de pie (4 pers/m<sup>2</sup>) con una capacidad para 218 viajeros.

El mantenimiento de los tranvías se realiza en las nuevas cocheras de Sant Adriá, que ocupan una superficie de unos 12000m<sup>2</sup> y dispone de 3 edificios y un total de 11vias. El edificio de chocheras (4000m<sup>2</sup>) también alberga los talleres, el puesto de control y los servicios administrativos.

### 4.3.3. BARCELONA TRANVÍA BLAU

Línea del tranvía del Tibidabo, conocida popularmente como el Tranvía Blau por el color tradicional de sus vehículos, fue inaugurada el 29 de octubre de 1901. La precaria situación de la compañía s.A. Tibidabo) determinó en 1979 su municipalización. Desde 1982, el tranvía Blau es explotado por Transports Metropolitans de Barcelona y fue uno de los primeros sistemas donde se separó la infraestructura de la explotación: la vía y los talleres dependen del Metro de Barcelona, pero los conductores y cobradores son de la empresa municipal de autobuses. [1]



4.14 Recorrido Tranvía Blau [11]

#### *Características técnicas y explotación*

El Tranvía Blau, construido con vía de 1435 mm y electrificado a 550V, tiene una extensión de 1,276km y todo su recorrido es de doble vía con un razado muy difícil con una fuerte pendiente de 78,9 milésimas (7,89%), a la que se añaden las curvas bajo la Plaza del Doctor Andreu, ya que salva un desnivel de 93m, entre la estación inferior (140m) y la parada superior (213m)

El tranvía cuenta con 10 paradas, que hacen diferentes tipos de servicio, ya que existen 2 paradas terminales con aguja de maniobra, 4 paradas donde paran solo los tranvías de subida y 4 paradas solo de bajada.

La línea es de vía doble en su totalidad y del clásico sistema tranviario (en el centro de la calzada). La vía está compuesta por carriles tipo tranvía (Phoenix), hay un total de 8 cambios de vía.

El tranvía está electrificado a 550 V en corriente continua y los tranvías se alimentan a través de una línea aérea sencilla sustentada mediante ménsulas a una altura variable (5,4 a

7m) por un total de 143 postes metálicos y de hormigón de diferentes tipos (18 modelos distintos). La línea está formada por un cable de cobre electrolítico de 78,5mm<sup>2</sup> de sección en la vía ascendente y de 50,2mm<sup>2</sup> de sección en la vías descendente. La energía eléctrica es suministrada por una pequeña subcentral, ubicada en la cochera que fue fabricada por Belfour Beatty y tiene un potencia de 1250 kVA, que transforma la corriente alterna procedente de FECSA-Endesa (a 11000V) a la tensión de la línea (550V) por medio de un transformador y rectificador.

Durante el periodo lectivo escolar el tranvía solo funciona los fines de semana y días festivos. En cambio durante el verano y en fiestas navideñas funciona todos los días.

El servicio se realiza habitualmente con 2 tranvías y una frecuencia de unos 15 minutos. Los tranvías emplean unos 10 minutos en efectuar el recorrido ascendente y unos 12 minutos en el retorno. La velocidad comercial es de 5,1 km/h y la velocidad máxima en la línea es de 15 km/h.

Actualmente utilizan la línea una media mensual de 16008 viajeros en temporada baja y de 55062 en la alta. La tarifa normal del tranvía es de 2,70 €el billete sencillo y de 4,10 el billete de ida y vuelta.

### ***El material móvil***

El parque de material está formado actualmente por 7 tranvías de 4 modelos diferentes:

-3 tranvías originales (nº 5, 8 y 10): construidos en 1904. son unos tranvías de 2 ejes con un truck tipo Brill 21E y disponen de dos motores construidos por Siemens d e 33kW a 550V y controles Siemens. Cada tranvía posee dos sistemas de freno: electromagnético con patín a carril y mecánico; la toma de corriente se realiza por medio de un trole y disponen de campana. El interior conforma un solo departamento con 16 asientos fijos de listones de madera con una capacidad total para 32 viajeros de pie y 16 sentados.



4.15 Interior tranvía Blau [16]

-2 tranvías idénticos a los anteriores pero modernizados (nº 6-7)

-1 coche histórico primitivo del Tramvia Blau (nº 2): construido en 1901 por Material para Ferrocarriles y Construcciones y La Industria Eléctrica. Tranvías de 2 ejes con un truck tipo Brill 21E y disponen de dos motores construidos por Siemens de 22 kW a 550V y controladas Siemens. El interior conforma un solo departamento con 2 asientos longitudinales de listones de madera y capacidad total para 22 viajeros sentados y 14 de pie.

-1 coche histórico tranvía-jardinera procedente de la red urbana de Barcelona (nº 129) que fue reconstruido sobre el chasis del Tranvía Blau nº 9



4.16 El tranvía restaurado número 6, [28]

#### 4.4. TRANVÍA REGIÓN DE MURCIA

Ciudad de Murcia: 430.571 habitantes

Durante los últimos años la ciudad ha sufrido un espectacular crecimiento urbanístico, gracias al desarrollo de las actividades agroalimentarias y también del sector servicios. Una nueva política de movilidad sostenible impulsó al ayuntamiento de Murcia a implantar en el año 2007 el denominado Plan para el Desarrollo Estratégico de las Infraestructuras, que contempla diversas actuaciones en los ámbitos viario, ferroviario y urbano, entre ellos la construcción de un nuevo sistema tranviario.

Murcia ya había tenido una red de tranvías de vía métrica (1896-1929). Actualmente la nueva sección experimental del Tranvía de Murcia se construyó en un tiempo récord, y el primer tramo fue inaugurado en mayo de 2007. En 2009 el Ayuntamiento adjudicó la construcción y explotación de la nueva red urbana a la sociedad Tranvía de Murcia S.A.



4.17 Esquema tramo inicial tranvía Murcia, [23]

##### *Características del tramo inicial*

El tramo inicial del nuevo tranvía de Murcia dispone de una línea de 2,1 km de longitud que cuenta con 4 paradas y conforma un eje sureste-noreste que enlaza el centro urbano con un área comercial y la nueva zona de negocio Juan Carlos I. Todo el recorrido sigue el trazado del desaparecido ferrocarril Murcia-Caravaca.

Con un ancho de vía de 1435mm, la vía está compuesta por carriles tipo tranvía (Phoenix) del modelo Ri60N de 60 kg/m soldados en Barra Karga Soldada y con un acabado de pavimento de hormigón y adoquín. Toda la línea es de vía doble con trazado reservado y dispone únicamente de 2 cambios de vía.

El tranvía está electrificado a 750V en corriente continua y los tranvías se alimentan a través de una línea aérea sencilla sustentada mediante ménsulas de una altura de 5,75m por postes metálicos de fundición, que se encuentran situados en la intervía. La línea aérea está formada por un doble cable de cobre electrolítico de 150mm<sup>2</sup> de sección. La energía eléctrica es suministrada por una subcentral provisional (1125 kVA de potencia), que

transforma la corriente alterna procedente de Iberdrola (a 20000V) a la tensión de la línea (750V) por medio de un transformador y rectificador.

La señalización del tranvía es muy simple y está compuesta por un sistema semafórico de prioridad tranviaria, mediante balizas de detección del tranvía, acompañadas de señales fijas indicativas de los límites de velocidad.

El servicio se realiza con dos tranvías en las horas punta y tiene una frecuencia de 10 a 20 minutos dependiendo del día y hora. Los tranvías emplean seis minutos en realizar el recorrido entre ambas terminales, ya que tienen una velocidad máxima de 15-30 km/h según las secciones.

En la actualidad utilizan el tramo inicial una media mensual de 113.497 viajeros; una característica de este tramo es su gratuidad. El servicio se realiza actualmente con dos tranvías articulados M6E con piso bajo integral (350mm) del modelo Citadis-302 y fabricados por Alstom.

El mantenimiento de los tranvías se lleva a cabo en unas instalaciones provisionales, consisten en una nave abierta de estructura metálica con cubierta a dos aguas, que tiene una superficie de 560m<sup>2</sup>, contiene una vía en su interior (con foso de revisión).

### ***La nueva red tranviaria de Murcia***

El éxito obtenido con el tramo experimental de tranvía determinó que se proyectara la construcción de una nueva red tranviaria que uniese el casco urbano de Murcia con diferentes poblaciones. En 2008 salió a concurso y en abril de 2009 se adjudicó el proyecto a las Sociedad Concesionaria Tranvía de Murcia.

### ***Características técnicas y explotación***

La nueva red del tranvía de Murcia constará de una línea principal y un ramal, con una longitud total de 17,5 km. Tendrá un diseño en forma de U y poseerá un total de 28 paradas, la distancia media entre ellas será de 625 m. Con una pendiente máxima de 67 milésimas (6,7%) y un radio mínimo de curva de 35 m.

La nueva red se construirá también con el ancho de vía 1435mm y con el sistema de vía en placa. En principio la red contará con un total de 26 cambios de vía. Entre las obras de infraestructura de la nueva línea destacan 4 viaductos.

La nueva red mantendrá la electrificación a 750V,a través de una línea aérea sustentada mediante ménsulas a una altura de 5,3m, por un total de 855 postes metálicos. La energía eléctrica será suministrada por 7 subcentrales, repartidas a lo largo de recorrido, con una potencia de 1125 kVA y que transformaran la corriente alterna procedente de Iberdrola (a 20000V) a la tensión de la línea.

La señalización consistirá básicamente en una prioridad semafórica tranviaria, mediante detectores de baliza. Se ha previsto una frecuencia de paso entre 8 minutos y 20 según horarios. los tranvías emplearán unos 34 minutos en efectuar el recorrido entre ambas terminales de línea principal y unos 7 minutos en los ramales, con una velocidad comercial respectiva de 23 y 27 km/h, ya que tendrán velocidad máxima de 50 km/h.

### *El material móvil*

El servicio se realizará con 11 tranvías articulados de seis ejes y cinco módulos con piso bajo integral del modelo Citadis-302. Son unos tranvías de 32,228m de longitud, con un gálibo de 2,40m. la tracción se realiza por medio de 4 motores situados en los dos bogies extremos, y tienen una potencia unitaria de 120 Kw (total 480Kw) y cadena de tracción Onix 800 con semiconductores IGBT. Cada tranvía dispone de tres sistemas de freno: eléctrico con recuperación de energía, electromagnético con patín a carril y mecánico. El acceso de los viajeros se realiza por medio de las 6 puertas y en su interior pueden viajar 186 personas. En los módulos extremos se han instalado sendas cabinas de conducción.



4.18 Tranvía cruzando glorieta, [28]

El mantenimiento se llevará a cabo en la nueva cochera situada en la zona norte de la ciudad, que ocupará un terreno de 20.800m<sup>2</sup> y tendrá capacidad para 15 tranvías.

## 4.5. TRANVÍA COMUNIDAD DE MADRID

Ciudad de Madrid: 3.273.006 habitantes

Madrid ha incrementado notablemente su población durante la última década; a la vez se ha producido un proceso de desarrollo urbanístico que ha superado los límites tradicionales de la ciudad, debido a esto se ha realizado la extensión de los servicios ferroviarios de cercanías y la instalación de 3 nuevas redes de tranvías que se han inaugurado a mediados del 2007, en la misma capital y en poblaciones de la corona metropolitana. [1]

### 4.5.1. MADRID MLM

La primera nueva línea tranviaria de Madrid, una ciudad que ya había tenido anteriormente una extensa red de tranvías (1871-1972), se ha construido en la parte septentrional de la ciudad como prolongación de la red del metro; la línea está integrada en la red de transportes de la Comunidad de Madrid como ML1 (Metro Ligero 1).

Los trabajos de construcción, con una inversión total de 285 millones de euros, se iniciaron en diciembre de 2004. El nuevo tranvía fue inaugurado oficialmente el 23 de mayo de 2007.



4.19 plano ML1 [17]

#### *Características técnicas y explotación*

La nueva línea de tranvías de Madrid (CM-s1001) tiene una longitud total de 5,401 Km, y su principal característica son los dos largos túneles (de 1.500 m y 1.940 m), que enlazan con dos secciones al aire libre con una longitud total de 1.961 Km. El perfil es bastante homogéneo, aunque tiene una pendiente máxima de 60 milésimas (6 %) en las rampas de salida de los túneles, y un radio mínimo de curva de 35 m.

El tranvía dispone de 9 estaciones, 4 paradas al aire libre disponen de andenes laterales y están dotadas de marquesinas, mientras que las 4 estaciones en los túneles tienen un solo andén central. Un caso aparte es la estación terminal de Pinar de Chamartín, que cuenta con dos andenes laterales y está integrada dentro del intercambiador de las líneas 1 y 4 del Metro.



4.20 Tranvía saliendo de estación subterránea [16]

La línea ha sido construida con un ancho de vía de 1.435 mm y el sistema de vía en placa. La vía está compuesta por carriles tipo tranvía (Phoenix) del modelo Ri-60N de 60 Kg/m en superficie y del tipo ferroviario (Vignole) de 54 Kg/m, ambos soldados en Barra Larga Soldada (BLS). Toda la línea es de vía doble con trazado reservado y posee 9 cambios de vía.

La línea ha sido electrificada a 750 V en corriente continua y los tranvías se alimentan a través de una línea aérea, aunque ésta es de dos tipos: en las secciones al aire libre es del tipo tranviario con suspensión en delta y sustentada mediante brazos aislantes a una altura de 5,5 a 6 m, por un total de 95 postes metálicos de planta cilíndrica que se encuentran mayoritariamente situados en la intervía. En los tramos subterráneos se ha instalado una catenaria rígida suspendida (a una altura de 4,5 m) mediante ménsulas de la bóveda del túnel. La energía eléctrica es suministrada por 3 subcentrales que fueron suministradas por Balfour Beatty, tienen una potencia de 1.000 kVA y transforman la corriente alterna procedente de Unión Fenosa (a 15.000 V) e Iberdrola (a 20.000 V) a la tensión de la línea (750 V) por medio de transformadores y rectificadores. La señalización del tranvía es muy compleja, ya que es del tipo ferroviario en el túnel y del tipo tranviario en superficie, donde está coordinada con las señales viarias.

El servicio se realiza con 7 tranvías en las horas punta y 4 vehículos en las horas valle. Los tranvías emplean unos 16 minutos en efectuar el recorrido entre ambas terminales, con una velocidad comercial de 21 Km/h, ya que tienen una velocidad máxima de 50 Km/h en el exterior y de 70 Km/h en las secciones de túnel. En principio utilizan la línea una media mensual de 396.927 viajeros.

El sistema de billetaje se encuentra integrado con el del Metro de Madrid y consta de dos tipos de títulos básicos: los billetes sencillos, que cuestan 1 € y los billetes de 10 viajes con un importe de 7,40.

***El material móvil.***

El parque de material consta de 8 tranvías articulados de 6 ejes y 5 módulos (tipo M6E), con piso bajo integral del modelo Citadis-302 y construidos por Alstom .

Son unos tranvías de 32,338 m de longitud, con un gálibo de 2,40 m. La tracción se realiza por medio de 4 motores (situados en los dos bogies extremos), que han sido fabricados por Alstom, y tienen una potencia unitaria de 120 Kw (total 480 Kw) y cadena de tracción Onix 800 con semiconductores IGBT. Cada tranvía dispone de tres sistemas de freno: eléctrico con recuperación de energía, electromagnético con patín a carril y mecánico. El acceso de los viajeros se realiza por medio de las 6 puertas (4 dobles y 2 sencillas) situadas en cada lateral, y en su interior pueden viajar 184 viajeros. En los módulos extremos se han instalado sendas cabinas de conducción, separadas del compartimento de viajeros por medio de una mampara transparente.

El mantenimiento del material se realiza en unas nuevas cocheras, ubicadas al lado del depósito de Hortaleza-4 del metropolitano y ocupan una superficie de unos 20.000 m<sup>2</sup>. Las vías de la cochera están divididas en dos niveles: uno inferior destinado a depósito y uno superior dedicado a mantenimiento.

#### 4.5.2. MADRID MLO

La zona noroccidental de Madrid, como toda la corona metropolitana de la capital, también ha sufrido un gran crecimiento urbanístico durante los últimos años. Para solucionar los nuevos problemas de movilidad, la Comunidad de Madrid decidió construir un metro ligero con fuerte carácter tranviario. El tranvía serviría además una serie de zonas industriales y de servicios a lo largo de su recorrido. La nueva red tranviaria fue denominada inicialmente Metro Ligero Pozuelo y Boadilla (MLPB), pero posteriormente se cambió su denominación por la de Metro Ligero Oeste (M LO) y sus dos líneas serían integradas en la red de transportes de la Comunidad de Madrid como líneas ML2 (Madrid-Aravaca) y ML3 (Madrid-Boadilla del Monte).



4.21 Líneas 2 y 3 de MLO [17]

#### *Características técnicas y explotación*

La nueva red de tranvías de Madrid a Pozuelo y Boadilla (CM-52001) tiene una longitud total de 22,371 Km con 28 paradas. Todas las estaciones tienen andenes de 45 m de longitud, situados mayoritariamente en los laterales. La red tiene un diseño en forma de V, está formada por dos líneas que se extienden respectivamente hacia el oeste hasta Boadilla y hacia el norte hasta Pozuelo y Aravaca, con una de las infraestructuras más importantes de los nuevos sistemas tranviarios españoles, ya que cuenta con un total de 6 viaductos y 13 túneles, si bien un túnel es compartido por ambos ramales. El perfil de las líneas tiene una pendiente máxima de 70 milésimas (7 %) en el túnel de Cantabria (línea de Boadilla), y un radio mínimo de curva de 35 m.

El ramal de Boadilla tiene 13,699 Km de longitud y dispone de 16 estaciones, el recorrido de la línea, que posee 4 viaductos y 5 túneles, conforma un eje este-oeste. Por su parte, el ramal de Pozuelo tiene una longitud de 8,672 Km y cuenta con 12 estaciones, de las cuales dos son subterráneas el recorrido del tranvía forma un eje norte-sur y dispone de 2 viaductos y 8 túneles.

La línea ha sido construida con un ancho de vía de 1.435 mm y el sistema de vía en placa está compuesto por carriles tipo tranvía (Phoenix) y con diferentes acabados: pavimento de hormigón impreso, adoquinado de piedra artificial, aglomerado y hormigón. Toda la red es de vía doble con trazado reservado y posee 84 cambios de vía, de los cuales 29 se encuentran en la zona de cocheras.

El nuevo tranvía ha sido electrificado a 750 V en corriente continua y los vehículos se alimentan a través de una línea aérea, aunque ésta es de dos tipos: en las secciones al aire libre es del tipo tranviario, con suspensión sencilla. En los tramos subterráneos se ha instalado una catenaria rígida suspendida mediante ménsulas de la bóveda del túnel.

La energía eléctrica es suministrada por 12 subcentrales, que fueron suministradas por Siemens y ABB, tienen una potencia de 1.200 kVA y transforman la corriente alterna procedente de Iberdrola (a 15.000 y 20.000 V según el punto de suministro) a la tensión de la línea (750 V) por medio de transformadores y rectificadores.

La señalización del tranvía es del tipo ferroviario, mediante circuitos de vía, con cinco enclavamientos en la línea y otro para las vías de la cochera. El servicio se realiza con 22 tranvías en general los días laborables hay una frecuencia mínima de paso de 6 minutos.. Los tranvías emplean 22 minutos en efectuar el recorrido entre Colonia Jardín y Aravaca (con una velocidad comercial de 22,51 Km/h y de 33 minutos entre Colonia Jardín y Boadilla (24,45 Km/h), ya que ambas líneas tienen una velocidad máxima de 70 Km/h en las zonas interurbanas, de 50 Km/h en las zonas urbanas, y de 20 Km/h en secciones puntuales peatonales. En principio utilizan la línea una media mensual de 650.000 viajeros.

### ***El material móvil***

El parque de material consta de 27 tranvías articulados de 6 ejes y 5 módulos (tipo M6E), con piso bajo integral del modelo Citadis-302 y construido por Alstom

Son unos tranvías de 32,338 m de longitud, con un gálibo de 2,40 m. La tracción se realiza por medio de 4 motores (situados en los dos bogies extremos), fabricados por Alstom, que son del modelo 4HGA-1433 y del tipo trifásico asíncrono, y tienen una potencia unitaria de 120 Kw (total 480 Kw) y cadena de tracción Onix 800 con semiconductores IGBT. Cada tranvía dispone de tres sistemas de freno: eléctrico con recuperación de energía, electromagnético con patín a carril y mecánico. En su interior pueden 180 viajeros.

El mantenimiento se efectúa en un amplio depósito ubicado en la Ciudad de la Imagen, que ocupa una superficie de 46.500 m<sup>2</sup> y dispone de 5 edificios y un total de 17 vías.



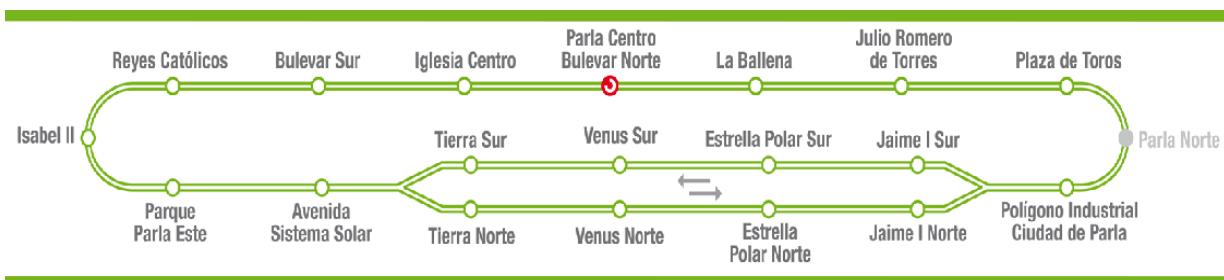
4.22 Tranvía saliendo de cocheras [16]

### 4.5.3. PARLA

Ubicada en la parte meridional de la Comunidad de Madrid, la ciudad de Parla ha tenido un espectacular crecimiento demográfico, ya que ha pasado de 1.809 habitantes en 1960 a 79.213 en 2001 y 119.517 en 2009.

La construcción del nuevo sistema tranviario de Parla obedece tanto a la necesidad de mejorar el sistema de transportes urbanos como a la de realizar un proceso de renovación urbanística. Las obras se iniciaron en el otoño de 2005 y los trabajos se dividieron en dos fases, que correspondían respectivamente a las zonas septentrional y meridional de la ciudad, y fueron realizados por el Ayuntamiento de Parla y la Comunidad de Madrid. La explotación del nuevo tranvía es realizada mediante una concesión de 40 años por la compañía Tranvía de Parla, S.A.

La primera sección del nuevo tranvía, que comprendía la parte norte de la red, desde las cocheras hasta el Parque Parla Este, con una longitud de 4,25 Km y 9 paradas, fue inaugurada oficialmente en mayo de 2007. La segunda fase, que servía básicamente el nuevo barrio de Parla-Este, con una longitud de 3,25 Km y 6 paradas, sería inaugurada el 8 de septiembre de 2007. La tercera y última fase, que completó el círculo, tiene una longitud de 900 m y entró en servicio el 21 de mayo de 2008.



4.23 Plano del tranvía de Parla [18]

#### *Características técnicas y explotación.*

La red de tranvías de Parla tiene una longitud de 8,5 Km y cuenta con un total de 16 paradas, las paradas disponen mayoritariamente de andenes laterales, de 40 m de longitud y dotados de marquesinas. El perfil de la línea es bastante homogéneo, aunque tiene una pendiente máxima de 60 milésimas (6 %) y un radio mínimo de curva de 25. La estructura del nuevo sistema tranviario es realmente interesante, ya que tiene un diseño con forma de anillo y ha permitido crear un servicio de circunvalación que sirve a todos los barrios de la ciudad.

Construida con un ancho de vía de 1.435 mm, la vía está compuesta por carriles tipo tranvía (Phoenix). Toda la línea dispone de trazado reservado y la mayor parte del recorrido es de vía doble, existen un total de 41 cambios de vía, de los cuales 29 se encuentran en la zona de cocheras.

El tranvía está electrificado a 750 V en corriente continua y los tranvías se alimentan a través de una línea aérea sencilla sustentada mediante ménsulas y parafil a una altura de 5,5 m por un total de 507 postes metálicos. La energía eléctrica es suministrada por 3 subcentrales construidas por Alstom, que tienen una potencia de 2.000 kVA y transforman la

corriente alterna procedente de Iberdrola (a 15.000 V) a la tensión de la línea (750 V) por medio de transformadores y rectificadores.

La señalización de la línea es del tipo tranviario y está compuesta por un conjunto de señales, acompañadas de señales fijas de los límites de velocidad. El servicio se realiza con 8 tranvías en las horas punta y 6 vehículos en las horas valle. Los tranvías emplean 27 minutos en efectuar todo el recorrido (una vuelta completa) con una velocidad comercial de 20 km/h, ya que tienen una velocidad máxima de 20-50 Km/h que varía según las secciones



4.24 Tranvías en cocheras [16]



4.25 señalización tranviaria [18]

En principio utilizan la línea una media mensual de 339.765 viajeros. El sistema de billeteo está formado por dos tipos de títulos básicos: los billetes que sirven únicamente para el tranvía y los diversos títulos y abonos del Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

### ***El material móvil***

El parque de material consta de 9 tranvías articulados de 6 ejes y 5 módulos (tipo M6E) con piso bajo integral del modelo Citadis-302 y construidos por Alstom. Son unos tranvías de 32,338 m de longitud, con un gálibo de 2,40 m. La tracción se realiza por medio de 4 motores (situados en los dos bogies extremos), fabricados por Alstom, que son del modelo 4HGA-1433 y del tipo trifásico asincrónico, y que tienen una potencia unitaria de 120 Kw (total 480 Kw) y cadena de tracción Onix 800 con semiconductores IGBT. Cada tranvía dispone de tres sistemas de freno: eléctrico con recuperación de energía, electromagnético con patín a carril y mecánico. El acceso de los viajeros se realiza por medio de las 6 puertas (4 dobles y 2 sencillas) situadas en cada lateral, y en su interior pueden viajar 212 viajeros.

El mantenimiento del material móvil se efectúa en unas modernas cocheras situadas en el extremo septentrional de la línea, que ocupan una superficie de unos 20.000 m<sup>2</sup> y tienen un total de 12 vías: 5 vías destinadas a talleres, 6 vías dedicadas a depósito descubierto, 1 vía de paso para el bucle interno de conexión y 1 vía para la estación de servicio.

## 4.6. TRANVÍA TENERIFE

Ciudad de Santa Cruz de Tenerife: 188.477 habitantes.

Es la capital de la isla de Tenerife y cocapital de las islas Canarias se ha expandido progresivamente hasta formar una gran conurbación con la vecina ciudad de San Cristóbal de La Laguna y otras poblaciones de los alrededores que se aproxima al medio millón de habitantes. [1]

Así, la red viaria está muchas veces al límite de capacidad, y a finales de los años noventa las autoridades insulares previeron que en 2012 se llegaría al punto de saturación si no se tomaban medidas radicales. Al final, se optó por un sistema de tranvías que uniera las poblaciones del área metropolitana, y que, de hecho, sería la segunda red de tranvías de la isla, dado que ya había existido un tranvía eléctrico de Santa Cruz a La Laguna (1901-1956). La inauguración oficial del nuevo tranvía se realizaría en junio de 2007. La nueva línea 2 se inauguró en mayo de 2009. Actualmente se están estudiando diferentes proyectos de prolongación de las líneas.



4.26 plano red tranvías Tenerife [15]

### *Características técnicas y explotación*

La nueva red de tranvías de Tenerife consta de dos líneas (nº 1-2) con una longitud total de 14,660 Km y 25 paradas. Las paradas, situadas a una distancia media de 610 m, conforman dos tipologías: con andenes centrales o andenes laterales. El perfil de la línea es muy duro y el radio mínimo de curva es de 26 m.

El trazado de la línea 1 forma un eje norte-sur de 12,5 Km de longitud que une Santa Cruz de Tenerife con La Laguna y dispone de 21 paradas, una de las particularidades del recorrido es el desnivel de unos 540 m que salva entre ambas poblaciones, el cual ha determinado que la pendiente media de la línea sea de 42,8 milésimas (4,28 %) y la pendiente máxima alcance las 85 milésimas (8,5%).

Por su parte, la línea 2 conforma un eje transversal entre los barrios de La Cuesta y Tíncer, tiene una longitud total de 3.600 m, la pendiente máxima también alcanza las 85 milésimas (8,5%).

Construida con un ancho de vía de 1.435 mm, la vía está compuesta por carriles tipo tranvía (Phoenix) de 54 Kg/m de los modelos 35GP13 (línea 1 y Cochertas) y Ri54G2 (línea 2) y del tipo ferroviario (Vignole) de 54 Kg/m y del modelo UIC-54 en el foso de Talleres.

Toda la red es de vía doble y existen un total de 67 cambios de vía, de los cuales 35 cambios en la zona de la cochera.

El tranvía está electrificado a 750 V en corriente continua y los tranvías se alimentan a través de una línea aérea sencilla, sustentada mediante ménsulas a una altura de 6,10 m. La línea aérea está constituida por un cable de cobre electrolítico de 150 mm<sup>2</sup> de sección; a lo largo del recorrido hay también un feeder de alimentación formado por un cable de cobre electrolítico de 240 a 400 mm<sup>2</sup> de sección

La energía eléctrica es suministrada por 7 subcentrales que tienen una potencia de 2.000 kVA y transforman la corriente alterna (a 20.000 V) a la tensión de la línea (750 V) por medio de transformadores y rectificadores. El tranvía de Tenerife es un buen ejemplo de transporte ecológico, ya que actualmente cuenta con una planta fotovoltaica en la cubierta de las cocheras, que está formada por un total de 5.400 placas (6.836 m<sup>2</sup>) y que tiene una potencia de 880 Kw, aunque en el futuro toda la energía que consumirá procederá de fuentes renovables, como la central eólica en proyecto.

La señalización del tranvía es del tipo ferroviario con enclavamientos (en las 4 terminales, en los 3 pasos inferiores y en cocheras), y del tipo tranviario con prioridad semafórica en el resto del trazado. El servicio se realiza con 22 tranvías, la frecuencia de paso se efectúa de acuerdo con la demanda, así puede ser entre 5 y 30 minutos.



4.27 Marcas visuales para los peatones [16]

Los tranvías emplean 35 minutos en efectuar todo el recorrido de la línea 1 y de 10 minutos entre en línea 2, con una velocidad comercial de 20 Km/h y una velocidad máxima de 50 Km/h en los tramos suburbanos, de 30 Km/h en las zonas peatonales y menor en determinadas secciones.

En principio utilizan la red una media mensual de 1.240.517 clientes; la tarifa del tranvía es de 1,30 € (billete sencillo) y 2,45 € (ida y vuelta), aunque existen diferentes tipos de abono que reducen sensiblemente el precio de cada viaje.



4.28 Tranvía por Rambla de Pulido [16]

### ***El material móvil***

El parque de material dispone de 26 tranvías articulados de 6 ejes y cinco módulos (tipo M6E) con piso bajo integral del modelo Citadis-302E que fueron construidos por Alstom. Estos tranvías conforman un modelo especial, ya que las fuertes pendientes de la línea determinaron que los 6 ejes fueran matrices.

Son unos tranvías de 32,3 m de longitud, con un gálibo de 2,40 m. La tracción se realiza por medio de 6 motores (situados en los tres bogies), fabricados por Alstom, que son del modelo 4HGA-1433 del tipo trifásico asíncrono y tienen una potencia unitaria de 120 Kw (total 720 Kw) y dos cadenas de tracción Onix 800 con semiconductores IGBT independientes que gobiernan cada una tres ejes. Cada tranvía dispone de tres sistemas de freno: eléctrico con recuperación de energía, electromagnético con patín a carril y mecánico. El acceso de los viajeros se realiza por medio de las 6 puertas (4 dobles y 2 sencillas) situadas en cada lateral, y en su interior pueden viajar 64 personas sentadas (56 asientos fijos y 8 abatibles) y 137 de pie (4 pers/m<sup>2</sup>), con una capacidad para 201 viajeros.



4.29 Tranvía en el Intercambiador [16]

## 4.7. TRANVÍA ANDALUCÍA

Andalucía es sin duda la región europea que más ha apostado por el retorno del tranvía, ya que en un breve espacio de tiempo el ente público Ferrocarriles de la Junta de Andalucía ha logrado poner en servicio un total de 3 redes (Vélez-Málaga, Metro Centro de Sevilla y Metro de Sevilla), iniciar la construcción de otras 7 (Alcalá de Guadaira, Aljarafe, Dos Hermanas, Tram-tren Bahía de Cádiz, Granada, Jaén y Málaga). [1]

### 4.7.1. GRANADA.

La ciudad de Granada: 240.661 habitantes.

Durante muchos años Granada dispuso de una extensa red de tranvías (1904-1974) y por el famoso tranvía Granada Sierra Nevada de vía de 750 mm (1925-1974), pero ambos serían clausurados por FEVE. Los primeros proyectos de nuevos tranvías fueron una realidad en noviembre de 2006 la Junta de Andalucía adjudicó las obras del primer tramo del denominado Metropolitano de Granada, el cual se prevé abrir en el 2012. [1]

#### *Características técnicas y explotación*

La nueva red de metro ligero de Granada es un tranvía suburbano moderno, tanto por el material (con tranvías de piso bajo), como por el tipo de explotación y también por el hecho que todo su recorrido (con trazado independiente) sólo dispone de un tramo subterráneo (2,4 Km) para atravesar el casco urbano de Granada.

Consta de una línea de 16,135 Km de longitud y cuenta con 26 paradas. Todas ellas disponen de andenes de 68 m de longitud, la mayoría con andenes laterales. El perfil de la línea posee una pendiente máxima de 60 milésimas (6%) y el radio mínimo de curva es de 25 m. El trazado se desarrolla por la parte occidental de la ciudad y se inicia en la población meridional de Armilla, sirve al centro de la ciudad de Granada y finaliza en las poblaciones septentrionales de Maracena y Albolote.

La línea se ha construido con un ancho de 1435mm y compuesta por carriles tipo tranvía (Phoenix) del modelo Ri60N de 60 Kg/m soldados en Barra Larga Soldada (BLS). El recorrido dispondrá en su mayor parte de doble vía con trazado reservado, En la línea hay un total de 42 cambios de vía, de los cuales 25 se encuentran en el depósito.

La línea ha sido electrificada a 750 V en corriente continua y los tranvías se alimentan a través de una línea aérea, aunque ésta es de 2 tipos: en las secciones al aire libre es del tipo tranviario, sustentada mediante ménsulas a una altura de 5,75 m por un total de unos 600 postes metálicos situados mayoritariamente en los laterales, mientras que en los tramos subterráneos se ha instalado una catenaria rígida suspendida de la estructura del túnel.

La energía eléctrica será suministrada por 7 subcentrales ubicadas a lo largo del trazado, tienen una potencia de 3000kVA (dos), 2.000 kVA (cuatro) y 1.000 kVA (una). Todas ellas transforman la corriente alterna procedente de Sevillana-Endesa (a 20.000 V) a la tensión de la línea (750V) por medio de transformadores y rectificadores.

La señalización de la línea es del tipo ferroviario con circuitos de vía y 15 enclavamientos electrónicos. Los tranvías emplearán unos 23 minutos entre Albolote y Granada y 24 minutos entre ésta y Armilla. La velocidad comercial será de 20 Km/h, ya que tienen una velocidad máxima de 70 Km/h en el tramo subterráneo y de 20-30 Km/h en las zonas peatonales. Se estima que la línea será utilizada diariamente por unos 42.600 usuarios.



4.30 simulación del nuevo tranvía [16]

### ***El material móvil***

El servicio del nuevo metro ligero de Granada se realizará inicialmente con 15 tranvías articulados de piso bajo y un gálibo de 2,65 m, con una capacidad de unos 200 viajeros. El mantenimiento de los vehículos se llevará a cabo en unas nuevas cocheras que ocupan una parcela de 62.684 m<sup>2</sup> de superficie y dispone de 3 edificios y 17 vías.

#### 4.7.2. JAÉN.

Ciudad de Jaén: 120.021 habitantes

Dentro de la nueva política de transportes sostenibles, la Junta de Andalucía inició los trámites para instalar la primera línea del denominado Sistema Tranviario de Jaén. En 2009 se adjudicó la construcción de la primera línea de tranvía a un consorcio liderado por Alstom y la constructora Gea21 por un importe de 71,8 millones de euros. Se proyecta inaugurar la red tranviaria en 2011.

##### *Características técnicas y explotación.*

El nuevo tranvía de Jaén consta de una línea de 4,760 Km de longitud y cuenta con 10 paradas. Todas las paradas disponen de andenes de 32 m de longitud y marquesinas. El perfil de la línea es bastante escarpado, y posee una pendiente máxima de 50 milésimas (5 %), el radio mínimo de curva es de 30 m.

El trazado de la nueva línea, íntegramente en superficie, configura un gran eje norte sur y enlaza la zona industrial del norte de la ciudad con los principales equipamientos del centro urbano. Destacan los dos intercambiadores situados respectivamente en las estaciones de autobuses y de ferrocarril.

La línea se ha construido con un ancho de 1.435 mm, y se ha utilizado la vía en placa con diferentes tipos de acabado. La vía está compuesta por carriles tipo tranvía (Phoenix) del modelo Ri60N de 60 Kg/m soldados en Barra Larga Soldada. El recorrido dispondrá en su mayor parte de doble vía con trazado reservado.



4.31 simulación tranvía Jaén [28]

El tranvía será electrificado a 750 V en corriente continua y los tranvías se alimentarán a través de una línea aérea sencilla sustentada mediante ménsulas a una altura de 5-6 m por un total de 202 postes metálicos que se encuentran situados tanto en la intervía como en los laterales. La energía eléctrica es suministrada por una central que transforma la corriente alterna procedente de Sevillana Endesa (a 132.000 V) a 20.000 V, y alimenta las tres

subcentrales situadas a lo largo del trazado, que transforman la corriente alterna (20.000 V) a la tensión de la línea (750 V) por medio de transformadores y rectificadores.

La señalización de la línea es del tipo tranviario, con enclavamientos electrónicos. El sistema de billetaje estará formado por dos tipos de títulos: billetes sencillos y los diferentes tipos de abonos.

### ***El material móvil***

El servicio se realizará con tranvías articulados de piso bajo, de un tipo similar al de resto de tranvías de nueva generación, y la conservación del material móvil se efectuará en las nuevas cocheras que ocupan una parcela de 23.031 m<sup>2</sup> y disponen de 2 edificios y 12 vías.

#### 4.7.3. VÉLEZ-MÁLAGA

Ciudad de Vélez-Málaga 57.142 habitantes

Cabe destacar su notable crecimiento durante la última década, tanto por el desarrollo turístico como por la inmigración. La ciudad tiene dos núcleos de población: uno en el interior (Vélez-Málaga) y el otro en la costa (Torre del Mar). Los crecientes problemas de movilidad y la necesidad de enlazar los dos núcleos determinaron la construcción de un tranvía, la primera sección del nuevo sistema tranviario fue inaugurada en octubre de 2006. Actualmente ya se han finalizado las obras de una primera prolongación.

##### *Características técnicas y explotación*

El tranvía de Vélez-Málaga consta de una línea de 6,070 Km de longitud y cuenta con 12 paradas, todas ellas con andenes de 33 m de longitud. El perfil de la línea es bastante homogéneo, pero hay una pendiente máxima de 65 milésimas (6,5 %) y el radio mínimo de curva es de 30m.

La línea se ha construido con un ancho de 1.435 mm, La vía está compuesta por carriles tipo tranvía (Phoenix) del modelo Ri60N de 60 Kg/m en las secciones urbanas y de carriles tipo ferroviario UIC-54 (Vignole) de 54 Kg/m en el tramo interurbano. Ambos tipos de carriles están soldados en Barra Larga Soldada (BLS) y en la línea hay un total de 16 cambios de vía. La mayor parte de la línea es de vía doble y dispone de trazado reservado.

El tranvía está electrificado a 750 V en corriente continua y los tranvías se alimentan a través de una línea aérea sencilla sustentada mediante ménsulas a una altura de 5,75 m por un total de 270 postes metálicos de fundición. La energía eléctrica es suministrada por una subcentral, ubicada en la cochera, que fue fabricada por ABB, tiene 2 grupos de 2.250 kVA de potencia y transforma la corriente alterna procedente de Sevillana Endesa (a 20.000 V) a la tensión de la línea (750 V) por medio de transformadores y rectificadores; también posee un grupo de 100 kVA para el servicio de talleres.

La señalización de la línea es del tipo ferroviario, con bloqueo automático y enclavamientos electrónicos, y dispone de tres tipos de semáforos (tranviarios, de detección y viarios. El servicio se realiza con dos tranvías en las horas punta y una frecuencia mínima de paso de 20 minutos; Los tranvías emplean 17 minutos en efectuar todo el recorrido inicial entre Vélez-Málaga y Torre del Mar, con una velocidad comercial de 20 Km/h, ya que tienen una velocidad máxima de 50 Km/h en los tramos suburbanos y de 15 Km/h en las zonas peatonales.

En principio utilizan la línea una media mensual de 40.058. El sistema de billetaje está formado básicamente por billetes de papel térmico impresos en maquinas portátiles PDA, la tarifa de billete sencillo del tranvía es de 1,30 € pero los diferentes tipos de abono reducen sensiblemente el precio de cada viaje.



4.32 Tranvía tomando curva [19]

### ***El material móvil***

El parque de material consta de 3 tranvías articulados de 6 ejes y 5 con piso bajo. Son del modelo Urbos II, han sido construidos por CAF (2005-06) y son similares a los del resto de nuevas redes tranviarias andaluzas.

Son unos tranvías de 32 m de longitud, con un gálibo de 2,65 m, y la tracción se realiza por medio de 8 motores (situados en los dos bogies extremos), y tienen una potencia unitaria de 61 Kw (total 488 Kw). Cada tranvía dispone de 3 sistemas de freno (eléctrico con recuperación de energía, electromagnético con patín a carril y mecánico de accionamiento hidráulico). El acceso de los viajeros se realiza por medio de las 6 puertas (4 dobles y 2 sencillas) situadas en cada costado, y en su interior pueden viajar 57 personas sentadas y 145 de pie (4 pers/m<sup>2</sup>), con una capacidad para 202 viajeros. En los módulos extremos se han instalado sendas cabinas de conducción, separadas del compartimento de viajeros por medio de una mampara transparente.

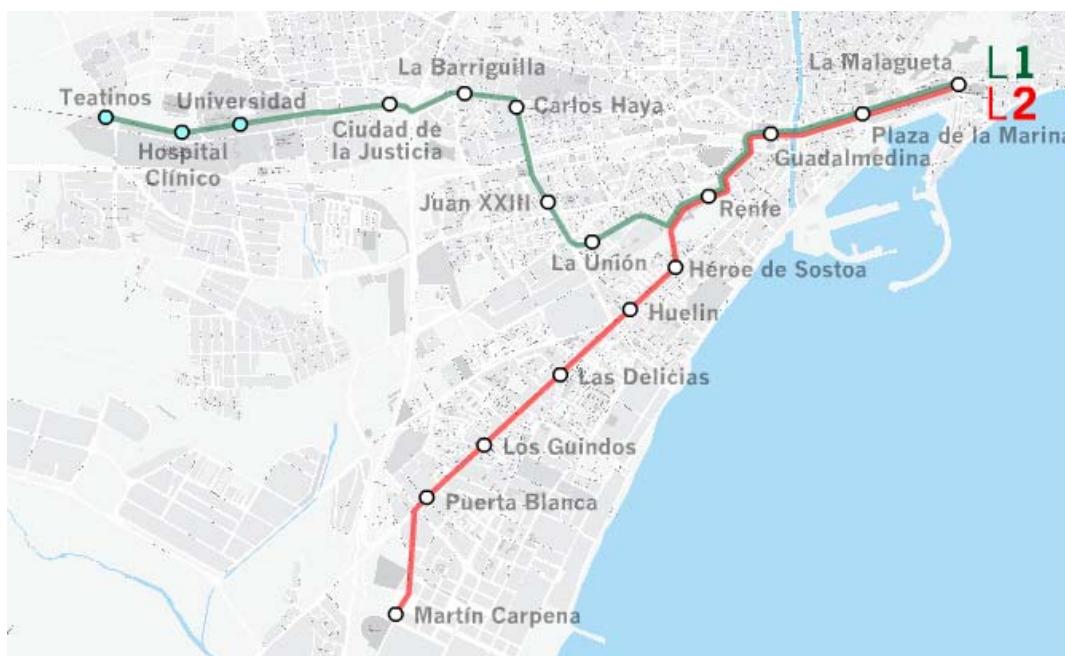
El mantenimiento de los tranvías se lleva a cabo en una cochera situada en la parte central de la línea, a la que se accede por un pequeño ramal situado entre las paradas de El Ingenio y Hospital, ocupa una parcela de 21.760 m<sup>2</sup> y dispone de 2 edificios y 3 vías.

#### 4.7.4. MÁLAGA

Ciudad de Málaga: 524.414 habitantes

Ha tenido un gran desarrollo urbanístico durante las últimas décadas hasta convertirse en la segunda ciudad de Andalucía. Así, en diciembre de 2007 se logró la *llegada de la* línea ferroviaria de alta velocidad y a la vez se *ha* iniciado la ampliación de la línea de cercanías y la construcción de una nueva red de metro ligero. [1]

El nuevo sistema tranviario será el segundo de la ciudad, ya que Málaga había poseído anteriormente una antigua red de tranvías (1881-1961); Las obras de la red se iniciaron en 2004 (se prevé inaugurar en 2011), pero ya se está estudiando el proyecto de prolongación de la línea 1.



4.33 Plano tranvía Málaga [19]

#### *Características técnicas y explotación*

La nueva red de metro ligero de Málaga (AN-54201) tendrá una extensión inicial de 16,894 Km (con un diseño en forma de Y) y dispondrá de 2 líneas que se desarrollarán por la parte occidental de la ciudad y que contarán con 21 estaciones, existen un total de 15 estaciones subterráneas y 6 en superficie.

Toda la red es de doble vía con trazado reservado, una parte del cual es subterráneo (13,848 Km) mientras que el resto (3,046 Km) es al aire libre. El perfil de las líneas es bastante homogéneo, pero la pendiente máxima alcanza las 40 milésimas (4 %) y el radio mínimo de curva es de 40 m.

La línea 1 (10,496 Km) dispondrá de 15 estaciones y enlazará la céntrica zona de la Malagueta (junto al puerto) con los barrios del noroeste, su trazado será mayoritariamente subterráneo. Por su parte los tranvías de la línea 2 compartirán parte del trazado de la línea 1

La red se ha construido con un ancho de 1.435 mm, pero se han utilizado dos sistemas de vía. En el tramo subterráneo se ha utilizado vía ferroviaria sobre placa de hormigón, mientras que en el tramo de superficie se ha empleado vía tranviaria en placa con acabado de granito.

El nuevo tranvía ha sido electrificado a 750 V en corriente continua y los vehículos se alimentan a través de una línea aérea, aunque esta es de dos tipos: en las secciones al aire libre es del tipo tranviario, con suspensión sencilla y sustentada mediante ménsulas a una altura de 7 m. En los tramos subterráneos se ha instalado una catenaria rígida suspendida de la bóveda del túnel. La línea aérea está constituida por un cable de cobre electrolítico de 150 mm<sup>2</sup> de sección.

La energía eléctrica será suministrada por 6 subcentrales, que tienen una potencia de 2.250 kVA y transforman la corriente alterna procedente de Sevillana Endesa (a 20.000V) a la tensión de línea (750 V) por medio de transformadores y rectificadores.

Se prevé una frecuencia de paso de 6 y el tiempo de recorrido estimado será de 18 minutos en la línea 1 y de 12 minutos en la línea 2, con una velocidad comercial de 20 Km/h en superficie y 29 Km/h en túnel, ya que las velocidades máximas serán de 50 y 70 Km/h respectivamente.

### ***El material móvil***

El servicio del nuevo metro ligero de Málaga se realizará inicialmente con 16 tranvías articulados de 6 ejes y 5 módulos con piso bajo integral. Son del modelo Urbos III, construidos por CAF y similares a los del resto de nuevas redes tranviarias andaluzas como el de Vélez-Málaga

El mantenimiento del material móvil se efectuará en unas cocheras situadas al final de la línea 1, cerca del cementerio. El depósito ocupa una superficie total de unos 68.000 m<sup>2</sup> y dispondrá de 5 edificios y 18 vías.

#### 4.7.5. SEVILLA

Ciudad de Sevilla: 699.759 habitantes

Sevilla ya dispuso de una extensa red de tranvías urbanos (1887-1960), pero para hacer frente a las crecientes necesidades de movilidad, la Junta de Andalucía aprobó en 2006 el denominado Plan de Transporte Metropolitano de Sevilla, que preveía la construcción de una red de metro ligero, que atravesaría el centro urbano por medio de túneles pero se convertiría en tranvía en las afueras (Metro de Sevilla), y el retorno del tranvía a las calles de la ciudad (Metro Centro). Asimismo se ha proyectado construir otros sistemas tranviarios en las afueras de la capital como el Tranvía de Alcalá de Guadaira (12,3 Km), el Tranvía de Dos Hermanas (8,4 Km) y el Tranvía del Aljarafe (28 Km).

##### 4.7.5.1. METRO CENTRO

La progresiva congestión del tráfico en el casco histórico de Sevilla, una zona que se caracteriza por sus calles estrechas y la existencia de numerosos monumentos motivó que desde el Ayuntamiento de la ciudad se optara por una profunda intervención urbanística.

Las obras del nuevo tranvía urbano de Sevilla y denominado Metro Centro se iniciaron en abril de 2006, y los trabajos se prolongaron durante poco más de un año con un coste total de 60,5 millones de euros. La primera sección de la línea fue inaugurada el 28 de octubre de 2007. Actualmente se trabaja en su prolongación hasta la estación Adif de San Bernardo, que se proyecta abrir al servicio durante el año 2010



4.34 Plano línea Tranvía Sevilla [24]

Una de las particularidades del nuevo tranvía de Sevilla será el sistema de alimentación eléctrica, ya que todo el recorrido ha sido dotado de línea aérea, aunque se tiene previsto suprimirla con los nuevos tranvías con baterías sistema ACR.

##### *Características técnicas y explotación*

La nueva línea de tranvías urbanos de Sevilla tiene una longitud inicial de 1,317 Km y cuenta con 4 paradas, situadas a una distancia media de 456 m, aunque próximamente está prevista su ampliación con la entrada en servicio en 2010 de la prolongación hasta San Bernardo, que añadirá 885 m de longitud y una nueva parada al tranvía. Existe un desnivel de 2,03 m entre el punto más alto y el más bajo del recorrido y una pendiente máxima de 16,8 milésimas (1,68 %) en , el radio mínimo de curva es de 25 m.

El nuevo tranvía se ha construido con un ancho de 1.435 mm, y se ha utilizado la vía en placa con diferentes tipos de acabado (granito, hormigón y asfalto). La vía está compuesta

por carriles tipo tranvía (Phoenix) del modelo Ri60N de 60 Kg/m soldados en Barra Larga Soldada (BLS). En la línea hay un total de 26 cambios de vía.

El tranvía está electrificado a 750 V en corriente continua y los tranvías se alimentaran a través de una línea aérea sencilla tipo tranviario sustentada mediante ménsulas a una altura de 5,85-6,10 m por un total de 171 postes metálicos (85 especiales con el diseño de las clásicas farolas Fernandinas), que se encuentran situados tanto en la intervía como en los laterales. La energía eléctrica es suministrada por dos subcentrales, ubicadas en la cochera y en la Plaza Nueva (subterránea), cada una de 2x1.250 kVA de potencia y que transforman la corriente alterna procedente de Sevillana Endesa (a 20.000 V) a la tensión de la línea (750 V) por medio de transformadores y rectificadores. La señalización de la línea es del tipo tranviario.



4.35 el nuevo tranvía a su paso por la catedral [19]

El servicio se efectúa normalmente con cuatro tranvías, en general hay una frecuencia mínima de paso de 6 minutos. Los tranvías emplean unos 11 minutos en efectuar el recorrido entre ambas terminales, con una velocidad comercial de 7,27 Km/h, ya que tienen una velocidad máxima de 20 Km/h en las zonas peatonales.

En principio utilizan la línea una media mensual de unos 450.000 viajeros El sistema de billetaje está formado por dos tipos de títulos básicos: los billetes sencillos (un viaje) con un coste de 1,20 € Y las tarjetas multiviaje.

### *El material móvil*

El material móvil está formado en la actualidad por 4 tranvías articulados de 6 ejes y 5 módulos (tipo M6E) de piso bajo integral (nº 101-104), fabricados por CAF. Son unos tranvías de 31,26 m de longitud, con un gálibo de 2,65 m y piso bajo integral (350 mm). La tracción se realiza por medio de 8 motores (situados en los dos bogies extremos), y tienen una potencia unitaria de 61 Kw (total 488 Kw). Cada tranvía dispone de 3 sistemas de freno; cada tranvía con una capacidad total para 275 viajeros. Los tranvías funcionan como unidades sencillas, pero están preparados para circular en doble tracción y están dotados de un enganche automático.

Actualmente los tranvías funcionan en todo el trazado con toma de corriente por línea aérea, pero la previsión de sustituirla por otro sistema en la sección de Archivo de Indias a la Plaza Nueva ha obligado desarrollar una nueva tecnología que permita la transformación de los 4 tranvías para conferirles la autonomía eléctrica de los vehículos en aquel tramo. El innovador sistema de baterías tipo ACR (Acumulador de Carga Rápida), está basado en ultracondensadores que se cargan en cada parada y que se complementan con la energía eléctrica producida por la propia marcha del vehículo en las frenadas. Las baterías se recargan completamente en unos 20 segundos y la energía acumulada permite una autonomía de marcha de unos 900 m a la vez que alimenta el sistema de aire acondicionado y los mecanismos auxiliares.

El mantenimiento de los tranvías se realiza en unas cocheras que se han instalado en la parte posterior de la estación de autobuses de Prado ocupa una parcela de unos 6.500 m<sup>2</sup> y dispone de dos edificios y 12 vías.

#### 4.7.6. OTROS PROYECTOS EN ANDALUCÍA

Como complemento a las grandes intervenciones que se realizan en la capital andaluza, la Junta de Andalucía ha decidido realizar otras actuaciones tranviarias en las diferentes poblaciones que conforman el Área Metropolitana de Sevilla. Entre los proyectos existentes destacan los denominados Tranvía de Alcalá de Guadaíra, Tranvía de Dos Hermanas y Tranvía del Aljarafe, con el objetivo final de ampliar al máximo el efecto red que ha supuesto la entrada en servicio de la primera línea del Metro de Sevilla.

Además de los sistemas tranviarios que ya funcionan o se encuentran en estado avanzado de construcción, la Junta de Andalucía ha diseñado otros esquemas de redes para otras ciudades andaluzas (Almería, Córdoba, Jerez de la frontera y Huelva), que previsiblemente se llevarán a término durante la próxima década.



4.36 Obras del tranvía en Alcalá de Guadaíra [28]

## 4.8. TRANVÍA ISLAS BALEARES.

Islas Baleares: 878.627 habitantes

La red de ferrocarriles y tranvías insulares conformaron un completo sistema ferroviario de vía estrecha. A partir de los años 50, y siguiendo las pautas de la época, se empezó a cerrar progresivamente una buena parte de la red. La creación en 1994 de los Serveis Ferroviaris de Mallorca (SFM) cambió la situación, destacando la reapertura de las líneas cerradas, la construcción de nuevas líneas de la red SFM, la creación del nuevo tranvía de la bahía de Palma y el mantenimiento del ferrocarril y el tranvía de Sóller. [1]

### 4.8.1. TRANVÍA SÓLLER-PORT DE SÓLLER

En la villa de Sóller (13.626 habitantes) nos encontramos con el tranvía de Sóller que es la prolongación natural del ferrocarril Palma-Sóller. El tramo entre Sóller y el puerto se decidió construirlo como tranvía. La inauguración oficial de tranvía Sóller-Port tuvo lugar el 4 de octubre de 1913, el tranvía ha mantenido su aspecto tradicional.

#### *Características técnicas y explotación*

El tranvía de Sóller es uno de los dos únicos tranvías de Europa que tienen el ancho de vía de 914mm. Tiene una longitud total de 4,688 Km y cuenta con 17 paradas intermedias. El perfil del tranvía es bastante equilibrado aunque posee una sección con rampa de 54 milésimas (5,4%) en la entrada de las cocheras y el radio mínimo de curva es de 62m.

La línea es de vía única con 4 apartaderos y la vía está compuesta por carriles tipo ferroviario (Vignole), dotados de contracarriles in los tramos urbanos, aunque coexisten diferentes tipos de carril, ya que al modelo mayoritario (30kg/m) se añaden alguna sección con el carril original (22kg/m) y otras renovadas (35kg/m). La unión entre carriles se realiza con bridas de 4 tornillos. En la línea hay un total de 22 cambios de vía.

El tranvía fue electrificado a 600V en corriente continua y los tranvías se alimentan a través de una línea aérea sencilla sustentada mediante ménsulas a una altura de 4,5m por un total de 145 postes metálicos. La línea está formada por un doble cable de 90mm<sup>2</sup> de sección, si bien a lo largo de todo el recorrido hay un feeder de alimentación formado por un cable de 9 mm<sup>2</sup> de sección. La energía eléctrica es suministrada por la subcentral de Sóller, con equipos ABB de 500 KVA de potencia y que transforma la corriente alterna procedente de la empresa local El Gas SA ( a 15000V) a la tensión de la línea (600V) por medio de transformadores y rectificadores.

La señalización del tranvía se limita a dos semáforos que indican sección de vía ocupada y cinco semáforos viarios ubicados en diferentes cruces.

El servicio se realiza normalmente con un solo tranvía con una frecuencia de paso de 30 minutos; la línea la utilizan una media mensual de 116.105 viajeros en temporada alta y 32104 en temporada baja. La tarifa normal del tranvía es de 4 € por cada viaje aunque los habitantes de Sóller se benefician de una tarifa reducida de 1€

### *El material móvil*

Una de las particularidades es que funciona todavía con el material procedente de la inauguración. El parque de material cuenta actualmente con 22 tranvías (8 coches motores y 14 remolques), divididos entre 5 modelos diferentes.

-el material mas antiguo son 3 coches motores de 2 ejes. Son unos tranvías de tipo M2, con un truck tipo Brill 21E, disponen de dos motores construidos por Siemens de 45 HP (33kW) y controladas Siemens. Cada tranvía tiene tres sistemas de freno, eléctrico, neumático y mecánico; y la toma de corriente se realiza por medio de un pantógrafo y está equipado con un silbato de aire comprimido y campana. Su caja construida de madera es del tipo clásico. El interior conforma un único departamento con 12 asientos de madera, tiene una capacidad total para 18 viajeros sentados y 22 de pie.

- similares a los anteriores son los 2 remolques cerrados de 2 ejes (1913)

-el material más interesante son los 4 remolques jardinera de 2 ejes que fueron adquiridos en 1959 y tienen una capacidad total para 24 viajeros sentados y 16 de pie.

- a mediados de los años 90 se incorporaron al parque 5 tranvías de 2 ejes que procedían de Lisboa y tuvieron que ser reformados.

- un complemento a los anteriores son los 8 nuevos remolques de 4 ejes con capacidad para 58 viajeros sentados y 22 de pie.

El mantenimiento de los tranvías se realiza en una cochera que dispone de dos naves con un anexo que alberga la subcentral.



4.37 Tranvía Sóller [28]

#### 4.8.2. PALMA TRAMBADIA

Actualmente hay diferentes proyectos de nuevos sistemas tranviarios en la isla de Mallorca, destaca el denominado Trambadia, que servirá a la bahía de Palma. Esta zona ya había sido servida por la antigua red de tranvías de palma. Tendrá una longitud total de 19,1km de doble vía.

La construcción del nuevo sistema tranviario con una inversión estimada de unos 300 millones de euros, se prevé iniciar en el año 2011 y se proyecta inaugurar el primer tramo entre Palma y el Aeropuerto en el año 2013; con una pendiente máxima de 75 milésimas (7,5%) y un radio mínimo de curva de 25 m. La línea será dotada de tracción eléctrica a 750V en corriente continua y el primer tramo poseerá 4 subcentrales.



4.38 Recreación Trambadia [16]

#### 4.8.3. TRAM-TREN MANACOR-ARTÁ

El nuevo tram-tren de Manacor a Artá consiste en la reconstrucción de la antigua línea ferroviaria de vía de 914 mm de ancho y su conversión en un tram-tren de vía métrica. Las obras empezarán a principios de 2010 y se prevé inaugurar la línea durante el año 2011.

El gobierno balear optó por el nuevo sistema de tram-tren tanto por las particulares condiciones de la línea que atraviesa algunos núcleos urbanos, como por las altas prestaciones de los nuevos vehículos. Además y a diferencia de los trenes actuales, la aceleración y desaceleración de los nuevos tram-tren será mucho más rápida ( $1,2\text{m/s}^2$  y  $2\text{ m/s}^2$ ), podrán circular por curvas de radios mínimos y desarrollar una velocidad máxima de 100 km/h en los tramos suburbanos, que se reducirá a 30 km/h en las zonas urbanas.

El nuevo tram-tren Manacor-Artá tendrá una longitud total de 30,462 km y dispondrá de 4 estaciones. Toda la línea será electrificada a 1500 V en corriente continua mediante 3 subestaciones. El servicio se realizará con 6 tram-trenes articulados de piso bajo de 8 ejes y 3 módulos. Están basados en las unidades similares que ya circulan por el tram-tren de Alicante.



4.39 Antigua línea Manacor [28]

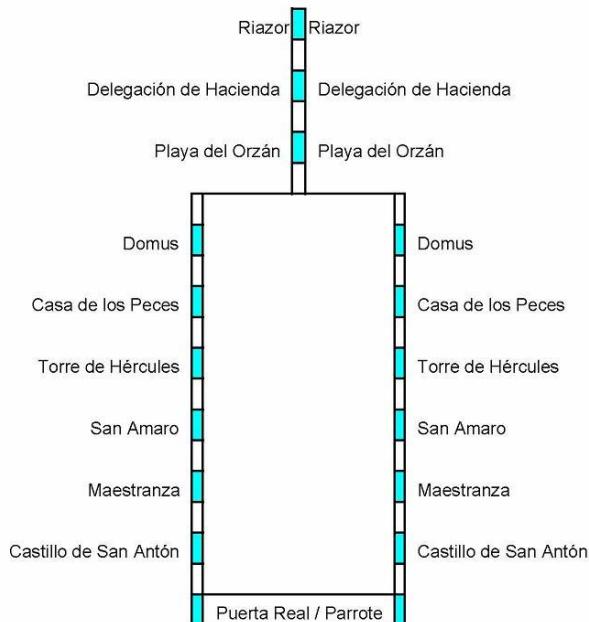
## 4.9. TRANVÍA A CORUÑA

Ciudad de A Coruña: 245.164 habitantes

A Coruña es la capital histórica de Galicia, y durante muchos años dispuso de unas extensas redes de tranvías (1903-1962) y de trolebuses (1948-1979).

A mediados de los años 90 y aprovechando la renovación urbanística del frente marítimo de la ciudad, se decidió la construcción de una línea de tranvía. La función de esta línea sería esencialmente turística, ya que se realizaría con tranvías históricos y serviría a la zona con más turismo [1]

Es la primera línea construida en España que adopta el concepto de los Heritage Trolley norteamericanos. La primera sección del nuevo tranvía de A Coruña, desde la Torre de Hércules hasta el Castillo de San Antón, fue inaugurada el 10 de mayo de 1997, pero más adelante fue prolongada con tres nuevas secciones.



4.40 Recorrido tranvía de Coruña [25]

### *Características técnicas y explotación*

La nueva red de tranvías de A Coruña dispone actualmente de un trazado de 6,294 Km de longitud y cuenta con 16 paradas (4 sencillas y 12 dobles). El perfil de la línea es bastante suave, aunque posee una sección con rampa de 90 milésimas (9%). El radio mínimo de curva en línea general es de solo 15 m, en la salida de la parada Torre de Hércules.

Construida con un ancho de vía de 1.000 mm, la parte central de la línea es de doble vía (4.207 m), aunque posee dos secciones de vía única. La vía está compuesta por carriles tipo tranvía (Phoenix) de los modelos RI60-R13 de 60 Kg/m, RI52-R13 de 52 Kg/m y carriles tipo bloque sistema Nikex de la firma checa TRZ (modelo B1) de 60,23 Kg/m; todos ellos

con uniones soldadas y con acabado asfáltico y de hormigón. Hay un total de 19 cambios de vía, 7 en la zona de cocheras.

El tranvía está electrificado a 600 V en corriente continua y los tranvías se alimentan a través de una línea aérea sencilla. La línea aérea, formada por un cable de cobre electrolítico de 150 mm<sup>2</sup> de sección, está sustentada mediante ménsulas y parafil a una altura de 5,30 m. La energía eléctrica es suministrada por dos subcentrales (As Lagoas y Las Esclavas). La primera está ubicada en la cochera, tiene una potencia de 1.000 kVA y transforma la corriente alterna procedente de Unión Fenosa (a 15.000 V) a la tensión de la línea (600 V) por medio de un transformador y un rectificador Ansaldi (1996). La segunda se encuentra en la parada de Las Esclavas, tiene una potencia de 1.000 kVA y transforma la corriente alterna procedente de Unión Fenosa (a 15.000 V) a la tensión de la línea (600 V) mediante un transformador y un rectificador Siemens (2001).

La explotación del tranvía se realiza de acuerdo con la temporada, ya que funciona todos los días del 15 de junio al 15 de octubre y los fines de semana y días festivos el resto del año. Los tranvías emplean entre 30 y 40 minutos (según la temporada) en efectuar todo el recorrido entre Puerta Real y Las Esclavas, ya que tienen una velocidad máxima de 50 Km/h, pero debido a su carácter de línea turística la velocidad normal es de unos 15 km/h.

En principio utilizan la línea una media de 809 viajeros los días laborables, aunque en agosto se superan a menudo los 2.000 viajeros diarios. Los billetes sencillos (permiten un viaje de ida entre todas las paradas de la línea), tienen un coste de 2 € y son impresos en papel térmico.

### ***El material móvil***

Actualmente, el servicio se realiza con 5 tranvías de 2 ejes del tipo clásico: dos tranvías (nº 27 y 32), que fueron reconstruidos de acuerdo con antiguos modelos de A Coruña y con equipos procedentes de Lisboa, dos tranvías (nº 100101), adquiridos a la red de Lisboa (nº 743 y 712), y transformados a vía métrica y un tranvía (nº 201) procedente de la red de Porto y que también ha sido reconstruido a vía métrica (2009). En las cocheras se encuentran otros tres tranvías: dos que proceden asimismo de Porto (nº 212 y 214) Y un tranvía particular (nº 57) que sólo circula ocasionalmente.



4.41 Tranvía nº 27 [28]

Tranvía nº 27: fue construido en 1997 y es una réplica de un modelo de 1913 de A Coruña. Su adaptación, se realizó sobre el chasis y los equipos de un tranvía de Lisboa. Es un tranvía del tipo M2, con un truck tipo Brill 21E, que dispone de dos motores construidos por Metrovick de 45 HP de potencia. Posee cuatro sistemas de freno (eléctrico, neumático, electromagnético con patín de carril y mecánico de estacionamiento); la toma de corriente se realiza por medio de un pantógrafo y dispone de campana. Su caja, construida de madera es del tipo clásico, con grandes plataformas en cada. El interior conforma un solo departamento con 12 asientos fijos de listones de madera (disposición 2+1), con una capacidad total para 18 viajeros sentados y 27 de pie.

El tranvía nº 32 también fue construido en 1997 y es una réplica de un antiguo tranvía de A Coruña, suministrado por Carde y Escoriaza (1918-20). Es un tranvía del tipo M2, con un truck tipo Brill 21E, que dispone de dos motores construidos por Metrovick de 45 HP de potencia. El interior conforma un solo departamento con 12 asientos tapizados de rattan y colocados según la disposición 2+1 (4 fijos en los extremos y 8 reversibles en el centro), con una capacidad total para 18 viajeros sentados y 32 de pie

Los tranvías nº 100-101 también fueron adquiridos en 2001 y procedían de la red de Lisboa; ambos fueron construidos originalmente para Carris (CCFL) entre 1936 y 1947, pero hubo que transformarlos a vía métrica para circular por la red coruñesa. Son unos tranvías del tipo M2, con un truck tipo Brill 21E, que disponen de dos motores y poseen cuatro sistemas de freno (eléctrico, neumático, electromagnético con patín de carril y mecánico de estacionamiento)



4.42 Tranvía nº 101 por Torre de Hércules [28]

La última incorporación al parque es el tranvía nº 201, el cual se ha terminado de reconstruir durante el año 2009, una operación muy compleja ya que se ha tenido que adaptar a la vía métrica. Es un tranvía del tipo M2, con un truck tipo Brill 21E, que dispone de dos motores construidos por General Electric de 55 HP de potencia, controles del modelo GE B-54E Y un compresor Westinghouse. Posee tres sistemas de freno (eléctrico, neumático y mecánico de estacionamiento), la toma de corriente se realiza por medio de un pantógrafo y dispone de campana. Su caja, construida de madera es del tipo clásico, con grandes plataformas en los extremos y acceso por ambos costados. Una particularidad de este tranvía

es su condición de coche semiconvertible, ya que la actual restauración ha conservado los característicos mecanismos que permiten ocultar las ventanas en la parte superior de los laterales.

Como ya se ha mencionado, en las cocheras se conservan otros tres tranvías. Los dos primeros (STCP nº 212 y 214) no se encuentran operacionales y son idénticos al nº 201. El tercer tranvía es un vehículo histórico de propiedad particular, el cual ha funcionado ocasionalmente por la línea. Se trata del coche nº 57 de los Tranvías de Zaragoza, que fue construido por Carde y Escoriaza en 1925, dispone de dos sistemas de freno (eléctrico y mecánico). La toma de corriente se realiza por medio de un trole, posee una campana y es muy peculiar el mecanismo del arenero (manual).

El material se conserva en las modernas cocheras de As Lagoas, a las cuales se accede por un pequeño ramal de unos 120 m de longitud. Éstas ocupan una parcela de 7.829 m<sup>2</sup> de superficie

## 4.10. OTROS PROYECTOS

### 4.10.1. LEÓN

La ciudad de León (135.119 h) ha tenido un excepcional crecimiento urbanístico y económico, al cual no son ajenos la creación de nuevas infraestructuras actualmente en construcción, como los primeros anteproyectos del nuevo tranvía datan del año 2000, pero el proyecto ha ido tomando forma a lo largo de los últimos. El estudio de viabilidad de la primera línea del Tranvía de León contempla un trazado que enlazaría el nordeste con el sudoeste de la ciudad y cruzaría mediante sendos viaductos los ríos Torio y Bernesga con una longitud inicial de 6,6 Km y 14 paradas. El 31 de julio de 2009 el Ayuntamiento de León sacó a licitación la construcción, mantenimiento y explotación del Tranvía de León, incluyendo la redacción del proyecto de construcción y la adquisición del material móvil, un concurso al que únicamente se presentó la oferta de la UTE formada por las empresas Acciona, Siemens y Alesa (grupo Alsa).

### 4.10.2. TOLEDO

La ciudad de Toledo (80.810 h), capital de la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha, ha sufrido un fuerte crecimiento demográfico durante las últimas décadas. El progresivo colapso circulatorio se ha intentado paliar con el desarrollo de una nueva política de movilidad, que ha comprendido tanto la conversión de la arcaica línea de Cercanías que la enlaza con Madrid en una nueva línea de alta velocidad regional (inaugurada en 2005), como la creación de un nuevo sistema tranviario que enlace las diferentes zonas de la ciudad. El proyecto del nuevo tranvía de Toledo ha sido impulsado por el Ayuntamiento toledano y consiste en una línea de 8,9 Km de longitud y 11 paradas, que pretende aprovechar parcialmente el trazado de la antigua línea ferroviaria y unir el casco histórico con las diferentes sedes institucionales, los barrios más alejados del centro y las áreas de futuro desarrollo.

### 4.10.3. SANTANDER

La ciudad de Santander (183.466 h), capital de Cantabria, ha desarrollado estos últimos años un Plan de Movilidad Sostenible que permitirá complementar con nuevos sistemas de transporte urbano el excelente servicio de la redes ferroviarias de Cercanías, tanto la de ancho ibérico (Renfe-Adif) como la de vía estrecha (Feve). Uno de los objetivos del programa es la construcción de una nueva red tranviaria y los primeros proyectos contemplan a largo plazo un sistema formado por diferentes líneas de tranvías, que enlazarían el centro de la ciudad, las playas, el hospital de Valdecilla, la zona de Nueva Montaña y las futuras urbanizaciones de la parte septentrional de la capital montañesa.

#### **4.11. TABLA RESUMEN**

En esta tabla se van a resumir los datos más relevantes de los tranvías de cada una de las ciudades comentadas en los puntos anteriores.

A continuación se aporta significado a cada número que aparece en dicha tabla:

- 1.** Ciudad y red: El nombre de la red y la ciudad que sirve.
- 2.** N° habitantes
- 3.** N° ETE: indica el número de la red dentro de la Enciclopedia de los Transportes de Europa (ETE)
- 4.** Fecha de Inauguración
- 5.** Total km
- 6.** Total líneas
- 7.** Ancho de vía (mm)
- 8.** Cambios de vía
- 9.** Pendiente máxima
- 10.** Radio mínimo
- 11.** Tensión en Voltios
- 12.** Velocidad comercial km/h
- 13.** Cantidad mensual viajeros
- 14.** Precio billete básico
- 15.** N° de vehículos en servicio de cada serie
- 16.** Tipo indica la tipología de los tranvías:
  - M2: de 2 ejes
  - B2: remolque de 2 ejes
  - B4: remolque de 4 ejes
  - M6C: tranvía articulado de 6 ejes con 3 módulos
  - M6E: tranvía articulado de 6 ejes con 5 módulos
  - M8B: tranvía articulado de 8 ejes con 2 módulos
  - M8C tranvía articulado de 8 ejes con 3 módulos
- 17.** Constructor del tranvía
- 18.** Año de construcción

ESTUDIO DE LOS TRANVÍAS DE ESPAÑA EN LA ACTUALIDAD

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Valencia</b>	738.441	CV-54001	21.05.1994	20,72	3	1000	120	4,50%	25m	750	18	450000	1,40 €	25	M6C	CAF	1994-99	
<b>Alicante</b>	284.580	CV-56001	17.03.1999	52,42	3	1000	115	5%	30m	750	40	370.600	1,15€	9	M8C	Bombardier	2006-2007	
<b>Bilbao</b>	349.972	EUS-51501	18.12.2002	4,9	1	1000	18	7,00%	15m	750	16,6	237.226	1,20 €	8	M6C	Bombardier	2006-2007	
<b>Vitoria</b>	236.477	EUS-52001	23.12.2008	7,1	2	1000	42	4,13%	12m	750	17	305.275	1 €	11	M6E	CAF	2008	
<b>Leioa</b>	28.381	EUS-51601	2011	3,8	1	1000				750				1				
<b>Trambaix</b>		CAT-51001	03.04.2004	14,9	3	1435	74	7%	30m	750	18,03	130.4963	1,35 €	19	M6E	Alstom	2003-2004	
<b>Trambesos</b>	5.327.000	CAT-51101	08.05.2004	14,3	3	1435	53	7,50%	23m	750	18,74	624.689	1,35 €	18	M6E	Alstom	2011	
<b>Tramvia blau</b>		CAT-52101	29.10.1901	1,2	1	1435	8	7,89%		550	5,1	16000-55000	2,70 €	1	M2	IE	1904	
<b>Murcia</b>	430.571	MU-51101	07.05.2007	17,5	1	1435	2			750		113.497		11	M6E	Alstom	2006	
<b>Madrid MLM</b>	3.273.006	CM-511001	23.05.2007	5,4	1	1435	9	6%	35m	750	21	396.927	1 €	8	M6E	Alstom	2006-07	
<b>Madrid MLO</b>		CM-52001	27.07.2007	22,3	2	1435	84	7%	35m	750	22,5	650.000	1 €	27	M6E	Alstom	2006-08	
<b>Parla</b>	119.517	CM-53001	06.05.2007	8,5	1	1435	41	6%	25m	750	20	339.765	1 €	9	M6E	Alstom	2006-09	
<b>Tenerife</b>	188.477	IC-50101	02.06.2007	14,6	2	1435	67	8,50%	26m	750	20	1.240.517	1,30 €	15	M6E	Alstom	2005-08	
<b>Granada</b>	240.661	AND-51301	2013	16,13	1	1435	42	6%	25m	750	20							
<b>Jaén</b>	120.021	AND-52001	2011	4,7	1	1435		5%	30m	750				3	M2	MFC	1906	
<b>Vélez-Málaga</b>	57.142	AND-54301	11.10.2006	6	1	1435	16	6,50%	30m	750	20	40.058	1,30 €	3	M6E	CAF	2005-06	
<b>Málaga</b>	524.414	AND-54201	2011	16,89	2	1435		4%	40m	750	20-29			16	M6E	CAF	2009-11	
<b>Sevilla MC</b>	699.759	AND-55201	28.10.2007	1,3	1	1435	26	1,68%	25m	750	7,27	450.000	1,20 €	4	M6E	CAF	2006-07	
<b>Sóller</b>	13.626	IB-51501	04.11.1913	4,6	1	914	22	5,40%	62m	600		116.105	4€-1€	2	B2	CyE	1913	
<b>Palma Trambadia</b>		IB-50301	2013	19,1	1	1000		7,50%	25m	750				8	B4	TP	2000	
<b>Manacor -Artá</b>	39.434	IB-52201	2011	30,46	1	1000								5	M2	TP	1937	
<b>A Coruña</b>	245.164	GAL-52101	10.05.1997	6	1	1000	19	9%	15m	600	15	50.000	2 €	6	M8C	Vosslohn	2011	
<b>Zaragoza</b>	666.129	AR-51101	2011	12,8	1	1435				750					M6E	CAF	1936-97	
																	2010-11	

## 5. PROYECTO ACTUAL TRANVÍA DE ZARAGOZA

La ciudad de Zaragoza es la capital de Aragón y la quinta ciudad española por número de habitantes (666.129 h). Su especial situación geográfica en la unión de los principales ejes viarios y ferroviarios del Valle del Ebro ha determinado su conversión en un importante centro logístico y de servicios. A lo largo del siglo XX la ciudad ha experimentado un importante crecimiento demográfico, ya que pasaría de los 99.118 habitantes de 1900 a los 238.601 de 1940, 479.845 en 1970 y 622.371 en 1991. Durante la última década la ciudad ha experimentado asimismo un notable desarrollo urbanístico con la entrada en servicio en 2004 de la línea ferroviaria de Alta Velocidad (AVE) y la celebración de la Expo 2008. [1]

De acuerdo con los nuevos criterios de movilidad sostenible, el Ayuntamiento de Zaragoza ha decidido la construcción de una línea de tranvía de última generación. De hecho será el segundo sistema tranviario de la ciudad, ya que Zaragoza había poseído una extensa red tranviaria, como se explica en el capítulo 2.

Los primeros pasos para construir el nuevo tranvía de Zaragoza se efectuaron en 2004 con la redacción del Plan Intermodal de Transporte, una actuación que se complementaría a partir de 2005 con los correspondientes estudios de viabilidad, anteproyecto, plan de explotación y programa económico, optándose finalmente por construir una primera línea de tranvía que enlazara el casco histórico con los dos principales focos de expansión urbana de Zaragoza (Valdespartera y Parque Goya) y por utilizar el sistema de Partenariado Público-Privado (PPP) para su construcción y explotación.

El 10 de julio de 2009 se adjudicó definitivamente la explotación de la línea, con una inversión total de 400 millones de euros y un periodo de concesión de 35 años, a la nueva Sociedad de Economía Mixta Los Tranvías de Zaragoza, integrada por el Ayuntamiento de Zaragoza y las empresas FCC, Acciona, CAF, Tuzsa, Ibercaja y Concessia. Las obras se iniciaron el 18 de agosto de 2009 y se ha proyectado que la parte sur de la línea

(Valdespartera-Gran Vía) entre en servicio en 2011, mientras que el tramo septentrional (Gran Vía-Parque Goya) se pondrá en explotación en 2013.

### *Características técnicas y explotación*

La nueva red tranviaria de Zaragoza tendrá una longitud de 12,8 Km con un trazado íntegramente en superficie y contará con 25 paradas, separadas a una distancia media de 500 m. El trazado de la nueva línea configura un gran eje norte-sur, enlaza la zona residencial del sur de la ciudad con los principales equipamientos del centro urbano y las nuevas actuaciones urbanísticas de la parte septentrional, y su recorrido tiene tres partes muy diferenciadas:

- El tramo inicial irá desde Valdespartera hasta la Gran Vía y el trayecto se desarrollará a través de diferentes calles y avenidas.
- En la segunda sección, que atraviesa el casco histórico de la ciudad, la línea poseerá un tramo (de la Plaza Paraíso al Puente de Santiago por el Paseo de la Independencia, el Coso y la Avenida César Augusto Coso) donde la alimentación eléctrica será sin línea aérea y los tranvías funcionarán con baterías.
- El tercer tramo enlazará el centro con los barrios del norte (Actur, Juslibol y Parque Goya) para finalizar en la Academia General Militar.

El nuevo tranvía será construido con un ancho de vía de 1.435 mm y electrificado a 750 V. El recorrido dispondrá en su mayor parte de doble vía con trazado reservado si bien en las zonas de Valdespartera y Actur la línea discurre por calles paralelas unidireccionales. En principio se prevé un horario de funcionamiento bastante amplio (5-23,45 h), con una frecuencia mínima de paso de 5 minutos en las horas de máxima afluencia, y los tranvías emplearán 21 minutos entre Valdespartera y la Plaza de España y 19 minutos más hasta la terminal del parque Goya.



5.1 Tranvía por Gran Vía [5]

### *El material móvil*

El servicio se realizará con 21 tranvías articulados de 6 ejes y 5 módulos (tipo M6E) con piso bajo integral que serán fabricados por CAF (2009-11) y corresponderán al nuevo modelo Urbos 3, con un diseño realizado por Giugiaro, similares a los que funcionarán por la nueva red escocesa de Edinburgh. Son unos tranvías de 32 m de longitud, con un gálibo de 2,65 m y piso bajo integral (350 mm), aunque pueden ser alargados (hasta 42 m) con la incorporación de dos nuevos módulos intermedios. La tracción se realiza por medio de 8 motores trifásicos (situados en los dos bogies extremos), que tienen una potencia unitaria de 70 kW (total 560 kW), y todas las unidades dispondrán de baterías del nuevo sistema Acumulador de Carga Rápida (ACR), idénticas a las del Metro Centro de Sevilla, para poder circular por el tramo central sin línea aérea. Cada tranvía dispone de tres sistemas de freno (eléctrico, electromagnético y mecánico). El acceso de los viajeros se realiza por medio de las 6 puertas (4 dobles y 2 sencillas) situadas en cada costado, y en su interior disponen de 52 asientos y una capacidad total de 206 viajeros. En los módulos extremos se han instalado sendas cabinas de conducción, separadas del compartimento de viajeros por medio de una mampara transparente. Los coches disponen de aire acondicionado, sistema de megafonía e indicadores de parada, y en los testeros se han instalado indicadores electrónicos de dirección. Los tranvías funcionarán usualmente como unidades sencillas, pero preparados para circular en doble tracción, y están dotados de un enganche automático (plegable) del tipo Schafenberg.

La conservación del material móvil se realizará en dos cocheras. La primera estará situada en Valdespartera, mientras que la segunda se construirá en la zona norte del Actur y estará unida a la línea general mediante un ramal que se iniciará en el vial que une el Parque Goya con la Glorieta de acceso a Juslibol.



5.2 Tranvía por Isabel la Católica [1]

## 5.1. ANTECEDENTES

26 de febrero de 2004

Protocolo interadministrativo y redacción del Plan Intermodal de Transporte, Plan de Movilidad Sostenible. “Protocolo General de Colaboración entre el Gobierno de Aragón y el Ayuntamiento de Zaragoza para el impulso de las actuaciones en materia de transportes en el área de Zaragoza”.

5 de octubre de 2004

Adjudicación a la empresa E.T.T. del contrato de “Asistencia técnica para el desarrollo de las actuaciones en materia de transporte en el área de Zaragoza. Plan Intermodal de Transporte. Metro Ligero – Tranvía. Consorcio de Transportes”, financiado al 50 % entre Ayuntamiento de Zaragoza y Gobierno de Aragón.

1 de julio de 2005

Adjudicación a la U.T.E. formada por las empresas Iberinsa y Urbantran la asistencia técnica para el desarrollo del estudio de viabilidad de alternativas, anteproyecto, plan de explotación y programa económico de una línea de tranvía – metro ligero norte – sur en Zaragoza, financiado igualmente al 50 % entre Ayuntamiento de Zaragoza y Gobierno de Aragón.

23 de julio de 2007

Adjudicación proyecto constructivo a la UTE formada por INGEROP-AYESA-SERING. Asesoramiento a la dirección municipal a la empresa INOCSA S.L. con la colaboración de Metro de Madrid.

19 de octubre de 2007

Adjudicación de la definición del modelo jurídico y financiero.

27 de abril de 2007

Modelización del sistema de tráfico y transportes, basado en la implantación de la línea de tranvía N-S aprobada por el Ayuntamiento.

12 de septiembre 2007

Asistencia técnica para la elaboración del estudio de viabilidad técnica y económica de estacionamientos de disuasión asociados a la red de transporte público de la ciudad de Zaragoza.

## 5.2. FASES

**21 de julio 2008** Aprobación en Comisión de Pleno de Servicios Públicos.

**25 de julio 2008:** Aprobación Inicial en el Pleno Ordinario del Ayuntamiento del modelo de gestión

**Agosto-Septiembre 2008:** Disposición pública del modelo de gestión.

**Octubre2008:** Resolución alegaciones al modelo de gestión y aprobación definitiva.

**Inicio 2009:** Convocatoria de concurso público para la selección del socio inversor privado con el que se conformará la sociedad mixta.

**Mayo- Junio 2009** Constitución de la sociedad mixta.

**Junio 2009:** Firma del contrato entre Ayuntamiento y Sociedad mixta para la construcción y operación de la línea.

**1er semestre 2009:** Inicio de las obras de la primera fase de la línea norte-sur.

**1er semestre 2011** Fin de la primera fase.

**Julio 2011** Inicio de la segunda fase.

**Junio 2013** Fin de la segunda fase.

### 5.3. ESPECIFICACIONES



5.3 Recorrido de la línea 1 de Zaragoza [5]

### **5.3.1. ESPECIFICACIONES DE LA LÍNEA NORTE- SUR TRANVÍA DE ZARAGOZA**

A continuación se enumeran las características y especificaciones planificados para el tranvía de Zaragoza [5]:

25 Paradas.

Andenes laterales a lo largo de la línea salvo 2 que son andenes centrales.

Intersección corta aprox. 500 metros.

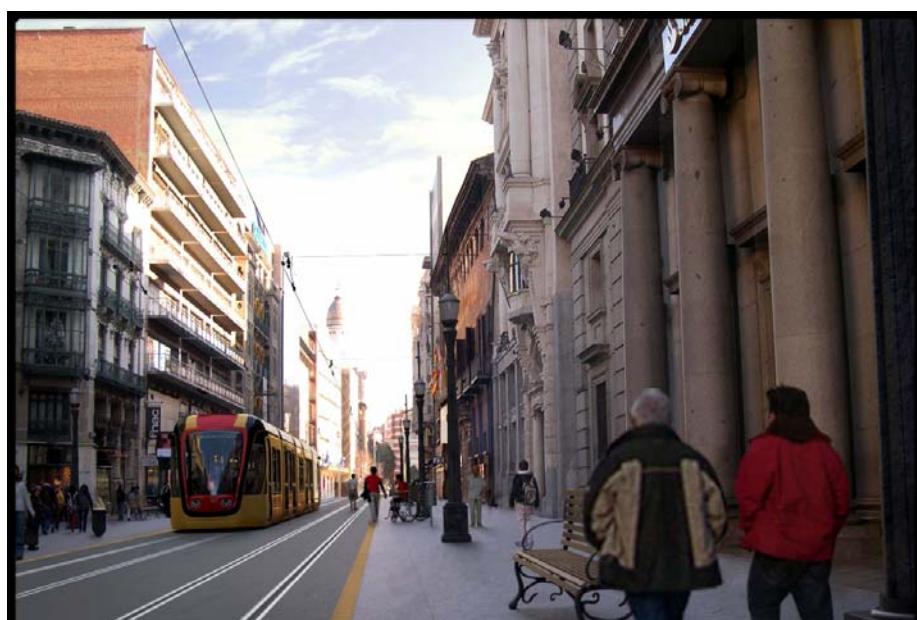
Longitud de la línea: 12.8 km.

Velocidad comercial: 19km/h.

Tiempo total de recorrido norte-sur: 40 minutos

Desde la primera parada en Academia General Militar hasta Plaza España 19 min.

Desde Plaza España hasta Plaza Cinema Paradiso (Valdespartera) 21 minutos.



5.4 Tranvía por el Coso [5]

### 5.3.2. MATERIAL MÓVIL: CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANVÍAS TIPO

Longitud de la composición: 33 ampliables a 43 metros [5].

Ancho de la composición: 2,65 metros.

Altura de la composición: 3,20 metros.

Altura de acceso: 320 mm.

Separación de las vías: 1,435 metros.

Peso de la composición: 39,9 toneladas.

Capacidad de asientos: 54.

Plazas de pie (3,5 per/m<sup>2</sup>): 146.

Capacidad total: 200 personas.

Altura del piso: 350 mm.



5.5 Tranvía por Gómez de Avellaneda [5]

## 5.4. MODELO DE GESTIÓN

El modelo de gestión elegido para el tranvía de Zaragoza es la gestión indirecta a través de una sociedad de economía mixta que tendría una participación privada del 80% y pública del restante 20%, dividida esta última entre Ayuntamiento de Zaragoza y Gobierno de Aragón. Se elige esta opción ante la gran complejidad del proyecto y las necesidades que requiere tanto en su construcción como en su explotación y gestión, que implican personal especializado del que no dispone el Consistorio. Además, la colaboración público-privada es positiva para optimizar el esfuerzo financiero necesario, inasumible en solitario por el Ayuntamiento. Una sociedad mixta, además, ofrece mayor posibilidad en el control de la explotación, ya que el municipio mantiene el control sobre el servicio. Dicho control quedará reflejado en los estatutos de la sociedad. La inversión total estimada, incluyendo previsiones de inflación durante los cuatro años de construcción, es de 400 millones de euros. La cifra incluye la ejecución de las obras de la plataforma (202 millones), adquisición de material móvil (82 millones), construcción de cocheras-talleres (37 millones), inversión en urbanización complementaria al trazado (55 millones) y costes de la integración en el sistema semafórico y de movilidad, comunicación del proyecto, etc. (25 millones de euros). La financiación de estos 400 millones de euros se realizará del siguiente modo [5]:

SOCIEDAD DE ECONOMÍA MIXTA	
PARTICIPACIÓN PRIVADA 80%	PARTICIPACIÓN PÚBLICA 20%
<b>INVERSIÓN TOTAL ESTIMADA 400 MILLONES €</b>	Obras Plataforma: 202 MILL. € Material Móvil: 82 MILL. € Cocheras-Talleres: 37 MILL. € Urbanización: 55 MILL. € Integración Semaforica, Comunicación: 25 MILL. €
<b>FINANCIACIÓN</b>	32,5% (130 MILL. €): Ayuntamiento y Gobierno de Aragón 20% (80 MILL. €): Capital Social Sociedad Mixta 47,5% (190 MILL. €): Empresa Privada

5.6 Esquema de la financiación del proyecto [5]

Un 32,5%, 130 millones, corresponderá a subvención de capital por parte de las administraciones públicas implicadas (Ayuntamiento y Gobierno de Aragón), a lo largo de 5 años.

Un 20%, 80 millones de euros, a través del capital social de la sociedad mixta que se constituya.

El restante 47,5%, 190 millones de euros, serán aportados por la empresa privada que conforme la sociedad.

## 5.5. IMPACTO AMBIENTAL

Para estudiar el impacto ambiental se ha tenido en cuenta cada elemento ambiental en cada fase de la obra, y se ha valorado el efecto de impacto del 1 al 10. Para valorar los efectos en su conjunto se construye una matriz en la que se consideran los factores ambientales que pueden verse afectados con las distintas fases de la construcción y explotación [5]:

	Clima	Calidad atmosférica	Calidad acústica	Geología y geomorfología	Hidrología	Ecoetología	Fauna	Vegetación y flora	Paisaje	Población	Patrimonio histórico-ambiental (y arqueológico)	Patrimonio ornamental	Uso del suelo	Planificación urbanística	Aspectos socioeconómicos		
FASE CONSTRUCCIÓN																	
05 - Alteración de la hidrología																	
13 - Ruido vibraciones			3	1				3	1		5	10	3	7	3	5	10
19 - Vías terrestres - tranvía																	
31 - Desmontes y rellenos		7	3	10	1		10	5	1	7	3	1	5	7	5	3	10
60 - Alteración del paisaje					10					10	1	1	5	7	5	3	10
63 - Repoblación forestal	1	5	3	3	7			5	1	7	1	10	10	3			
69 - Automóvil	1	3	3	3	7			3	1	3	1	10			10	3	10
70 - Camiones	1	5	5	5	7			5	1	3	3	10			1	1	10
92 - Lubricantes o aceites usados							1	1									
FASE EXPLOTACIÓN																	
13 - Ruido vibraciones			3	7				3	1		5	10	3	7			
31 - Desmontes y rellenos																	
60 - Alteración del paisaje									10	1				3	5	3	10
68 - Ferrocarril - Tranvía	1	5	3	3	7	1		3	1	5	1	10	5	3	1	5	10
69 - Automóvil	1	5	5	5	7			5	1	3	1	10	5	3	5	3	10

Magnitud del impacto (1 a 10) → ← Importancia del imp. (1 a 10)

5.7 Matriz de factores ambientales [5]

Los principales impactos que sufre el ambiente, se pueden dividir en varios aspectos, el clima se verá afectado en la fase de construcción ya que se produce una emisión adicional de CO<sub>2</sub> por la maquinaria que ejecuta los trabajos, lo mismo ocurre con la calidad atmosférica, que una vez esté en funcionamiento el tranvía, disminuirá la producción de gases nocivos, porque se reducirá el número de vehículos particulares.

Respecto a la geología, durante la fase de construcción, el impacto corresponde a los movimientos de tierras que se deberán efectuar. Las tierras excedentarias se llevarán a vertederos autorizados por la Comunidad.

Sobre la vegetación, flora y fauna apenas se ven afectadas, en cambio se produce una intrusión paisajística, durante las obras y explotación del nuevo tranvía, esta intrusión corresponde a las vías, las paradas y las cocheras.

La afección sobre la población es un tema complejo porque debe contemplar múltiples aspectos. Durante la fase de construcción se identifican una serie de impactos relacionados

con las molestias a la población por distintas causas: efecto barrera de las obras sobre el tránsito peatonal y rodado, por la emisión de polvo, por afecciones transitorias a los servicios básicos y por la retirada de elementos y mobiliario urbano. Hay que mencionar también la afección comercial que las obras del tranvía provocarán, a cambio durante la explotación algunos locales verán mejoradas sus posibilidades de venta por mayor accesibilidad.

En principio no existe afección ni al patrimonio arqueológico ni al patrimonio histórico artístico en ninguno de los tramos, puesto que las excavaciones que se van a realizar son a escasa profundidad.

El ayuntamiento de Zaragoza ha realizado una Matriz de evaluación global para puntuar positiva y negativamente cada uno de los factores ambientales que se ven afectados, siendo el resultado final positivo.

<b>MATRIZ DE EVALUACIÓN GLOBAL</b>															
	Clima	Calidad atmosférica	Calidad acústica	Geología y geomorfología	Hidrología	Edafología	Fauna	Vegetación y flora	Paisaje	Población	Patrimonio histórico-artístico (y arqueológico)	Patrimonio ornamental	Usos del suelo	Planimetría urbanística	Aspectos socioeconómicos
<b>CONSTRUCCIÓN</b>															
Resultado	-11	-19	-17	0	0	0	-18	-18	-17	-26	-13	-13	-23	-22	-24
Valor normalizado	-0,02	-0,17	-0,13	0,00	0,00	0,00	-0,15	-0,15	-0,13	-0,30	-0,06	-0,06	-0,24	-0,22	-0,26
<b>EXPLOTACION</b>															
Resultado	13	22	20	0	0	0	22	25	28	34	16	16	38	28	37
Valor normalizado	0,06	0,22	0,19	0,00	0,00	0,00	0,22	0,28	0,33	0,44	0,11	0,11	0,62	0,33	0,50
<b>TOTAL</b>	0,04	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,07	0,13	0,20	0,15	0,06	0,06	0,28	0,11	0,24
IMPORTANCIA	2	2	4	1	1	1	1	2	1	8	4	2	4	2	6
FACTOR DE PONDERACION	5%	5%	9%	2%	2%	2%	2%	5%	2%	19%	9%	5%	9%	5%	19%
<b>RESULTADO FINAL :</b>														+ 0,13	

5.8 Matriz de evaluación global [5]

## 5.6. VENTAJAS

### - Rapidez del sistema

El tranvía moderno es el transporte público más rápido en distancias inferiores a 7 Km., su velocidad comercial está entre 17- 19 km/h. Gracias a su prioridad semafórica y a su rápido acceso se reducen los tiempos de desplazamiento de viaje.

### - Transporte en superficie

Mejora las condiciones de accesibilidad a las estaciones o paradas, ya que estas están más cerca entre sí y su acceso es cómodo y sin desniveles. Su trazado no queda sujeto a requerimientos geológicos a la par que se ahorra en los costes de construcción.

### - Versatilidad:

Puede servir determinados núcleos de población inaccesibles bajo tierra.

### - Piso bajo

Acceso universal a este medio de transporte: ciclistas con sus bicicletas, carros de la compra, ancianos, sillas de ruedas, cochecitos de bebés... Al tener bajo el centro de gravedad del vehículo, lo que reduce la sensación de mareo o movimiento. Los andenes se integran perfectamente en las aceras.

### - Ligero y silencioso

La construcción con materiales ligeros permite disminuir el nivel de vibraciones y ruidos, hasta un máximo de 60db, el equivalente a tres turismos modernos que circulen consecutivamente a la misma velocidad. Como cualquier elemento electromagnético en movimiento genera ruido, pero al ser un vehículo eléctrico los decibelios que genera son menores que los vehículos de combustión interna.

### - Plataforma reservada

Mejora los tiempos de viaje, regularidad y seguridad, aporta a un medio de transporte público el espacio en superficie que se merece y trae consigo una serie de reformas y mejoras urbanas que pueden llegar a convertir la línea en un eje comercial

### - Aportaciones de los tranvías al medio ambiente

Utiliza energía eléctrica, por tanto no genera prácticamente emisiones contaminantes. Mejora la calidad de vida de tu ciudad ya que no contribuye a la generación de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ). Tiene la capacidad de generar energía durante la frenada para que otro tranvía la pueda aprovechar.

### - Consumo.

Consumo mucha menos energía eléctrica que el metro (no requiere iluminación de estaciones y de accesos).

### - Calzada

Ocupa un carril de calzada más angosto del que necesita un autobús, debido a que carece de desplazamientos laterales, lo que racionaliza el uso del escaso espacio público urbano.

## 5.7. INCONVENIENTES

### -Rigidez de sus recorridos:

No les permite sortear un obstáculo (obras, reventones de agua, emergencias, celebraciones,...) que hubiera sobre la vía, puesto que ya tienen su trazado obligado, debido a las vías y al tendido eléctrico.

### -Impacto estético en la zona monumental y urbana:

Durante la construcción y la explotación se alteran gran cantidad de zonas, avenidas, además de emplear espacios anteriormente reservados para aparcamiento. En el 90% del recorrido se tendrá que instalar catenaria

### -Atascos:

Lo normal es acomodar el tranvía en las carreteras actuales, por lo que los atascos le afectan igual que al resto de los vehículos en cada intersección con el resto del tráfico. Con el tranvía de Zaragoza se dejará un único carril por sentido en el eje Norte-Sur de la ciudad.

### -Precaución:

Hay que mencionar la peligrosidad de los carriles del tranvía para los peatones, los ciclistas y sobre todo para los motoristas.

### -Coste:

La inversión supone unos 2.000 euros por familia zaragozana (400 millones de euros ó 66.000 millones de pesetas). Y esto sólo para 1 línea norte-sur. Incluso doblar la frecuencia de autobuses en las líneas que siguen ese eje costaría 20 veces menos.

### - Movilidad de unos pocos:

El proyecto de Zaragoza perjudica la movilidad de todos los que no se mueven en el eje norte-sur y no están a menos de 300 metros de una parada. La mayoría de personas atraviesa la ciudad con recorridos diferentes al del tranvía. Estas personas se verán perjudicadas por un transporte que ocupa un gran espacio de las pequeñas avenidas de Zaragoza. Las líneas que se van a suprimir, por ejemplo la 20 y la 30 tejen una red de paso que estructura los barrios y que no va a ser cubierta por el tranvía y además las paradas estarán situadas mucho más lejos unas de otras.

## 5.8. NOTICIAS EN PRENSA

En este capítulo se recogen algunos artículos que han salido en la prensa relativos al tranvía, su construcción y como afecta a la ciudad.

### **Belloch destinará 855.000 euros a minimizar el impacto del tranvía (20/02/2009)[31]**

La DGA aprobará en marzo el estudio ambiental, que no ha recibido alegaciones. El informe revela que hay "muchos más aspectos positivos que negativos".  
20/02/2009 M. V.

El Ayuntamiento de Zaragoza destinará 855.600 euros a minimizar el impacto de la implantación del tranvía en la ciudad y a vigilar que mientras dure la construcción de la línea Parque Goya-Valdespartera y en el periodo de garantía de las obras se cumplen todas las normativas medioambientales. Así consta en el estudio de impacto ambiental elaborado por Ayesa, Ingerop y Sering, un documento que no ha recibido ni una sola alegación durante el periodo de exposición pública y que el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón se ha comprometido a aprobar en un plazo máximo de un mes.

### **Temor entre vecinos y comerciantes por los efectos del cierre total de GranVía (01/12/2009) [9]**

La seguridad, los ruidos y la caída de las ventas centran las preocupaciones ante el corte de tráfico. Las obras del tranvía afrontan su fase más conflictiva con el cierre total del paseo de la Gran Vía para acometer la renovación del cubrimiento del río Huerva. Ante el corte de la circulación rodada, los vecinos y comerciantes se temen lo peor: inseguridad, ruidos, suciedad, dificultades para la carga y descarga, merma de ventas y problemas de tráfico en el entorno. Y tienen muchas dudas acerca de si el esfuerzo valdrá la pena.

### **El recorrido del tranvía ya tiene 6,5 kilómetros de vías instaladas, más de la mitad (21/02/2010) [9]**

En varias zonas del eje ya se ha colocado la estructura por la que circularán los convoyes. Esta semana se ha cumplido medio año del inicio de unos trabajos que durarán 21 meses.

### **El PP critica que el PSOE haya permitido acopiar escombros del tranvía sin permiso (13/02/2010) [9]**

Los grupos de la oposición coinciden en que se ha actuado con "imprevisión" en las obras. El PP criticó ayer al gobierno PSOE-PAR en el Ayuntamiento de Zaragoza por haber permitido que durante cuatro meses la concesionaria de las obras del tranvía haya estado acumulando materiales en un solar municipal sin tener permiso . "Las prisas son malas consejeras. ¿Qué pasaría si unos particulares hubieran echado residuos en un espacio público y sin licencia?", dijo la portavoz del PP, Dolores Serrat.

### **La reforma urbana que acompaña al tranvía ampliará el espacio peatonal de los bulevares (07/02/2010) [9]**

Las jardineras de Gran Vía se eliminarán para ganar espacio y las baldosas de hormigón gris dominarán las aceras. El tranvía no llegará solo. Con él, el centro de Zaragoza sufrirá

una reforma urbana de gran calado que afectará a Gran Vía, Fernando el Católico, Isabel la Católica y Vía Ibérica. En estas calles, los cambios irán de fachada a fachada. La continuidad peatonal y ciclista a través de baldosas de hormigón gris y la eliminación de las jardineras de los bulevares son algunas de las características más destacadas del urbanismo que estos días ultima el arquitecto Iñaki Alday, el mismo que proyectó la reforma del paseo de la Independencia y el parque del Agua.

### **Los ingenieros ven el tranvía «incompatible» con la ciudad (16-8-2006) [29]**

No sólo los grupos políticos de la oposición apuestan por el metro. Es el caso del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Aragón, que entiende que «el metro ligero debe ser la alternativa elegida para el transporte público de Zaragoza de aquí a los próximos 50 años», mientras que «el tranvía es incompatible con el diseño de la ciudad y, además, no tiene en cuenta el futuro aumento de la demanda de pasajeros». El Colegio aboga por «un sistema en superficie en los tramos en los que sea posible y un trazado soterrado donde sea necesario, introduciendo parámetros de planificación para disponer de reserva suficiente y alojar los modos de transporte más adecuados». Para los ingenieros aragoneses, cuya Comisión de Infraestructuras ha elaborado un documento sobre la implantación de una línea de tranvía-metro ligero, «si sólo se tienen en cuenta criterios económicos para la toma de decisiones, se pueden obtener resultados carentes de racionalidad y realismo, sobre valorando soluciones como el tranvía que, en su conjunto, no pueden considerarse idóneas para el desarrollo futuro de la ciudad». «Es incompatible introducir un medio de transporte como el tranvía en el escenario ciudadano de Zaragoza, con unos espacios urbanos que no han variado desde que se construyó la ciudad, desde los primeros romanos hasta los sucesivos ensanches».

### **Las obras del tranvía acaban con 50 cipreses y decenas de arbustos en Isabel la Católica (26/08/2009) [30]**

Las obras del tranvía acabaron ayer con 13 cipreses y decenas de arbustos que estaban plantados en la mediana de Isabel la Católica. Varios operarios talaron estos ejemplares por la tarde, y los retiraron poco después de las jardineras en las que estaban. Se quitaron de la zona más cercana a Fernando el Católico y hasta la entrada principal del Hospital Miguel Servet, a escasos metros de la zona donde estas mismas obras provocaron el lunes un espectacular reventón. La vegetación del resto de la calle -35 pinos y 93 arbustos más- se retirará entre hoy y mañana.

### **Desmontaje de la catenaria del tranvía de Sevilla por las procesiones (31/03/2009)[30]**

El Ayuntamiento de Sevilla ha ordenado retirar la catenaria del trazado del tranvía sevillano durante la Semana Santa, de acuerdo con la petición de las cofradías de la ciudad que ven un gran inconveniente en el tendido eléctrico al tener que pasar los pasos procesionales bajo el mismo.

La empresa CAF, responsable de la construcción de los tranvías y de los trenes de Metro de Sevilla, se va a hacer cargo del coste de desmontaje y montaje de las catenarias de la Avenida de la Constitución, cada año, hasta que se ofrezca definitivamente la solución de los tranvías sin catenaria.

## 6. ALTERNATIVAS

Existen varias alternativas relativas al proyecto del tranvía de Zaragoza, entre ellas se pueden destacar tres, dependiendo de cada una este proyecto tendría costes y recursos distintos.

### **-Soterrar por el centro**

Esta es la alternativa que se defiende en el colegio de ingenieros industriales de Aragón, que creen que una solución de transporte ferroviario urbano que no una: aeropuerto, feria de muestras, estación intermodal, centros lúdicos, universitarios, deportivos y algunos de los productivos no es una buena solución para la ciudad. El trazado propuesto no va más allá del núcleo consolidado o del que se está consolidando. La opción de soterrar el centro de la ciudad desde el mercado hasta Fernando el Católico costaría unos 105 millones de euros más que el proyecto actual, lo que supone un 26% más que el coste actual.

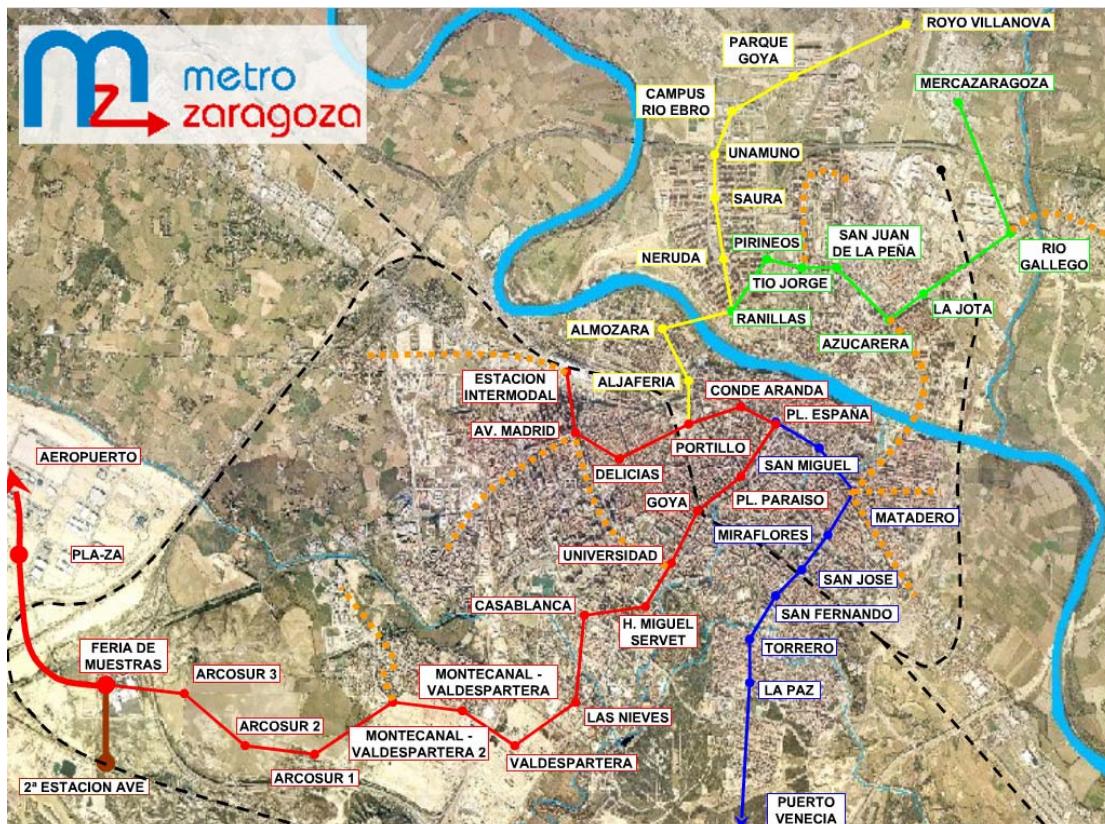
### **-Autobuses ecológicos**

El servicio de autobuses en Zaragoza cubre toda la ciudad y su cercanía. Funcionan relativamente bien. Se ofrece bonos de diferentes categorías y se puede recargar los bonos en cualquier sitio. Una alternativa es poner más carriles bus y espaciar más las paradas. Ir transformando la flota en autobuses ecológicos aumentando la cantidad de éstos. Triplicar la cantidad de autobuses ecológicos en la zona centro, supondría un coste de 40 millones, que es la décima parte del coste actual del tranvía.

### -Red de metro:

Existe una propuesta política que ha estudiado la posibilidad de construir una red de metro en Zaragoza cuyas ventajas serían que es más rápido y permite la movilidad de un mayor número de personas, al ser un medio de transporte ecológico, se reducirían los niveles de contaminación atmosférica y acústica, además de los niveles de tráfico.

El metro es un transporte seguro si se tienen en cuenta los atropellos y maniobras. Una ventaja importante del metro es que podría conectar casi todos los distritos con el centro de Zaragoza, de esta forma la ciudad tendría una estructura más compacta y unida



6.1 Posibles líneas de metro en Zaragoza [32]

Las características de esta red es que consta de 4 de líneas que conforman una red de 36,5 km, con 45 paradas y 3 intercambiadores. El coste medio por kilómetro es de 50 millones de euros, este es uno de los mayores inconvenientes de esta propuesta además de la gran magnitud de las obras, sus molestias derivadas y los posibles riesgos que éstas pueden provocar al realizarse bajo edificios y construcciones. También es importante la preservación de los posibles restos históricos existentes debajo del actual centro urbano.

## 7. CONCLUSIONES

En esta memoria se han estudiado todas las redes de tranvías que existen en España actuales, se puede apreciar que todas son más o menos recientes, la red moderna que lleva más tiempo en funcionamiento es la de Valencia, sin tener en cuenta los tranvías históricos como el tranvía Blau de Barcelona o el de Sóller.

Según la documentación del capítulo 4 de este proyecto, la red más amplia, es decir con más km es la de Alicante y los que acumulan mayor número de usuarios son el de Madrid MLO y el de Tenerife. En la tabla 4.43 se puede ver que el ancho de vía generalizado en la Península es 1435mm y la potencia de 750 Voltios, la pendiente máxima es de 90 milésimas (9%) y se encuentra en A Coruña. El radio mínimo se encuentra en el trayecto del tranvía de Vitoria de 12m.en la unión de las vías de lavadero y talleres en las cocheras.

En la mayoría de las ciudades la velocidad comercial es de 20 km/h aproximadamente, la velocidad más baja es la del tranvía Blau (5km/h), puesto que es un vehículo turístico y en casi todas los tranvías son articulados, Valencia es la ciudad que más vehículos posee, en gran parte debido a que es la que más tiempo lleva en funcionamiento.

Las principales empresas fabricantes de los materiales móviles de los tranvías de España son: Bombardier, Vossloh, Alstom, CyE, y CAF, esta última posee una de sus sedes principales en Zaragoza, por lo que es la encargada del nuevo proyecto de esta ciudad.

A la hora de realizar un proyecto tranviario de esta magnitud, hay que tener en cuenta el crecimiento futuro de la ciudad para poder desarrollar líneas capaces de abastecer la futura ciudad cuando terminen las obras.

Respecto al proyecto actual del tranvía en Zaragoza se puede decir que afecta principalmente al tráfico en el centro de la ciudad, puesto que van a desaparecer carriles destinados actualmente a vehículos particulares, que aunque en principio la cantidad de éstos

va a disminuir, no es del todo seguro ya que una gran cantidad de pasajeros en ese eje (norte-sur) van a continuar utilizando su coche porque proceden de distintas zonas de la ciudad que el tranvía no llega a cubrir. Esto implica la formación de atascos y acumulación de vehículos en menos espacio y con menos lugares para aparcar. Al reducir los carriles para vehículos de dos a uno, los servicios sanitarios y los bomberos tendrán dificultades para llegar a sus urgencias y a los hospitales de referencia.

Según algunas fuentes, la planificación de este proyecto se ha desarrollado con poco tiempo y vistas de futuro limitadas, ya que parece una forma de hacer publicidad política, y teniendo en cuenta que las obras van a durar varias legislaturas y que no se a llegado a un consenso entre todos los representantes políticos, no se sabe cual será la continuidad de este proyecto.

Uno de los puntos más positivos del tranvía es que es un transporte ecológico, de esta forma se emiten menos gases tóxicos a la atmósfera. Además durante la construcción, desarrollo y puesta en marcha del proyecto, se ha generado empleo, tanto para obreros, como para ingenieros y demás personal contratado para llevar a cabo el funcionamiento de la línea 1 del tranvía. Esta generación de empleo es muy importante ya que estamos en una época de crisis económica, y de esta forma se ayuda al progreso de la sociedad. Pero esta época de crisis también afecta al ayuntamiento y al gobierno de Aragón, ya que la construcción de este nuevo tranvía supone un gran gasto tanto para los organismos públicos como para las familias particulares.

El autobús en las mismas condiciones que el tranvía (plataforma única, sistema de pago y acceso, semaforización prioritaria, autobuses ecológicos, etc.) tiene la misma velocidad comercial y la misma capacidad de transporte de viajeros, dado que existen autobuses dobles o triples, por lo que en algunas zonas bastaría con mejorar el sistema y la red de autobuses. El tramo de tranvía entre Valdespartera y Plaza Emperador Carlos no presenta graves afecciones, ni al tráfico ni al comercio e incluso será positivo de cara a la movilidad de Valdespartera, Montecanal, Rosales del Canal, Casablanca.

Las paradas del tranvía se colocan cada 500 metros, en esta ciudad existe una parada de autobús cada 200 metros. El usuario del transporte público se verá perjudicado dado que tendrá que recorrer más metros para llegar a la parada que le lleve a su destino o en la que pueda realizar un trasbordo. Una buena opción sería construir una primera línea circular, y luego una norte-sur y otra este-oeste. Es lo ideal para una ciudad de una forma más o menos circular.

A la hora de buscar alternativas, hay que tener en cuenta el estado de las calles, por ejemplo la calle Coso es muy estrecha y en la construcción del tranvía se pueden producir daños en fachadas, pero por el contrario si se busca otra opción como el soterramiento o el metro, habría problemas con restos históricos que se encuentran debajo del centro de la ciudad, aunque la opción de soterrar por el centro sería de las más positivas, con unas obras de gran magnitud, pero sin alterar el tráfico y sin necesidad de rediseñar la circulación por la ciudad.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. SALMERÓN I BOSCH, Carles (2009). Tranvías de España, la nueva movilidad urbana. TERMINUS.
2. PEÑA, J.- VALERO, J.M. (1985) Los tranvías de Zaragoza, DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ZARAGOZA.
3. GARRIDO PALACIOS, José (2008) Miradas al pasado de Zaragoza. GEODESMA S.L. Capítulo 5.1.2.
4. Wikipedia
5. <http://www.tranviazaragoza.org/>
6. <http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/INDICE.html>
7. <http://azaft.org/>
8. simulación del tranvía (video) [http://www.youtube.com/watch?v=34BCl\\_at0eo](http://www.youtube.com/watch?v=34BCl_at0eo)
9. <http://www.heraldo.es>
10. [http://www.metroligero-oeste.es/pdfs/tranvia\\_hoy.pdf](http://www.metroligero-oeste.es/pdfs/tranvia_hoy.pdf).
11. <http://www.trambcn.com>
12. <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n28/ajlord.html>
- 13 <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20070402023240AAg2Q4V>.

15. <http://www.tranviatenerife.com/>
16. <http://www.anden1.org/anden2/foro/viewtopic.php?f=14&t=1126&start=240>
- 17 <http://www.metromadrid.es>
- 18 <http://www.viaparla.com/>
- 19 <http://www.tramvia.org/>
- 20 <http://ferrocarriles.wikia.com>
- 21 <http://www.fgvalicante.com>
- 22 <http://www.euskotren.es>
23. <http://www.tranviademurcia.es>
- 24 <http://www.tussam.es>
- 25 [www.tranviascoruna.com](http://www.tranviascoruna.com)
- 26 [www.busvalencia.com](http://www.busvalencia.com)
- 27 <http://www.metrovalencia.es>
- 28 Google imágenes
- 29 [www.abc.es](http://www.abc.es)
30. [www.zaragozasintranvia.com/](http://www.zaragozasintranvia.com/)
31. [www.elperiodicodearagon.com](http://www.elperiodicodearagon.com)
32. [www.metrozaragoza.com](http://www.metrozaragoza.com)
33. [http://www.youtube.com/watch?v=PJqeOuEazkI&feature=player\\_embedded#!](http://www.youtube.com/watch?v=PJqeOuEazkI&feature=player_embedded#!)