



TFM
OPCIÓN INVESTIGACIÓN

2006-2011

MOVILIDAD SOSTENIBLE MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE POLIVALENTES:

APLICACION SOBRE LA CIUDAD DE SEVILLA

ALUMNO: JOSE FRANCISCO MONTES DE LA VEGA

| TUTOR: FRANCISCO A. ORTEGA RIEGOS

| aÑO: 2006-07

PALABRAS CLAVE: DESARROLLO SOSTENIBLE + MOVILIDAD + TRANSPORTE URBANO + TREN TRAM + SEVILLA

1. Introducción

El Plan de Movilidad Sostenible del área metropolitana de Sevilla (B.O.J.A. N 234 de Diciembre de 2.006) contempla llevar a cabo iniciativas que prioricen el uso del metro, el tranvia, la bicicleta (medidas acompañadas de una fuerte financiacion) y tambien, con un apoyo economico mucho menor, el autobus no contaminante (impulsado con biogas o electricidad) y el tren de Cercanias. En este ultimo caso, las actuaciones previstas en materia de infraestructuras ferroviarias se dirigen a mejorar la cobertura del anillo existente de Cercanias (nuevos apeaderos) y sus tiempos de viaje, asi como a poner en marcha nuevos servicios de transporte de contexto metropolitano (conexiones entre la capital y el Aljarafe norte, asi como entre Sevilla y Alcala de Guadaira).

2. Objetivos

El objetivo del presente estudio es la presentacion de una propuesta, basada en el uso del TREN TRAM (vehiculo ferroviario polivalente concebido para poder utilizar tanto la vía del tranvia en la ciudad como una vía ferroviaria convencional) como material movil, para el trazado de una segunda linea circular ferroviaria de Cercanias y su correspondiente analisis desde las perspectivas de factibilidad, integracion urbana, cobertura y sostenibilidad.

3. Metodología

Los servicios ferroviarios convencionales no proporcionan el servicio puerta a puerta conveniente que demanda el viajero. Estos precisan a menudo la utilizacion combinada de autobuses y otros trenes, ademas de soportar largas esperas, cubrir largos tramos andando para los intercambios modales y padecer una cierta incertidumbre. En todos los modelos de demanda de transporte se considera que el tiempo adicional al que se emplea en el desplazamiento sobre el medio principal (es decir, tiempos de acceso, espera y transbordos) penaliza el numero esperado de viajeros en los sistemas publicos de transporte (Mesa y Ortega, 2001).

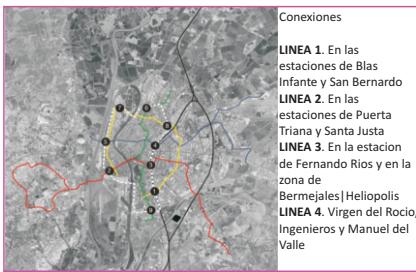
La diferencia entre estos tipos de medios de transporte (tren de cercanias, metro ligero y tranvia) es cada vez mas inapreciable en la practica, debido a los nuevos materiales con los que se construyen las unidades de trenes de cercanias y metro convencional que los hacen mas ligeros en peso y con mayores prestaciones en cuanto a sus caracteristicas de aceleracion y frenado. Actualmente, existen lineas de metro (como Madrid/Arganda del Rey de treinta kilometros) cuyo trazado discurre sobre tramos que no estan urbanizados, caracteristica mas cercana a la de un tren de cercanias que a la de un metro y, reciprocamente, lineas ferroviarias que incorporan una mayor densidad de apeaderos para que los trenes de cercanias puedan dar un servicio de tren metropolitano en horarios de hora punta (es el caso de Cadiz o Lisboa).



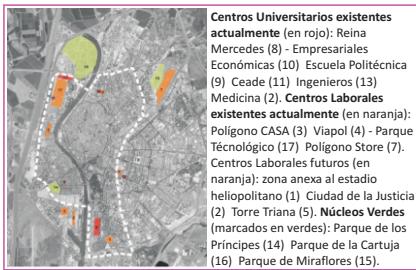
El tren tram de Karlsruhe circulando por el caso histórico



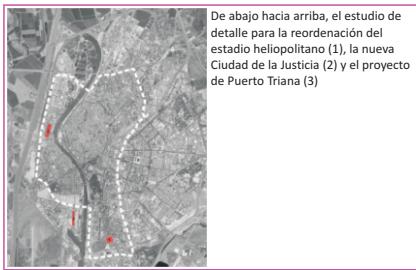
El tren tram de Karlsruhe circulando sobre la red convencional ferroviaria



Plano de superposicion de la Red de Metro de Sevilla, Cercanias y la Red porpuesta del Tren Tram.
fuente: propia



Principales nucleos laborales y universitarios que da cobertura la linea de Tren Tram
fuente: propia



Ubicacion de los tres planes urbanisticos utilizados para el diseño de la red
fuente: propia

El Tren Tramia consiste en una composicion de vehiculos de metro ligero especialmente adaptada para circular tanto por vias urbanas que le son propias (pertenecientes aun sistema tranviario existente o de nueva creacion), como por las vias de ferrocarril convencial (Novales et al., 2002). Los dos principales problemas tecnicos que se presentan al compatibilizar las instalaciones de tren y tranvia son la diversidad de los anchos de via y la diferente altura de los andenes para ascenso/descenso de los usuarios. Ambas cuestiones estan resueltas hoy en dia con medidas como la incorporacion de un tercer carril sobre la infraestructura y dotar a los peldaños de una caracteristica retractil, respectivamente. (Sanchis Mendoza, 2006).

En este sentido, el Tren Tramia ayuda a disminuir (e incluso, eliminar) los tiempos adicionales, al tiempo que ofrece una serie de ventajas:

- . Rentabilizar la infraestructura ferroviaria existente, reduciendo la necesidad de invertir en la construccion de nuevas plataformas.
- . Ahorro de tiempo para los usuarios del transporte publico por su acceso directo desde zonas perifericas hasta los principales centros de empleo y comercio sin transbordos.
- . Ahorro en el coste de kilometro de infraestructura construida, debido a que el metro ligero requiere una plataforma mas barata que el ferrocarril convencional.
- . Ahorro en el coste de operacion, pudiendo ajustar mas flexiblemente las frecuencias de paso y la composicion de las unidades a la demanda existente.

En el diseño de una red de transporte se dan cita una multiplicidad de restricciones y objetivos, dificultando la obtencion de una familia de buenas soluciones con respecto a los principales criterios que intervienen en la decision (Laporte et al., 2000). Para ese proposito, los metodos de optimizacion permiten definir las estrategias mas efectivas para los problemas, orientando adecuadamente la inversion financiera requerida. Singularmente en este proyecto, se atienden los condicionantes de reutilizacion de las infraestructuras obsoletas, el objetivo de invasion minima del viario existente, la adecuacion del material rodante a la tipologia de calles existentes y el compromiso de no interferir la fluidez de los grandes corredores con intersecciones mal diseñadas.

La linea circular de Tren Tramia proyectada para la ciudad de Sevilla se diseña, en este trabajo de investigacion, con 12 tramos y 12 estaciones. Se caracteriza fundamentalmente por la reutilizacion de infraestructuras existentes, donde cobra principal protagonismo el pasillo conformado por el tramo que discurre desde la Estacion Central de Santa Justa hasta el Apeadero de Virgen del Rocio, pasando por la estacion de San Bernardo.

Para el diseño de la red y la ubicacion de las estaciones, se han tenido como premisas la localizacion de los centros universitarios y laborales, como puntos de mayor creacion de movilidad urbana. De este modo, tambien se incluyen los proyectos urbanisticos aprobados recientemente, y que son el centro laboral de Torre Triana, la nueva ubicacion de la Ciudad de la Justicia en Tablada y el Plan Parcial para los terrenos anexos al estadio Bentio Villamarín. El recorrido se divide en cuatro sectores, formado cada uno de ellos por tres tramos. A continuacion se analizan y describen cada uno de ellos:

TRAMO 1 SANTA JUSTA/SAN BERNARDO

LONGITUD	1.882,72
REUTILIZACION	100%
SIMPLE/DOBLE VIA	0 / 1.882,72
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	BAJO TIERRA
CRUCES	NINGUNO

TRAMO 2 SAN BERNARDO/VIRGEN DEL ROCIO

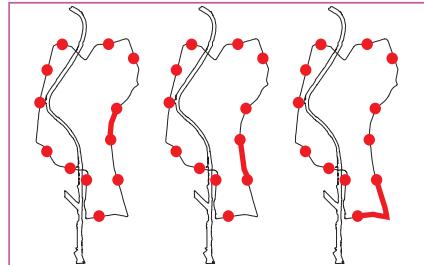
LONGITUD	1.694,66
REUTILIZACION	100%
SIMPLE/DOBLE VIA	0 / 1.694,66
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	BAJO TIERRA
CRUCES	NINGUNO

TRAMO 3 V. DEL ROCIO/BERMEJALES

LONGITUD	2.684,75
REUTILIZACION	56%
SIMPLE/DOBLE VIA	2.550,5 / 134,2
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	SUPERFICIE
CRUCES	PASO INFERIOR
	AVD. JEREZ

TRAMO 4 BERMEJALES/AVDA. DE LA RAZA

LONGITUD	2.109,79
REUTILIZACION	72 %
SIMPLE/DOBLE VIA	2.004,3 m / 104,58 m
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	SUPERFICIE
CRUCES	AVDA. DE LA RAZA



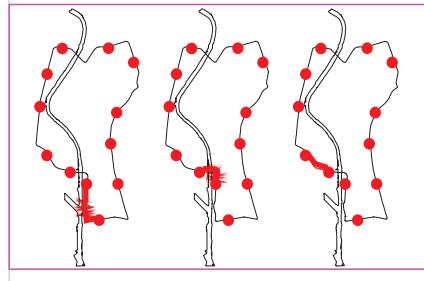
Esquema de recorrido del SECTOR 1 T1 / T2 / T3
fuente: propia

TRAMO 5 AVDA. DE LA RAZA/TABLADA

LONGITUD	1.112,22 m
REUTILIZACION	57,77 %
SIMPLE/DOBLE VIA	1.000,22 / 112
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	SUPERFICIE
CRUCES	RIO GUALQUIVIR

TRAMO 6 TABLADA/BLAS INFANTE

LONGITUD	1.224,91
REUTILIZACION	0 %
SIMPLE/DOBLE VIA	1.110,91 / 124
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	SUPERFICIE
CRUCES	AVDA. JUAN PABLO II



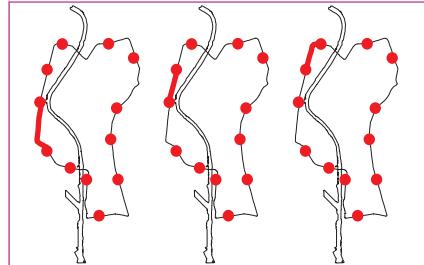
Esquema de recorrido del SECTOR 2 T4 / T5 / T6
fuente: propia

TRAMO 7 BLAS INFANTE/TORRE TRIANA

LONGITUD	2.209,75
REUTILIZACION	0 %
SIMPLE/DOBLE VIA	2.099,26 / 110,48
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	SUPERFICIE
CRUCES	NINGUNO

TRAMO 8 TORRE TRIANA/CARTUJA

LONGITUD	1.741,44
REUTILIZACION	56 %
SIMPLE/DOBLE VIA	1.566,44 / 175
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	SUPERFICIE
CRUCES	NINGUNO

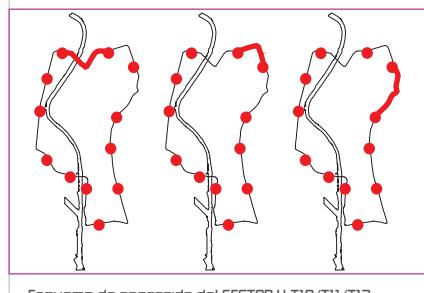


Esquema de recorrido del SECTOR 3 T7 / T8 / T9.
Fuente: propia

TRAMO 9 CARTUJA/ESCUELA DE INGENIEROS**TRAMO 10 E. DE INGENIEROS / SAN LAZARO**

LONGITUD	1.032,65
REUTILIZACION	54 %
SIMPLE/DOBLE VIA	937,65 / 75
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	SUPERFICIE
CRUCES	AVD. CARLOS III

LONGITUD	2.423,40
REUTILIZACION	0 %
SIMPLE/DOBLE VIA	2.302,23 / 121,17
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	SUPERFICIE
CRUCES	RIO GUADALQUIVIR



Esquema de recorrido del SECTOR 4 T10 / T11 / T12.
Fuente: propia

TRAMO 11 SAN LAZARO/AVD. MANUEL DEL VALLE TRAMO 12 AVD. MANUEL DEL VALLE / SANTA JUSTA

LONGITUD	1.800,32
REUTILIZACION	0 %
SIMPLE/DOBLE VIA	1.675,3 / 125
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	SUPERFICIE
CRUCES	NINGUNO

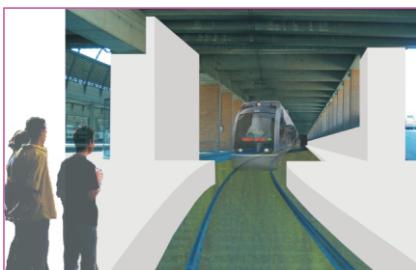
LONGITUD	1.235,03
REUTILIZACION	0 %
SIMPLE/DOBLE VIA	1.113,43 / 121,60
ELEVADO/SUP./BAJO TIERRA	SUPERFICIE
CRUCES	NINGUNO



Fotomontaje del tren-tram a su paso por la zona privada del puerto
fuente: propia



Imagen de la vía actualmente en desuso a su entrada por el norte a la estación de Santa Justa
fuente: propia



Fotomontaje de la intervención prevista en la propuesta
fuente: propia

4. CONCLUSIONES

El automóvil es el responsable principal de la degradación de la calidad ambiental del espacio público y de la ciudad, provocando que la calidad de vida de los ciudadanos se reduzca hasta el punto de considerar la circulación y sus efectos como los principales problemas de vivir en ella. El tráfico masivo de coches, que ocupa gran parte del espacio público, ataca la esencia de la ciudad y predispone al ciudadano a creer que la ciudad se ha hecho insoportable.

Un transporte público eficiente (en superficie) debería obligar a reducir el número de automóviles que circulen y liberar de tráfico privado la mayor parte de las vías

En este contexto, y centrándonos en el caso específico de la ciudad de Sevilla, se ha proyectado una línea circular de tren-tranvía presentada en el ámbito del Plan de Movilidad Sostenible del Área Metropolitana de Sevilla. Sus características fundamentales siguen las principales directrices de actuación de dicho Plan, en el sentido de fomentar el transporte público y favorecer la intermodalidad entre los medios de transporte público (estaciones intermodales) y privados (aparcamientos de disuasión). Adicionalmente, otros objetivos han sido atendidos, como reutilización de infraestructuras obsoletas y mínima invasión del viario existente.

Este proyecto ha supuesto el preámbulo de una futura investigación interdisciplinar en materia de movilidad urbana sostenible, donde poder plantear nuevos modelos de movilidad acomodados a las diferentes tipologías de ciudades y conectados con los retos que actualmente están lanzados acerca de compatibilizar el desarrollo económico que propician las infraestructuras de transporte urbano con la protección al medio ambiente.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Laporte G., Mesa, J. A. y Ortega, F. A. (2000). **Optimization methods for the planning of rapid transit systems.** European Journal of Operational Research, Vol. 122, 1-10.
2. Mesa, J. A. y Ortega, F. (2001). **Park and ride station catchment areas in metropolitan rapid transit systems.** Mathematical Methods on Optimization in Transportation Systems, M. Pursula and J. Niittymäki (eds.), Kluwer (ed.), Dordrecht (Holanda), 81-93.
3. Montes de la Vega, F.J. y Ortega, F.A. (2007). **Movilidad sostenible mediante el uso de sistemas de transporte polivalentes. Aplicación sobre la ciudad de Sevilla.** Comunicaciones Libres del Congreso Internacional de Construcción Sostenible, páginas 77-91. Sevilla, España.
4. Novales Ordax, Margarita - Orro Arcay, Alfonso - Rodríguez Bugarín, Miguel D. (2002). **Aplicaciones europeas del Tren-Tranvía, una nueva orientación del transporte público ferroviario.** Revista de Obras Públicas nº 3424, 21-38.
5. Novales M., Orro A. y R-Bugarín, M. (2002). **The Tram-Train: State of the Art. Proceedings of the Intituition of Mechanical Engineers,** Vol. 216, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, F01201.
6. Sanchís Mendoza J. J. (2006). **Tren-Tram: Un sistema flexible de Transporte.** Actas del VII Congreso de Ingeniería del Transporte (edición digital). Publicaciones de la Universidad de Castilla La Mancha. Ciudad Real, España.