

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***ESTUDIO TÉCNICO DE IMPLANTACIÓN DE
SISTEMA BRT EN LA CIUDAD DE
VITORIA-GASTEIZ***

DOCUMENTO 1- MEMORIA, CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Díez Aguillo, Aitor

Director: Pérez Acebo, Heriberto

Curso: 2018-2019

Fecha: 11 febrero de 2019

Índice

1.MEMORIA.....	5
1.1.RESUMEN, SUMMARY, LABURPENA.....	5
1.2.INTRODUCCIÓN	8
1.2.1.DESCRIPCIÓN BRT.....	8
1.2.2.SISTEMAS BRT POR EL MUNDO	10
1.2.3.DESCRIPCIÓN VITORIA	26
1.2.3.1.SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	26
1.2.3.2.CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA FUNCIONAL DE VITORIA	29
1.2.3.3.DENSIDAD DE POBLACIÓN	32
1.2.3.4.MOVILIDAD GENERAL	46
1.2.3.5.RED DE TRANSPORTE PÚBLICO VITORIA	48
1.2.3.6.FUTUROS PLANES DE TRANSPORTE.....	50
1.2.4.TIPOS DE TRANSPORTE Y CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	53
1.3.OBJETO.....	63
1.4.METODOLOGÍA	64
1.5.FUNDAMENTO TEÓRICO	66
1.5.1.CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS A UN PROYECTO DE TRANSPORTE PÚBLICO.....	66
1.5.2.INFRAESTRUCTURA	69
1.5.3.VELOCIDAD COMERCIAL Y TIEMPO DE RECORRIDO	71
1.5.4.CRITERIOS GEOMÉTRICOS	76
1.6.RESULTADOS.....	80
1.6.1.DEMANDA.....	80
1.6.2.ELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE	86
1.6.3.DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS	88
1.6.4.TOMA DE DECISIONES.....	89
1.6.5.OPERACIÓN.....	91
1.6.6.DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	95
1.6.7.PARADAS.....	99
2.CONCLUSIONES	102
3.BIBLIOGRAFÍA, NORMATIVA Y ENLACES	105

Índice de figuras

Ilustración 1 BRT´s alrededor del mundo (GlobalBRT data).....	8
Ilustración 2 RIT Curitiba. Detalle de parada (GlobalBRT data)	14
Ilustración 3 Transmilenio, Bogotá Acceso a Bus (GlobalBRT data)	15
Ilustración 4 Transmilenio, Bogotá. Corredor (GlobalBRT data).....	16
Ilustración 5 Transantiago, Chile (GlobalBRT data).....	17
Ilustración 6 Transmetro, Barranquilla (GlobalBRT data)	18
Ilustración 7 BusWay, Nantes (GlobalBRT data)	20
Ilustración 8 Busway, Gotemburgo. (GlobalBRT data).....	21
Ilustración 9 Tram Castellón (GlobalBRT data)	23
Ilustración 10 Tram Castellón (GlobalBRT data)	23
Ilustración 11 TransJakarta, Jakarta. (GlobalBRT data).....	24
Ilustración 12 TransJakarta, Jakarta. Acceso a bus (GlobalBRT data).....	25
Ilustración 13 Mapa País Vasco. (Google.es).....	26
Ilustración 14 Vitoria y sus alrededores. (Googlemaps)	27
Ilustración 15 Mapa topográfico Vitoria Gasteiz	28
Ilustración 16 Sectores Salburua (Wikipedia).....	37
Ilustración 17 Sectores Zabalgana(Wikipedia)	39
Ilustración 18 Densidad de población Vitoria (Año 2006) (Ayuntamiento Vitoria Gasteiz)	44
Ilustración 19 Densidad de población Vitoria (Año 2016) (Ayuntamiento Vitoria Gasteiz).....	45
Ilustración 20 Línea autobuses Vitoria (TUVISA)	48
Ilustración 21 Línea Tranvía Vitoria Gasteiz (EuskoTren).....	49
Ilustración 22 Ampliación Tranvía hacia Universidades (EL Correo Álava)	50
Ilustración 23 Estudio ampliación tranvía Zona Sur. (El Correo Álava)	51
Ilustración 24 Plan ampliación total hacia Sur. (El Correo Álava).....	51
Ilustración 25 Propuesta de BRT por el Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz. (El Correo Álava)	52
Ilustración 26 Demandas máximas aceptadas por Bus, BRT y Metro (Guía de planificación de BRT)	53
Ilustración 27 Gramos de contaminación respecto a pasajeros transportados (Agencia federal de medioambiente alemana)	56
Ilustración 28 Capacidad de transporte VS distancia entre paradas (Guía de planificación de BRT)	57
Ilustración 29 Coste Infraestructura VS pasajeros (Guía de planificación de BRT)	58
Ilustración 30 Comparativa de periodos de implantación (Guía de planificación de BRT)	59
Ilustración 31 Ampliación gradual de BRT en Estambul	60
Ilustración 32 Esquema modelos de estimación de la velocidad comercial (Antonio Mora Vallejo)	72
Ilustración 33 Relación Velocidad – Flujo (Vega 2001)	74
Ilustración 34 Sobreanchos en autobús (Dirección general de carreteras)	78
Ilustración 35 Calle Zumaquera, a su paso por Hegoalde (GoogleEarth)	96
Ilustración 36 Calle Salbatierrabide (GoogleEarth)	96
Ilustración 37 Fin de recorrido en Avda. Zabalgana (GoogleEarth).....	97

Ilustración 38 Fin de tramo en Bulevar Salburua (GoogleEarth)	98
Ilustración 39 Detalle de bordillo de andén. Actualmente en Vitoria	100
Ilustración 40. Actual andén Vitoria	101

Índice de gráficas

Gráfica 1 Evolución demográfica Vitoria entre 1842 y 2017(Wikipedia).....	32
Gráfica 2 Evolución de la densidad de población en suelo urbano residencial, (hab/km2)	41
Gráfica 3 Movilidad Vitoria (Ayuntamiento Vitoria).....	46
Gráfica 4 Usuarios autobuses 2015 por líneas (TUVISA)	80
Gráfica 5 Usuarios L2 (TUVISA)	82

Índice de tablas

Tabla 1 Regiones y usuarios BRT por continentes (GlobalBRT data)	10
Tabla 2 Regiones y usuarios BRT por países. (Global BRT data)	10
Tabla 3 Líneas BRT en España (GlobalBRT data)	11
Tabla 4 Detalle BRTs en el mundo	12
Tabla 5 Habitantes área funcional de Vitoria Gasteiz	30
Tabla 6 Carreteras que cruzan Vitoria (Wikipedia)	31
Tabla 7 Habitantes Vitoria por barrios.(Ayuntamiento Vitoria).....	33
Tabla 8 Diferencia población por barrios en un año.	34
Tabla 9 Sectores Salburua (Wikipedia).....	36
Tabla 10 Sectores Zabalgana (Wikipedia)	40
Tabla 11 Crecimiento porcentual por barrios periodo 2009-2017	42
Tabla 12 Densidad de población por barrios en el periodo 2009-2017.....	43
Tabla 13 Variación movilidad en Vitoria (años 2006 - 2014).....	46
Tabla 14 Consumo equivalente en litros de gasolina por pasajero y 100 km.(Ferropedia)	54
Tabla 15 Condicionantes de implantación de métodos de transporte públicos	62
Tabla 16 Valor típico de capacidad en parada para distinto sistema de autobús. (Lillo et al 2003).....	71
Tabla 17 Reparto usuarios por horas (TUVISA)	81
Tabla 18 Crecimiento pasajeros líneas autobús Vitoria	84
Tabla 19 Promedio crecimiento usuarios Vitoria.....	84
Tabla 20 Usuarios tranvía 2009 - 2015.....	85
Tabla 21 Porcentaje de uso de las líneas	85
Tabla 22 Demanda prevista para BRT en 5 años	86
Tabla 23 Configuración autobús eléctrico 18 metros.	90
Tabla 24 Número total de servicios anuales	93

1. MEMORIA

1.1. RESUMEN, SUMMARY, LABURPENA

RESUMEN CASTELLANO

El Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz, ha presentado, un nuevo gran proyecto para intentar mejorar la movilidad en la capital alavesa.

Este consiste, en introducir en Vitoria una nueva forma de transporte. El sistema BRT. Un autobús completamente eléctrico, con calzada segregada y prioridad semafórica. La propuesta del Ayuntamiento, es básicamente, sustituir una actual línea de autobuses urbanos, por este nuevo método de transporte.

Por supuesto, que esto se traduciría en una mejora de la movilidad vitoriana, pero también es cierto, que no estaría mejorando todo lo que con este sistema podría mejorarse.

Utilizando este sistema, pero implementándolo en otro trazado, la movilidad Vitoriana, realmente se vería mejorada.

Cierto es que la línea 2 de los autobuses de Vitoria, es la que tiene una mayor afluencia de viajeros. Pero su principal problema, es que sigue dejando “de lado” a los nuevos y más poblados barrios de Vitoria, Zabalgana y Salburua.

Es por ello, que en este proyecto voy a realizar una propuesta alternativa a la emitida por el ayuntamiento.

SUMMARY ENGLISH

The City Council of Vitoria Gasteiz has presented a new great project to try to improve the mobility in the capital of Álava.

This consists of introducing a new form of transport in Vitoria. The BRT system. A fully electric bus, with segregated road and traffic light priority. The City Council's proposal is basically to replace a current urban bus line with this new method of transportation.

Of course, this would improve vitorian mobility, but it is also true that everything that could be improved with this system would not be improved.

Using this system, but implementing it in another layout, the mobility would really be improved. It is true that line 2 of Vitoria's buses, is the one that has a greater influx of travelers. But it's main problem is that it still does not affect the new and more populated neighborhoods of Vitoria, Zabalzana and Salburua.

That is why, in this project I will make an alternative proposal to the one proposed by the city council.

LABURPENA EUSKARAZ

Gasteizko Udalak Arabako hiriburuan mugikortasuna hobetzeko proiektu berri bat aurkeztu dugu.

Garraibide mota Berri bat sartzean datza. BRT sistema. Erabat elektrikoa den autobusa, galtzada segregatuarekin eta zirkulazio-argi lehentasunarekin. Udalaren proposamena gaur egungo hiriko autobus-linea garraibide Berri honekin ordezkatzean oinarritzen da.

Horrek Gasteizko mugikortasun hobekuntza bat suposatuko luke; izan ere, sistema honekin hobetu ahalko litzatekeena ez litzateke hobetzen egongo.

Sistema hau erabiltzean, beste trazaketa mota batean, Gasteizko mugikortasuna hobetuko litzateke.

Egia da, Gasteizko bigarren autobús-linea bidaiari gehien dituen da. Hala ere, arazo Nagusia da línea honek Zabalzana eta Salburua, hiriko auzorik jendetsuenak, alde batera uzten dituela.

Hori dela eta, proiektu honetan, udalak egin duenaren proposamen alternatiboa bat egingo dut.

1.2. INTRODUCCIÓN

1.2.1. DESCRIPCIÓN BRT

La definición de BRT que se expone a continuación es la que ofrece la guía “Bus Rapid Transit- Plannig Guide 2007”:

Es un sistema de autobuses de alta calidad basado en el tránsito rápido, cómodo y rentable; mediante infraestructuras segregadas que aportan prioridad de paso y un excelente marketing y servicio al cliente.

Los sistemas BRT se originaron en Latinoamérica en los años 1970, cuando el rápido crecimiento urbano comenzó a causar serias dificultades al tráfico móvil. La combinación de demanda masiva y escasez de recursos financieros impedía desarrollar una infraestructura basada en el automóvil particular. En cambio, surgió un nuevo paradigma de un transporte eficiente en costo que conquistó el mundo como una solución que propicia la igualdad de oportunidades para todos los segmentos de la población.

El éxito de los sistemas BRT es la razón de que se hayan implementado sistemas de este tipo en muchos lugares del mundo: en la actualidad hay soluciones BRT en operación en más de 140 ciudades, a los que se añade un número similar de proyectos en fase de planeación o bajo construcción.



Ilustración 1 BRTs alrededor del mundo

Las características que debe tener un sistema BRT propuestas en esta guía son las que se exponen a continuación:

- Plataformas segregadas de bus o carriles-bus en la mayoría del recorrido del sistema, ya sea en corredores principales o calles dentro de la ciudad.

Y al menos dos de las siguientes características:

- Red integrada
- Estaciones y paradas confortables, seguras y protegidas de las inclemencias del tiempo.
- Acceso a nivel entre el andén y la plataforma del vehículo.
- Localización de carriles bus en el centro de la calzada más que en el lateral.
- Pago antes de subir al bus.
- Intermodalidad con el resto de servicios de transporte.
- Integración tarifaria con el resto de sistemas.
- Entrada a sistema restringido a operadores prescritos bajo una estructura reformada de negocio y administrativa.
- Marketing para reforzar la imagen distintiva del sistema.
- Vehículos de bajas emisiones contaminantes (Euro III o superior).
- Sistema de control centralizado (SAE, Sistemas de ayuda a la Explotación) y utilización de ITS (Sistemas de transporte inteligente).
- Sistemas que mejoran el acceso de niños, personas mayores, personas con movilidad reducida
- Información en tiempo de real en el bus o en las paradas.

Como podemos ver, el término BRT es bastante subjetivo ya que existen casi tantas definiciones de sistemas BRT como ciudades lo tienen implantado. Ya que son los factores locales de cada ciudad los que determinan qué características se requieren y cuáles son realmente necesarias para su propio sistema de autobuses. Este hecho pone en relieve la flexibilidad de los sistemas BRT y por lo tanto la dificultad para establecer una única definición.

Pero se debe decir que, a pesar de la subjetividad del término, los sistemas BRT siempre buscan un objetivo común: ser sistemas de alta calidad y tránsito rápido.

1.2.2. SISTEMAS BRT POR EL MUNDO

En todo el mundo hay 168 ciudades que tienen un sistema BRT implantado con un total de 4.998 km. El conjunto de todos estos sistemas mueve más de 33 millones de pasajeros al día, en Europa, solo se mueven cerca de 1 millón de personas, lo que representa un 4,84% de los pasajeros, dato que es muy bajo si tenemos en cuenta que casi el 30% de esas 168 ciudades se encuentran en Europa. La mayor parte de los pasajeros que se mueven en los sistemas BRT en el mundo, se encuentran en América Latina, un 61%, que es donde están más desarrollados estos sistemas, ya que fue donde comenzaron a existir, y donde mejor funcionan.

Regiones	Pasajeros por día	Número de ciudades	Longitud (km)
África	468.178 (1.4%)	4 (2.38%)	117 (2.34%)
América del Norte	912.598 (2.74%)	18 (10.71%)	526 (10.52%)
América Latina	20.573.856 (61.77%)	55 (32.73%)	1.790 (35.81%)
Asia	9.301.372 (27.92%)	43 (25.59%)	1.593 (31.88%)
Europa	1.613.580 (4.84%)	44 (26.19%)	875 (17.51%)
Oceanía	436.200 (1.3%)	4 (2.38%)	96 (1.91%)

Tabla 1 Regiones y usuarios BRT por continentes

País	Pasajeros por día	Número de ciudades	Longitud (km)
Belgium	0 (0%)	1 (2.27%)	6 (0.68%)
Finland	30.000 (1.85%)	1 (2.27%)	28 (3.14%)
France	457.919 (28.37%)	21 (47.72%)	342 (39.03%)
Germany	42.000 (2.6%)	2 (4.54%)	31 (3.54%)
Netherlands	110.568 (6.85%)	5 (11.36%)	161 (18.38%)
Spain	30.867 (1.91%)	2 (4.54%)	15 (1.66%)
Sweden	100.000 (6.19%)	3 (6.81%)	96 (10.93%)
Switzerland	14.000 (0.86%)	1 (2.27%)	11 (1.25%)
Turkey	750.000 (46.48%)	1 (2.27%)	52 (5.94%)
United Kingdom	78.226 (4.84%)	7 (15.9%)	135 (15.41%)

Tabla 2 Regiones y usuarios BRT por países.

Ciudad	Pasajeros por día	Longitud (km)	Año de instauración
Castellón	3.200 (10.36%)	10 (71.23%)	2.009
Granada	27.667 (89.63%)	4 (28.76%)	2.014

Tabla 3 Líneas BRT en España

A continuación, se muestra una tabla muy representativa de los sistemas BRT más importantes del mundo. Representan la población de la ciudad, el % de usuarios que utilizan el sistema de transporte público, el número de pasajeros al año, año de inauguración de la línea, la longitud total y la velocidad de operación de la misma.

Región	País	Ciudad	Población, ciudad	Partición modal % transporte público	Demanda anual (pasajeros por año)	Año de inauguración del sistema	Longitud del sistema (km)	Velocidad operacional (km/h)
Latin America	Brazil	São Paulo	11.967.825	36,8	1.006.450.800	1980	135,02	22
Latin America	Brazil	Rio de Janeiro	6.476.631	48,7	953.580.000	2011	168	21,8
Latin America	Colombia	Bogotá	7.760.500	59	565.100.000	2000	112,9	26,2
Europe	Turkey	Istanbul	14.160.467	36	225.000.000	2007	52	35
Latin America	Ecuador	Quito	1.619.791	62	223.500.000	1995	71,4	17,8
Latin America	Brazil	Curitiba	1.879.355	46	169.950.000	1974	74,1	
Asia	Indonesia	Jakarta	9.607.787	36	114.783.774	2004	206,75	19
Latin America	Chile	Santiago	4.977.637	35	102.240.000	2006	90,15	26,2
Asia	China	Beijing	12.265.000	24	91.500.000	2004	74,5	26
Northern America	United States	New York	8.405.837	23	73.669.800	2008	89,71	16,4
Africa	South Africa	Johannesburg	957.441	32	12.600.000	2009	43,5	30
Europe	Sweden	Gothenburg	529.343	28	7.500.000	2003	16,5	21
Europe	France	Nantes	284.970	16	7.500.000	2006	6,9	21
Europe	Spain	Castellón	180.185		276.214	2009	10,4	18

Tabla 4 Detalle BRTs en el mundo

Una vez vistas las gráficas, detallaré el funcionamiento de algunas ciudades que implantaron un sistema BRT.

Las ciudades elegidas, son una muestra muy representativa, de todas las ciudades que contengan BRT.

Como se podrá observar, también tenemos dos tipos diferentes de implantaciones de BRT, los que forman sistema troncal y los que lo hacen como sistema alimentador para otros transportes troncales en la ciudad.

Primero se tratan las ciudades de Latino América, ya que como se ha dicho anteriormente, estas ciudades tienen de los sistemas BRT más avanzados y mejores. Después hay una pequeña muestra de algunas ciudades europeas, entre las que se incluye la ciudad de Castellón de la Plana (España). Y, por último, están algunas de las ciudades de Asia y Oceanía.

Sistemas BRT en América Latina

RIT (Rede integrada de Transporte) de Curitiba (Brasil)

Curitiba es una ciudad brasileña con una población de 1.800.000 habitantes, siendo así la mayor ciudad del sur del país. Su área metropolitana cuenta con casi 4 millones de habitantes. Curitiba es una de las ciudades más importantes del país. En los últimos años, ha experimentado un gran crecimiento, debido a que grandes empresas automovilísticas se han instalado en la ciudad.

La RIT fue el primer sistema de autobús de tránsito rápido (BRT) implantado en el mundo, que fue implantado en la década de 1970. La red consta de varias partes, la más importante es la llamada "líneas rápidas" que recorren los 5 principales ejes de la ciudad, estas líneas tienen todas las características de las líneas BRT (autobuses de alta capacidad, en este caso biarticulados, carril exclusivo, pago de la tarifa antes de entrar al autobús, etc.). La existencia de grandes terminales permite cambiarse de autobús en ella sin tener que pagar una nueva tarifa.

Las estaciones de estas líneas, son muy representativas de la ciudad, esto es debido a su forma característica de tubo y tienen la plataforma elevada al igual que los autobuses, para permitir una fácil subida y bajada del autobús, para facilitarlos aún más, al abrirse las puertas, salen pequeñas plataformas que coinciden con las de la estación, tal y como se puede apreciar en la siguiente imagen.



Ilustración 2 RIT Curitiba. Detalle de parada

Además de estas líneas, existen otros 7 tipos de líneas más, que sirven para alimentar a las líneas rápidas, para conectar barrios de las afueras entre sí, líneas circulares que recorren el centro, autobuses turísticos, los interhospitalarios, etc.

Este sistema es utilizado por el 85% de los habitantes de la ciudad y sirvió de inspiración para muchas otras ciudades como es el caso de Bogotá. Los Ángeles y México DF. El RIT cuenta con una flota de más de 2.000 autobuses, que llevan a unos 13.000 pasajeros por hora y sentido. La velocidad comercial por este sistema ronda los 19 km/h. el coste total del sistema fue de unos 2,4 millones de \$ por kilómetro, coste relativamente pequeño en comparación con otros sistemas BRT.

TransMilenio de Bogotá (Colombia)

Bogotá es la capital de Colombia. Tiene 7 millones y medio de habitantes. Es la mayor ciudad y la mas poblada del país, además, es el centro cultural, industrial, económico artístico y turístico más importante de Colombia.

Es el sistema BRT más grande del mundo, superando incluso a un gran número de líneas de metro. TransMilenio es un sistema de autobús de transito rápido con corredor segregado del tipo sistema cerrado, tronco alimentado, de plataforma alta y con paradas encapsuladas (solo se puede acceder a ellas por

las puertas dedicadas especialmente para ello y para subir y bajar del autobús se hace gracias a unas puertas deslizantes que se abren a la vez que el autobús), en las que la tarifa se cobra antes de entrar al bus. Por lo general, hay doble vía de exclusividad en los dos lados de la estación, para permitir que los articulados de servicio expreso sobrepasen a los de corriente.



Ilustración 3 Transmilenio, Bogotá Acceso a Bus

Como hemos comentado, este sistema está basado en el RIT de Curitiba, pero con unas pequeñas modificaciones, todos los autobuses, da igual de la línea que sean, tienen el mismo color y existe la posibilidad de circular todo el día en los autobuses de la red pagando una única tarifa. Hay una empresa que es la que se encarga de planificar todo, el servicio lo prestan un gran número de empresas, de la recaudación se encarga otra y de explotar la publicidad dos más, una la de los autobuses y otra la de las paradas.

Existen dos tipos de líneas, las troncales y las alimentadoras. Las troncales cuentan con carriles exclusivos, que solo pueden ser utilizados por los autobuses, vehículos de la empresa recaudadora y vehículos de emergencia. El sistema BRT cuenta con más de 1.400 autobuses articulados que prestan servicios en las líneas troncales y unos 600 autobuses normales de 90 plazas que recorren las líneas alimentadoras, que pertenecen a unas 20 empresas que son las que prestan el servicio.



Ilustración 4 Transmilenio, Bogotá. Corredor.

TransMilenio lleva unos 43.000 pasajeros por hora y sentido, más del doble que los siguientes sistemas BRT, el de Santiago (22.000) y el de Sao Paulo (20.000) y más que el 95% de los sistemas de metro del mundo. Por poner algunas referencias, sistemas de metro como el de Londres, lleva unos 75.000 pasajeros por hora y sentido, el de Pekin 60.000, el de Barcelona y Berlín 30.000 y el de Bilbao 7.500. Esto es, en parte, gracias a la alta velocidad comercial, que ronda los 30 km/h, que lo hace muy competitivo y las tarifas, que lo hacen muy atractivo para el usuario. Este sistema, requirió una enorme inversión en comparación con otros sistemas BRT, 12,5 millones de \$ por Kilómetro. Pero sigue siendo más baja que comparada con el metro.

Transantiago de Santiago (Chile)

Santiago es la capital de Chile. Tiene una población de 7 millones de habitantes y es la séptima ciudad más poblada de América Latina y una de las 50 más pobladas del mundo, además de ser una de las ciudades más importantes de América Latina y del mundo.

Transantiago reformó por completo la malla de recorridos antigua, diseñando un sistema basado en el uso de servicios alimentadores y troncales, en conjunto con el Metro de Santiago. Para ello, se inspiró en el sistema del TransMilenio de Bogotá, se realizó una enorme inversión en infraestructura (carriles bus y estaciones) y en la flota de vehículos, y además se estableció el uso de una tarjeta inteligente con el fin de establecer un sistema tarifario integrado.

La puesta en marcha de Transantiago generó una serie de problemas, revelando importantes deficiencias y errores tanto del diseño, como de la implementación del proyecto. El origen de los problemas se cree que fueron dos: el primero fue el intento de implantar una nueva red totalmente de golpe y no hacerlo por fases, ya que, de esta forma, es más fácil detectar los errores y corregirlos rápidamente sin que haya grandes repercusiones, y el segundo, los retrasos que sufrieron la mayor parte de las obras en infraestructuras y la falta de autobuses para la fecha señalada.



Ilustración 5 Transantiago, Chile

El nuevo sistema del Transantiago se implementó en dos etapas, en la primera solo se incorporaron algunos vehículos nuevos (sustituyéndolos por los autobuses más viejos) a los servicios antiguos. En la segunda etapa es cuando se cambió la red de transportes de toda el área de Santiago de golpe. Este nuevo sistema pretendía reducir el paso de un gran número de autobuses por el centro de la ciudad, para ello se dividió el área metropolitana en 10 zonas y todas menos una, la zona centro, tenían su propio sistema de autobuses (autobuses alimentadores), no pudiéndose salir de ella, más tarde esta norma se flexibilizó y algunos autobuses alimentadores, salían de sus zonas. Para conectar estas zonas entre si y con el centro, están los servicios troncales.

El día de la puesta en marcha, afloraron las deficiencias del nuevo sistema, los sistemas de control no funcionaron, por lo tanto no se pudo controlar que todos los autobuses que debería haber en la calle de verdad estuvieran prestando el servicio, cosa que no ocurrió, de los 5.000 autobuses que debería haber en la calle, solo había 1.400, un 72% menos, lo que hizo que la gente tuviera que esperar grandes periodos de tiempo para poder subirse a los autobuses, que estos estuviesen llenos y el sistema de metro se desbordase. Los sistemas de

pago tampoco funcionaron y el Transantiago fue gratuito durante una semana. Las pérdidas rondaron el millón de dólares.

Para intentar arreglar este desastre, se amplió la flota, se sancionó a los operadores de las líneas por no prestar sus servicios y para corregir el desbordamiento del sistema de metro se crearon buses clones, que realizaban el mismo recorrido que las líneas de metro.

Transmetro de Barranquilla (Colombia)

Barranquilla tiene una población de 1.200.000, siendo así la cuarta ciudad más poblada de Colombia. Tiene uno de los puertos marítimos y fluviales más importantes y activos del país.

Barranquilla fue la quinta ciudad colombiana en implementar un sistema de transporte masivo o de alto nivel de servicio. Transmetro cuenta con dos tipos de líneas: las troncales que son servidas por autobuses articulados de 160 plazas y las alimentadoras con autobuses de 80 plazas y minibuses de 45 plazas.

Las líneas troncales, a su vez, son de dos tipos: de corriente, que realiza todas las paradas y circula a todas horas y servicio expreso que solo circula en horas punta y solo realiza algunas paradas. Este último servicio se utiliza para dar mayor capacidad en las horas que la demanda es muy alta. Todas estas líneas cuentan con carriles reservados (SOLO BUS) separados del resto del tráfico por un pequeño bordillo, que ha dado problemas por la mala calidad del hormigón y a que no estaba pintado y muchos vehículos no lo veían y lo pasaban por encima.



Ilustración 6 Transmetro, Barranquilla.

Las líneas alimentadoras, también son de dos tipos: el servicio tronco-alimentador, realizado por autobuses padrón, los de 80 plazas, los cuales se meten en los carriles reservados para dejar a los pasajeros en las estaciones y solo se presta el este servicio en las horas punta. Y el servicio de rutas alimentadoras, que cuentan con autobuses padrón y minibuses que circulan por las zonas de menos demanda y a todas las horas que funcione el sistema, estos autobuses no pueden entrar en los carriles reservados.

Este sistema cuenta con unos 300 autobuses, 90 de ellos articulados que realizan los servicios troncales y que circulan a lo largo de los 14 km de carril reservado transportando a 115.000 pasajeros diariamente. Existen 18 estaciones, 2 de ellas son las principales de las que salen las líneas y otra es intercambiadora o de retorno. Las estaciones normales pueden ser sencillas o dobles, según la capacidad que tengan, 1 ó 2 buses. Las estaciones cabecera o principales son aquellas de las que salen todas las líneas, ya sean troncales o alimentadoras., que también cuentan con taller, zonas de lavado, puntos de repostaje y aparcamiento para los autobuses cuando finalizan el servicio, la superficie aproximada de estas estaciones, es de unos 30.000m²

La forma de pago es mediante una tarjeta inteligente, que puede ser personalizada para que en caso de robo o pérdida pueda ser recuperado el saldo de la tarjeta. Se puede coger todos los autobuses que se quieran por el precio de uno, siempre y cuando no se salga de las estaciones. También se puede coger autobuses en el plazo de hora y media por el precio de uno. El coste de cada viaje, es distinto de lunes a sábado que los domingos y festivos. Si por un casual el usuario no tiene dinero en la tarjeta y no dispone de ningún punto de recarga cercano, el servicio le puede prestar un viaje, descontándosele la próxima vez que recargue.

Sistemas BRT en Europa

BusWay de Nantes (Francia)

Nantes es una ciudad del oeste de Francia que tiene unos 300.000 habitantes. Su área metropolitana es una de las más importantes del oeste del país. La principal actividad económica de la ciudad, está relacionada con el puerto.



Ilustración 7 BusWay, Nantes

La región de Nantes tiene un sistema de transporte público muy completo, ya que cuenta con transporte ferroviario (red de tranvías), fluvial (Navibus) y por carretera (autobús y BusWay).

El BusWay es la 4ª línea de la red principal de transporte del área metropolitana de Nantes, las otras 3 son de tranvía. Esta línea cuenta con 7 km, de los cuales más de 6 son de carril reservado, también cuenta con 15 estaciones simples, 8 de intercambio con otras líneas de autobús y una intermodal que le permite conectarse con el tranvía. Este sistema BRT emplea autobuses articulados, en concreto tiene 20.

Este sistema tiene una serie de características que hacen de él un sistema de transporte muy exitoso, estas son:

- Plataforma reservada casi todo el itinerario
- Una gestión de los cruces dando prioridad al BusWay, limitando sin embargo las molestias para la circulación general.
- La creación de verdaderas estaciones (optimización de la subida y bajada de pasajeros, estaciones con andén, marquesinas y demás equipamiento)
- La creación de 4 aparcamientos de disuasión con 830 plazas en total y estaciones intermodales: reorganización de la red para favorecer la conexión de diferentes modos de transporte.
- Altas frecuencias 4 minutos en hora punta y 6 fuera de ella

El BusWay de Nantes, transporta a 25.000 personas al día, y su pico, son 2.000 personas por hora y sentido. Y la velocidad funcionamiento de promedio, es de 21 km/h.

BusWay (Stombussar) Gotemburgo (Suecia)

Gotemburgo es la segunda ciudad mas grande de Suecia con algo más de medio millón de habitantes. Su principal actividad económica esta relacionada con su puerto, que es el más grande de todos los países nórdicos y por el que pasan la mayor parte de las importaciones y exportaciones del país.

BusWay se implantó para revolucionar el transporte público en Gotemburgo, donde el 28% de los desplazamientos, se hacen en transporte público. Cuenta con 4 líneas numeradas del 16 al 19, que está diseñadas para parecerse a las líneas de tranvía, mismo color, frecuencia, decoración y el embarque se puede realizar por todas las puertas igual que el tranvía. Además, realizan las mismas paradas que el tranvía, con la diferencia que hacen un mayor recorrido, llegando también, a las zonas más alejadas de la ciudad. La línea 16, la más utilizada de todas, utiliza autobuses biarticulados y en las horas punta se refuerza con un autobús que realiza la estrategia “deadheading”, a la ida recoge a gente y la vuelta la hace sin realizar ni una sola parada y vacío, para reforzar el sentido que esté congestionado.

Este sistema cuenta con una flota de autobuses biarticulados de 24 metros, para la línea 16, con una capacidad de 165 pasajeros y circulan casi siempre llenos, a pesar de tener unas frecuencias de 3 minutos. Para el resto de líneas, los autobuses son articulados. Estos autobuses, circulan por carriles especiales reservados solo para transporte público y vehículos de emergencia.



Ilustración 8 Busway, Gotemburgo.

Este sistema transporta a 25.000 personas al día a través de 16 km de carriles prioritarios. Su velocidad promedio es de 21 km/h.

TRAM Castellón (España)

Castellón de la Plana es la capital de la provincia de Castellón. Tiene una población de 180.000 habitantes. Es una zona muy turística, ya que se trata de una zona costera

El TRAM – Transporte Metropolitano de la Plana (también conocido como TRAM de la Plana, anteriormente TVRCas), es como se denomina el trolebús de tránsito rápido que circula por la ciudad de Castellón.

El trolebús, es un autobús eléctrico que toma la energía eléctrica de una catenaria de dos cables superiores y que tienen un lector guía, formado por unas líneas blancas pintadas en el asfalto y una cámara situada en lo alto del parabrisas del vehículo, que sigue dichas marcas y guía al trolebús. El trolebús no hace uso de las vías o rieles especiales en la calzada, por lo que es un sistema más flexible. Cuenta con neumáticos de caucho en vez de ruedas de acero en rieles, como los tranvías. El trolebús es conducido por un conductor desde su interior, tiene completa preferencia de paso en todas las intersecciones reguladas por semáforo y una velocidad de 75 km/h.

El proyecto se ha dividido en varias fases, y a la vez éstas en tramos, que incluyen la creación de una calzada independiente para el trolebús por aquellas avenidas por las que circule, además de su remodelación.

El primer tramo terminado, es el de Universitat Jaume I – Parque Ribalta, que une la universidad con el centro de la ciudad. Esta línea se pretende que llegue hasta la zona del puerto, creándose así una línea de trolebús que recorrerá el eje este-oeste de la ciudad. Esta línea tiene una alta frecuencia 5´ en hora punta los días laborables y 8´ en cualquier otra hora, los sábados, domingos y festivos la frecuencia es de 30´.

En las siguientes fases, se quiere conectar por medio de dos nuevas líneas, una costera que una la zona del puerto con el pueblo de Benicasim, y otra que conecte la zona de las estaciones con los pueblos de Almazora, Villareal y Burriana.

El año pasado el TRAM trasladó a 2.200.000 pasajeros. En un único corredor de 8 kilómetros.



Ilustración 9 Tram Castellón



Ilustración 10 Tram Castellón

Sistemas BRT en Asia

TransJakarta Yakarta (Indonesia)

Yakarta es la capital de Indonesia y una de las ciudades más pobladas del mundo con más de 8 millones y medio de habitantes y unos 19 millones en su área metropolitana. Tiene una grandísima densidad de población (11.300 hab/km²).



Ilustración 11 TransJakarta, Jakarta.

Actualmente es la red de transporte más larga del mundo con 206 kilómetros, es usada por aproximadamente 370.000 personas al día y cuenta con más de 520 autobuses en operación. La mayoría de los autobuses son de 80 plazas, aunque en hora punta este número se suele superar. También hay autobuses articulados, que realizan su servicio en los corredores más largos. Casi todos los autobuses tienen un motor que funciona a base de biodiesel, pero hay unos pocos que utilizan como combustible GNC. Para aumentar el confort de los pasajeros durante el viaje, los autobuses cuentan con aire acondicionado y con un sistema que dispensa perfume, que es muy útil, sobre todo en horas punta.

Los autobuses circulan por un carril reservado, separado por el resto de carriles mediante bloques de hormigón. Por estos carriles solo pueden circular los vehículos del TransJakarta y vehículos de emergencia, aunque se permite al resto de vehículos invadir el carril bus en las intersecciones solo para realizar algunos giros. Esto en un principio generó muchos problemas y accidentes, ya que los peatones cruzaban el carril bus y los vehículos que no son del TransJakarta utilizaban el carril bus sobre todo en horas punta. Para evitar esto, se cambió el sentido de circulación de los autobuses, yendo así en dirección contraria al resto del tráfico



Ilustración 12 Transjakarta, Jakarta. Acceso a bus.

Las estaciones están algo elevadas para que estén al mismo nivel que los autobuses, que son de piso alto. Los billetes se compran antes de entrar al autobús, de hecho, se piden para entrar a la estación.

1.2.3. DESCRIPCIÓN VITORIA

1.2.3.1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

Vitoria, es una ciudad española, capital de Álava y sede oficial del parlamento y el Gobierno de la comunidad autónoma del País Vasco.

El municipio se encuentra en el centro de la provincia de Álava ubicada en el extremo septentrional de la península ibérica. Su extensión es de 276,81 km² con una altitud media de 525 msnm.



Ilustración 13 Mapa País Vasco.

Vitoria está fundamentalmente constituida por una llanura central comprendida entre las curvas de nivel 500 y 600 metros



Ilustración 14 Vitoria y sus alrededores.

En cuanto al relieve de la ciudad, este se caracteriza por ser muy regular, esto se debe a como hemos comentado, Vitoria se ubica en la llanada alavesa. Simplemente tenemos algún desnivel por la zona de la almendra medieval, es decir por la parte vieja de la ciudad.

Esta ventajosa topografía, ha propiciado un gran crecimiento de la superficie de la ciudad en lugar de grandes concentraciones de edificios. Es por eso que la densidad en los diferentes barrios de la capital alavesa, no es elevada.

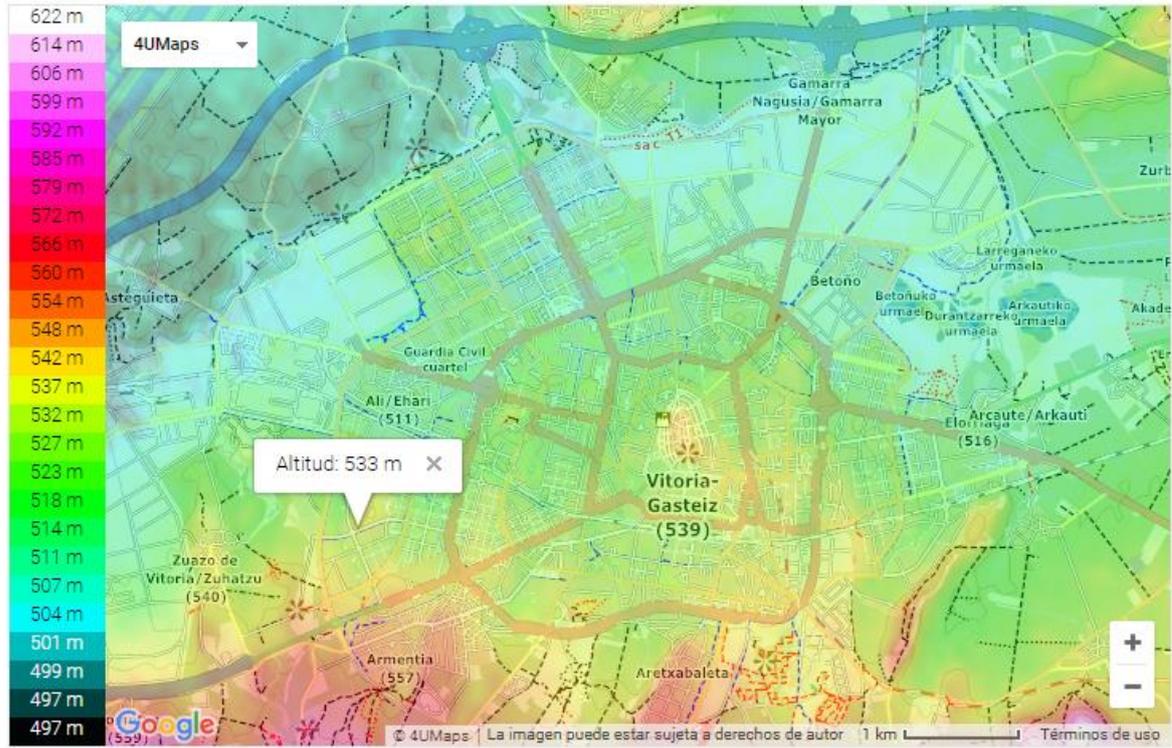


Ilustración 15 Mapa topográfico Vitoria Gasteiz

1.2.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA FUNCIONAL DE VITORIA

Según las Directrices de Ordenación del Territorio del Gobierno Vasco, Vitoria es la ciudad central de un área funcional y de influencia urbana llamada Álava Central, que viene creada para la coordinación de ciertas determinaciones como la ordenación urbanística, definición de espacios o desarrollo de programas comunes.

Según las citadas directrices, el área funcional se compone de 29 municipios alaveses y 2 vizcaínos (Ochandiano y Ubidea)

El área funcional de Vitoria Gasteiz, se compone de 281.792 habitantes.

Municipios que conforman el área funcional Álava Central.

- Alegría de Álava
- Armiñón
- Arroya-Maestu
- Arzua Ubarrundia
- Asparrena
- Barrundia
- Berantevilla
- Bernedo
- Campezo
- Cigoitia
- Cuartango
- Elburgo
- Iruña de Oca
- Iruraiz-Gauna
- Lagrán
- Lantarón
- Ochandiano
- Peñacerrada
- Ribera Alta
- Ribera Baja
- Salinas de Añana
- Salvatierra
- San Millán
- Ubidea
- Urcabustaiz
- Valdegovía
- Valle de Arana
- Villarreal de Álava
- **Vitoria**
- Zaldueño
- Zambrana
- Zuya

MUNICIPIO	HABITANTES
Vitoria	247.820
Salvatierra	5.025
Iruña de Oca	3.264
Alegría de Álava	2.913
Zuya	2.316
Villarreal de Álava	1.800
Cigoitia	1.766
Aspárrena	1.640
Ribera Baja	1.375
Urcabustaiz	1.330
Resto de municipios del Área funcional	12.543
TOTAL ÁREA FUNCIONAL DE ÁLAVA CENTRAL	281.792

Tabla 5 Habitantes área funcional de Vitoria Gasteiz

Vitoria, se encuentra situada en medio de la llanada alavesa, a una altitud de 525 metros sobre el nivel del mar.

Sus límites jurisdiccionales, son;

- Al norte, los municipios de Zuia, Cigoitia, Arrozua-Ubarrundia
- Al este el Burgo
- Al sur limita con Condado de Treviño
- Al oeste con Iruña de Oca y Kuartango

La movilidad del área funcional de Vitoria, está compuesta, principalmente por.

- A-1 (Madrid – Irún)
- AP-1 (Vitoria – Eibar) supone una alternativa a la A-1.
- N-622 (Vitoria – Altube), une Vitoria con la AP-8 (Bilbao – Zaragoza).
- N-240 (Vitoria -Bilbao) Es la vieja nacional, que une Vitoria con Bilbao.

Carreteras

Vitoria es un nudo de comunicaciones e importante núcleo de paso.

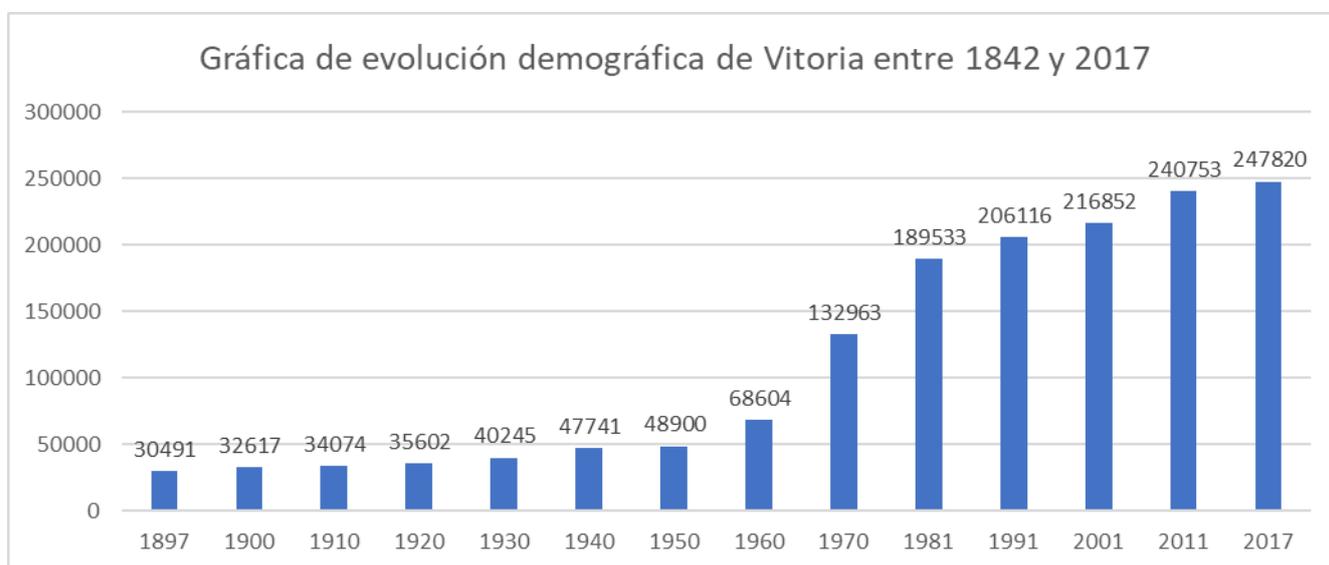
Identificador	Denominación	Tipo de vía	Dirección
N-1	Carretera de Irún	Nacional	Madrid- Irún
	Autovía del Norte	Autovía	Madrid-Irún
	Autovía Vitoria-Altube	Autovía	Vitoria-Altube
	Autopista Vasco-Aragonesa	Autopista de peaje	Bilbao-Zaragoza
	Autopista del Norte	Autopista	Vitoria-Éibar
	Autovía/Autopista del Cantábrico	Autovía/Autopista	Irún - Baamonde

Tabla 6 Carreteras que cruzan Vitoria

1.2.3.3. DENSIDAD DE POBLACIÓN

Vitoria-Gasteiz tiene un crecimiento sostenido de la población, como consecuencia de unos saldos vegetativos y migratorios positivos en ambos casos. El periodo de mayor crecimiento se produce en la década de los años sesenta, periodo en el que duplica su población. En lo que llevamos de siglo el crecimiento ha sido constante en torno a una tasa de variación interanual cercana al uno por ciento, como ocurre el último año con una tasa del 0,7%.

En enero de 2017 están empadronadas en el municipio de Vitoria-Gasteiz 247.820 personas, 1.778 personas más que hace un año.



Gráfica 1 Evolución demográfica Vitoria entre 1842 y 2017.

El aumento de población se debe fundamentalmente al movimiento migratorio que contribuye con el 79% del total de crecimiento.

Población inicial (al 1/1/2016): 246.042

Nacimientos: + 2.354

Defunciones: - 1.973

Altas por inmigración: + 9.134

Bajas por emigración: - 7.737

Población final (al 1/1/2017) 247.820

Como podemos observar, la población de Vitoria Gasteiz, se situaba en el año 2017 en 247.820 habitantes. Esta cifra es el resultado de la suma de los 28

barrios de Vitoria, más las 3 zonas rurales colindantes a la capital.

A continuación, podemos ver una tabla con los habitantes por cada barrio vitoriano y los porcentajes de cada uno.

BARRIOS	HABITANTES	%
Abetxuko	3.361	1,4
Adurza	6.087	2,5
Ali	974	0,4
Anglo-Vasco	4.121	1,7
Arana	2.993	1,2
Aranbizkarra	10.938	4,4
Arantzabela	1.473	0,6
Aretxabaleta - Gardelegui	1.011	0,4
Ariznabarra	7.742	3,1
Arriaga Lakua	27.798	11,2
Casco Viejo	8.610	3,5
Coronación	12.025	4,9
Desamparados	5.944	2,4
El Pilar	8.980	3,6
Ensanche	8.154	3,3
Gazalbide	2.262	0,9
Judizmendi	5.646	2,3
Lovaina	7.829	3,2
Mendizorrotza	4.547	1,8
Salburua	17.995	7,3
San Cristóbal	5.857	2,4
San Martín	12.207	4,9
Sansomendi	20.718	8,4
Santa Lucía	7.553	3,0
Santiago	3.364	1,4
Txagorritxu	8.009	3,2
Zabalgana	24.779	10,0
Zaramaga	11.961	4,8
Zona rural este	1.988	0,8
Zona rural noroeste	1.600	0,6
Zona rural suroeste	1.294	0,5
TOTAL	247.820	100

Tabla 7 Habitantes Vitoria por barrios.

Con estos datos, podemos ver que los barrios nuevos de la ciudad, son los que más población contienen.

Lakua Arriaga, Salburua y Zabalgana, contienen cerca de 70.000 habitantes, más de una cuarta parte de la población.

Un dato muy interesante para este estudio, es el de conocer los crecimientos o pérdidas de habitantes por cada barrio.

Simplemente haremos una comparación entre los habitantes del 2016 y 2017.

BARRIOS	Año 2016	Año 2017	Diferencia
Abetxuko	3.306	3.361	55
Adurza	6.131	6.087	-44
Ali	963	974	11
Anglo-Vasco	4.136	4.121	-15
Arana	3.064	2.993	-71
Aranbizkarra	11.028	10.938	-90
Arantzabela	1.479	1.473	-6
Aretxabaleta - Gardelegui	933	1.011	78
Ariznabarra	7.799	7.742	-57
Arriaga Lakua	27.896	27.798	-98
Casco Viejo	8.658	8.610	-48
Coronación	11.934	12.025	91
Desamparados	5.930	5.944	14
El Pilar	8.998	8.980	-18
Ensanche	8.143	8.154	11
Gazalbide	2.271	2.262	-9
Judizmendi	5.696	5.646	-50
Lovaina	7.758	7.829	71
Mendizorrotza	4.521	4.547	26
Salburua	17.191	17.995	804
San Cristóbal	5.927	5.857	-70
San Martín	12.236	12.207	-29
Sansomendi	20.986	20.718	-268
Santa Lucía	7.608	7.553	-55
Santiago	3.456	3.364	-92
Txagorritxu	8.015	8.009	-6
Zabalgana	23.297	24.779	1.482
Zaramaga	11.885	11.961	76
Zona rural este	1.964	1.988	24
Zona rural noroeste	1.579	1.600	21
Zona rural suroeste	1.254	1.294	40
TOTAL	246.042	247.820	1.778

Tabla 8 Diferencia población por barrios en un año.

Los barrios de la ciudad que crecen son los barrios nuevos de Salburua y Zabalgana. Este último, ha incrementado su población en un 6.36%, dato que, en comparación con la media de crecimiento anual de la ciudad, un 0,7%, es enorme.

Zabalgana, con menos de 10 años de historia, es el segundo barrio más poblado de la ciudad.

También se produce un aumento de población en otros barrios más antiguos, como son Coronación, Zaramaga, Lovaina, Abetxuko, aunque se trata de un saldo positivo muy pequeño de menos de 100 habitantes.

Zabalgana y Salburua.

Como hemos comentado, son dos barrios de la ciudad de Vitoria Gasteiz. Son dos de las expansiones urbanas de finales del siglo XX. Aún están en construcción, pero se espera que cuando estén terminados, cada uno tenga una capacidad de alrededor de 30.000 personas.

En la actualidad Salburua está dividido en varios sectores de los cuales solamente 6 están urbanizados:

Sector	Superficie	Viviendas Proyectadas totales	Protección oficial	Libres
S-7 (Salburua)	103.074 m ²	104	0	104
S-8 (Salburua)	587.616 m ²	2.614	1.960	654
S-9 (Santo Tomás)	359.919 m ²	2.000	1.460	540
S-10 (Izarra)	158.583 m ²	685	473	212
S-11 (Ibaialde)	266.637 m ²	1.679	1.231	448
S-12 (Arkaiate)	413.791 m ²	1.935	1.270	665
S-13 (Larrein)	357.559 m ²	1.817	1.313	504
S-14 (Olaran)	346.350 m ²	1.511	1.068	443
S-15 (Parque de Salburua)	1.001.508 m ²	0	0	0

Tabla 9 Sectores Salburua

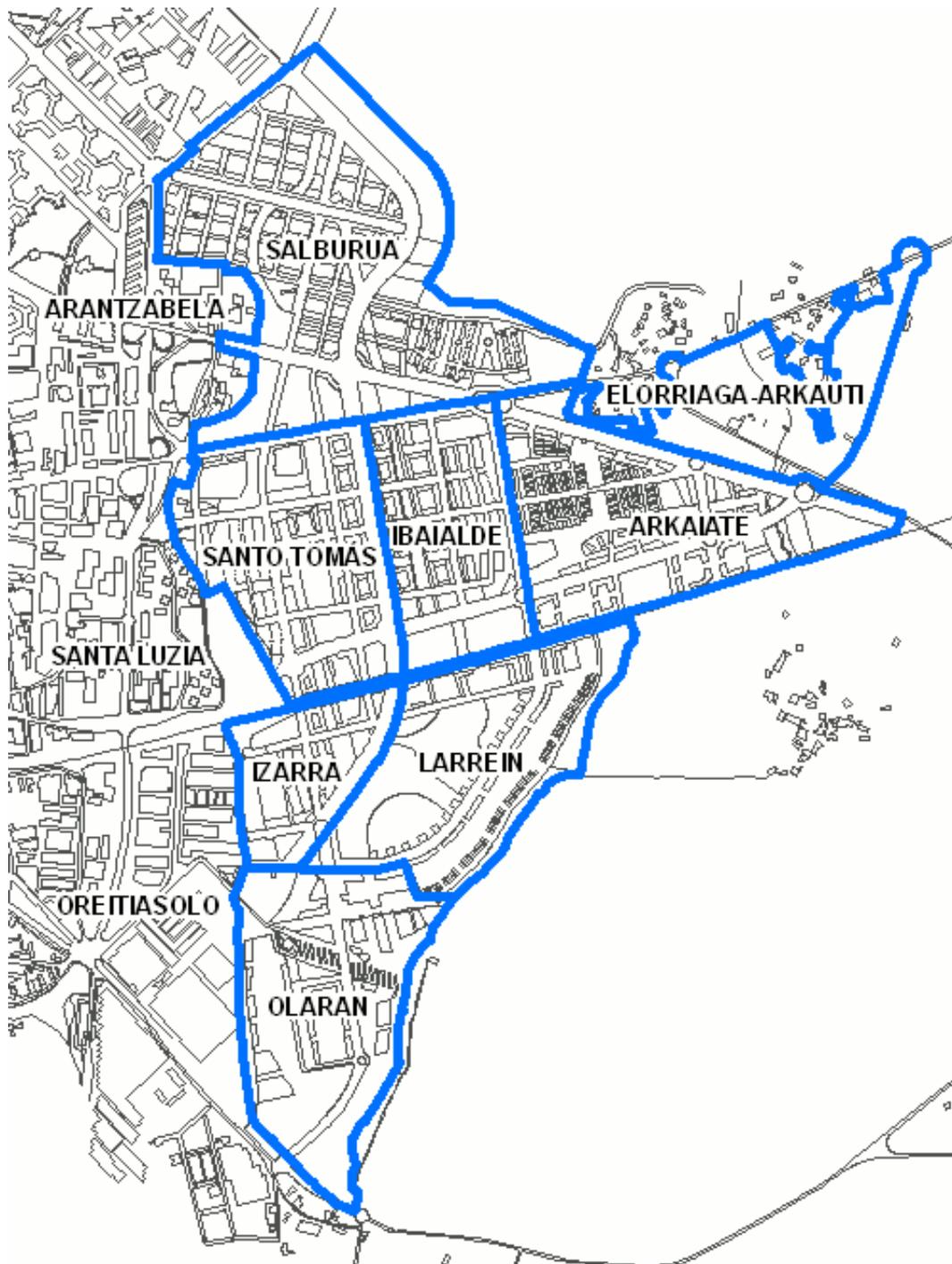


Ilustración 16 Sectores Salburua

Salburua (Sectores 7 y 8): Es la parte o barrio que se sitúa al norte de la calle Portal de Elorriaga. Grandes torres bioclimáticas y pintorescas casas de 4-6 pisos de altura de diferentes colores, son sus señas de identidad. La pista del antiguo aeropuerto de la ciudad, situado justo en medio de la urbanización, se ha convertido en un paseo. Es de baja densidad, y cuenta con aproximadamente 7.000 vecinos.

Santo Tomás e Ibaialde (Sectores 9 y 11): Estos dos sectores, aún por terminar de construir, llegarán a tener la mitad de la población del distrito, con cerca de 16.000 habitantes. Crecen al sur de la calle Portal de Elorriaga, y al contrario que la zona norte, es de muy alta densidad con edificios de 8, 10 e incluso 20 alturas. Cuenta con un pequeño parque. Su principal arteria es el Bulevar de Salburua, cuyo desarrollo comercial y gran anchura promete convertir esta calle en la verdadera arteria de todo el distrito.

Izarra (Sector 10): Situado al suroeste del barrio, justo al otro lado de la vía del ferrocarril. Linda por su parte este con Larrein, por el norte con Santo Tomás, al otro lado de las vías, y por el sur con el polígono industrial de Oreitiasolo.

Arkaiate (Sector 12): La "puerta de Arkaia" roza los límites municipales llegando hasta los pueblos de Elorriaga y Arkaia. Su urbanización comenzó a mediados del 2010, aunque aún no reside mucha población. Se espera, tras la redensificación aprobada en 2011 por el consistorio, que tenga una densidad tan alta como el sector de Santo Tomás.

Larreïn (Sector 13): Al igual que Izarra, este sector está separado físicamente del resto de Salburua por las vías del ferrocarril. Se sitúa al sureste del barrio, limitando al sur con Errekaleor y el polígono industrial de Oreitiasolo, al oeste con Izarra y al Norte con Ibaialde y Arkaiate.

Por su parte, el distrito de Zabalgana y según el Plan General de Ordenación Urbana del Municipio, de diciembre de 2000, se divide en 6 sectores urbanísticos, numerados del 1 al 6.

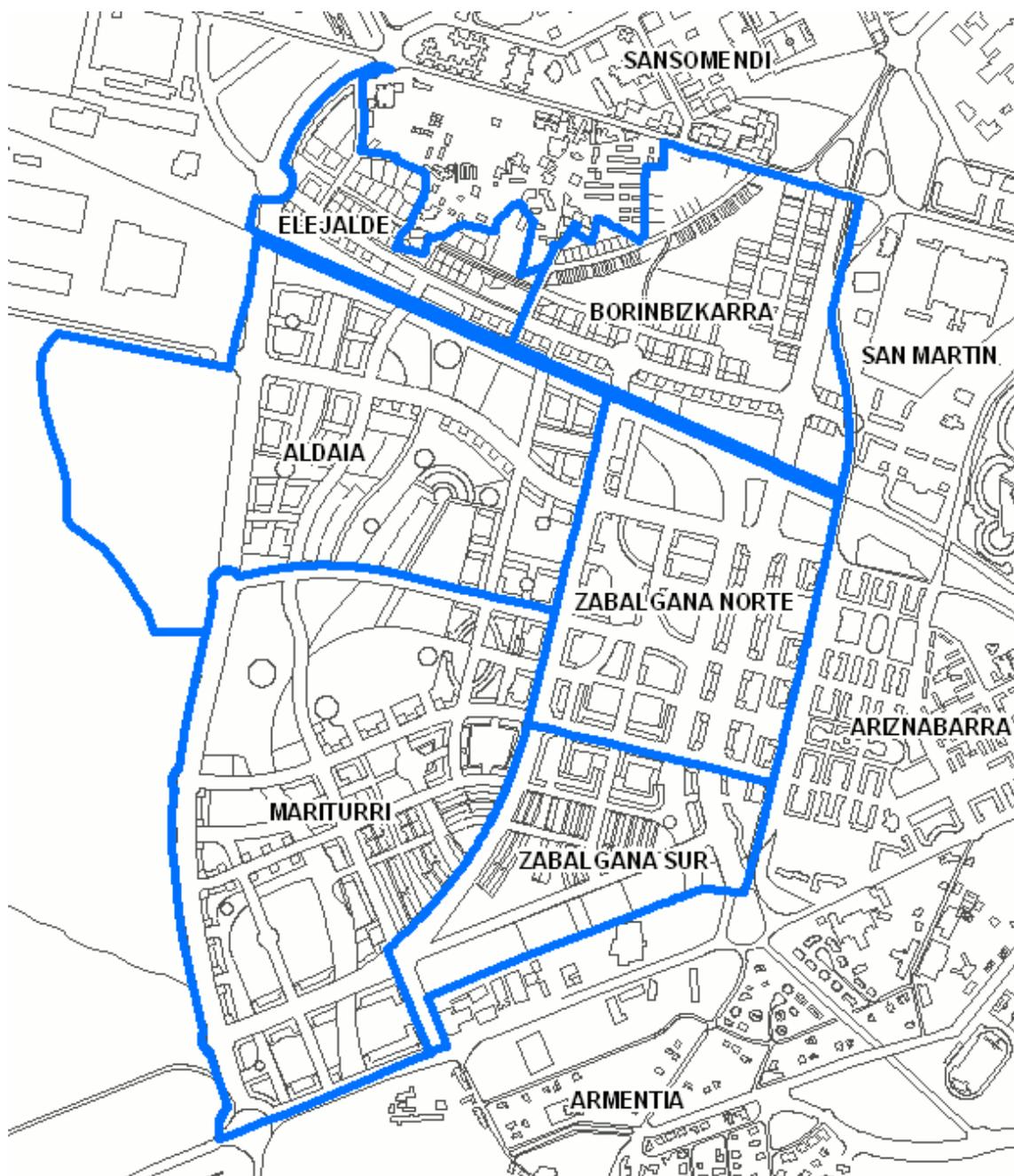


Ilustración 17 Sectores Zabalgana

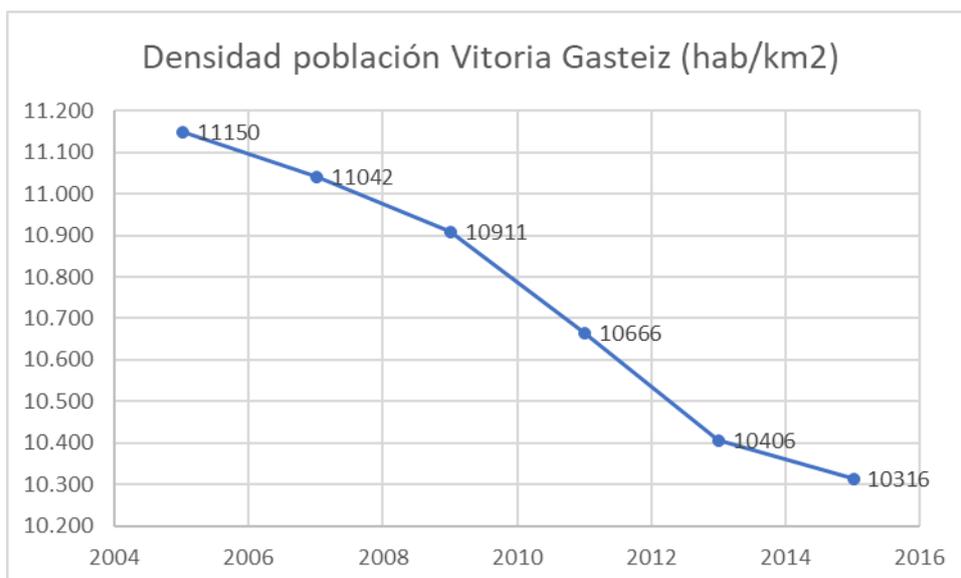
sectores	Nombre	Superficie	Viviendas totales	Protección oficial	Libres
1	Borinbizkarra	343.505 m2	2.000	1.568	432
2	Zabalgana norte	377.281 m2	1.711	1.283	428
3	Zabalgana sur	262.459 m2	963	502	461
4	Elejalde	149.430 m2	800	538	262
5	Aldaia	651.036 m2	2.621	1.967	654
6	Mariturri	700.960 m2	4.133	3.391	742

Tabla 10 Sectores Zabalgana

- **Zabalgana centro / Zona consolidada:** Es la parte del barrio que ya está finalizada. Alberga ya unos 8.000 habitantes y se espera que supere los 10.000. Sus principales arterias son la avenida Reina Sofía, la avenida de los derechos humanos y la Avenida de Zabalgana. Las casas no superan por lo general las 6 alturas. Destaca el paso del río Ali por en medio de sus calles.
- **Mariturri:** sector construido durante el año 2008, 2009 y 2010. Se sitúa en el extremo sur del barrio y destaca por su plaza portificada (al estilo de las plazas mayores decimonónicas) y sus descomunales torres de 12 y 15 pisos.
- **Aldaia:** sector aún en construcción y con un número creciente de habitantes. Es la parte más cercana al bosque de Zabalgana, y podría llegar a albergar a unas 10.000 personas cuando esté finalizada.
- **Elejalde y Borinbizkarra:** Los 2 sectores que se están acabando de construir en el año 2012, cuya ubicación es propia al norte de la vía del ferrocarril, limitan con Ali y Sansomendi.

Densidad de población en Vitoria.

Las previsiones de crecimiento demográfico para la ciudad que se plantearon en el Plan General de Ordenación Urbana de 2001, y el esponjamiento de la población como consecuencia de la disminución del tamaño medio de las familias, ha provocado durante los últimos 10 años un descenso de la densidad de población y un incremento de la dispersión urbana.



Gráfica 2 Evolución de la densidad de población en suelo urbano residencial, (hab/km²)

Este fenómeno puede tener un impacto significativo en los modos de desplazamiento elegidos por la ciudadanía, ya que una mayor dispersión aleja a los habitantes de los lugares que ofrecen servicios básicos (compras, trabajo, ocio), lo que puede provocar un cambio en perjuicio del modo peatonal y de transporte público y en beneficio del modo ciclista y del coche.

Las nuevas expansiones urbanas de Salburua y Zabalzana han extendido la población hacia el Este y el Oeste. Sin embargo, los nuevos barrios no son entidades compactas, sino que están compuestos por bolsas poblacionales aisladas entre sí, separadas por grandes espacios de zona verde, infraestructuras y equipamientos. Al mismo tiempo, en los barrios más antiguos se ha producido un descenso importante en el número de habitantes, aunque la densidad de esos barrios sigue siendo mayor que en las nuevas ampliaciones de la ciudad.

Habitantes	2009 - 2017	2009 - 2017 %
Abetxuko	101	3,10
Adurza	-1.176	-16,19
Anglo-Vasco	-551	-11,79
Arana	-492	-14,12
Aranbizkarra	-1.590	-12,69
Arantzabela	-113	-7,12
Aretxabaleta - Gardelegui	1.011	
Ariznabarra	-773	-9,08
Arriaga Lakua	935	3,48
Casco Viejo	-1.222	-12,43
Coronación	-1.253	-9,44
Desamparados	-644	-9,78
El Pilar	-1.354	-13,10
Ensanche	-781	-8,74
Gazalbide	-398	-14,96
Judizmendi	-637	-10,14
Lovaina	-839	-9,68
Mendizorrotza	-337	-6,90
Salburua	11.879	194,23
San Cristóbal	-1.097	-15,78
San Martín	-1.291	-9,56
Sansomendi	-1.360	-6,16
Santa Lucía	-1.352	-15,18
Santiago	-673	-16,67
Txagorritxu	-882	-9,92
Zabalzana	17.563	243,39
Zaramaga	-1.456	-10,85

Tabla 11 Crecimiento porcentual por barrios periodo 2009-2017

Densidad de población 2017 (hab/ha)	
Abetxuko	94,68
Adurza	145,55
Anglo-Vasco	240,64
Arana	226
Aranbizkarra	244,33
Arantzabela	62,78
Aretxabaleta - Gardelegui	14,6
Ariznabarra	169,8
Arriaga Lakua	118,17
Casco Viejo	297,17
Coronación	371,23
Desamparados	186,54
El Pilar	255,48
Ensanche	184,86
Gazalbide	100,22
Judizmendi	239,56
Lovaina	179,69
Mendizorrotza	18,67
Salburua	88,09
San Cristóbal	178,74
San Martín	153,48
Sansomendi	144,73
Santa Lucía	251,28
Santiago	238,49
Txagorritxu	155,22
Zabalgana	104,36
Zaramaga	178,07

Tabla 12 Densidad de población por barrios en el periodo 2009-2017

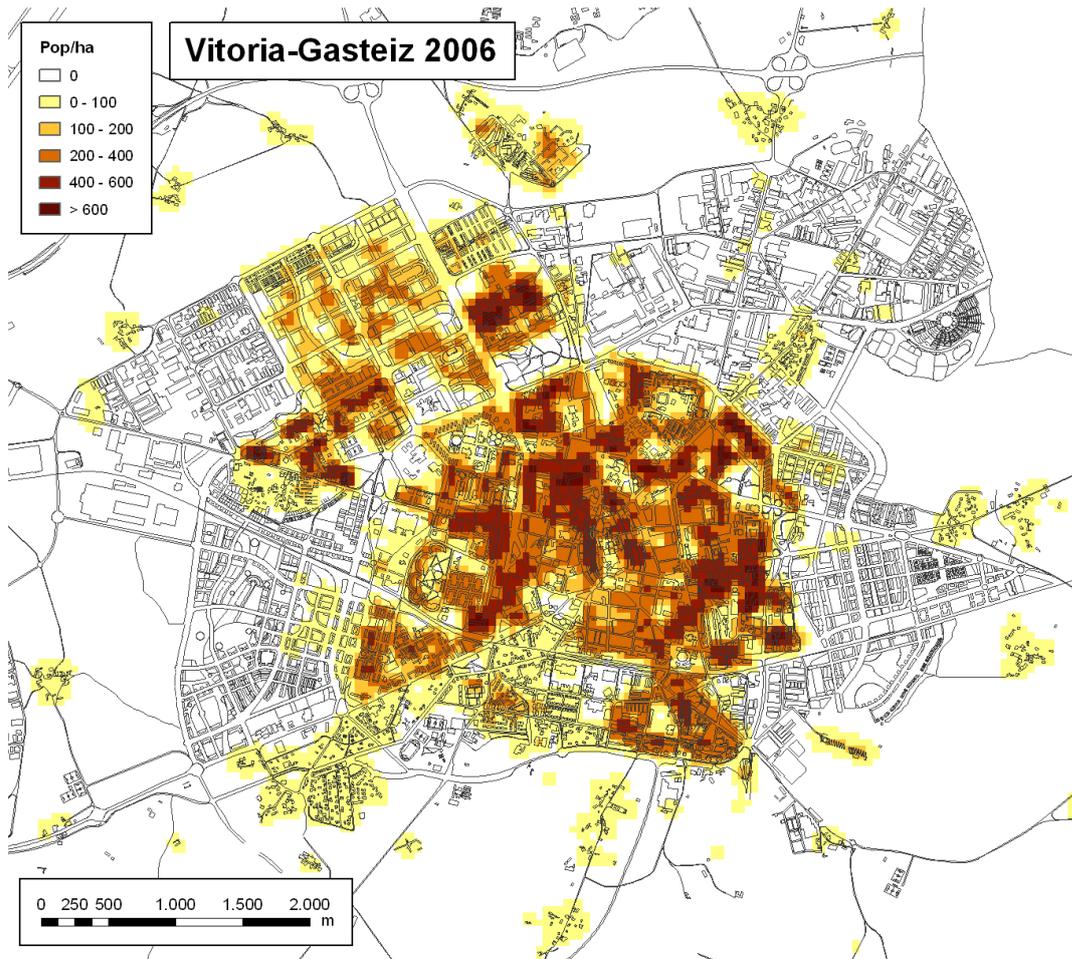


Ilustración 18 Densidad de población Vitoria (Año 2006)

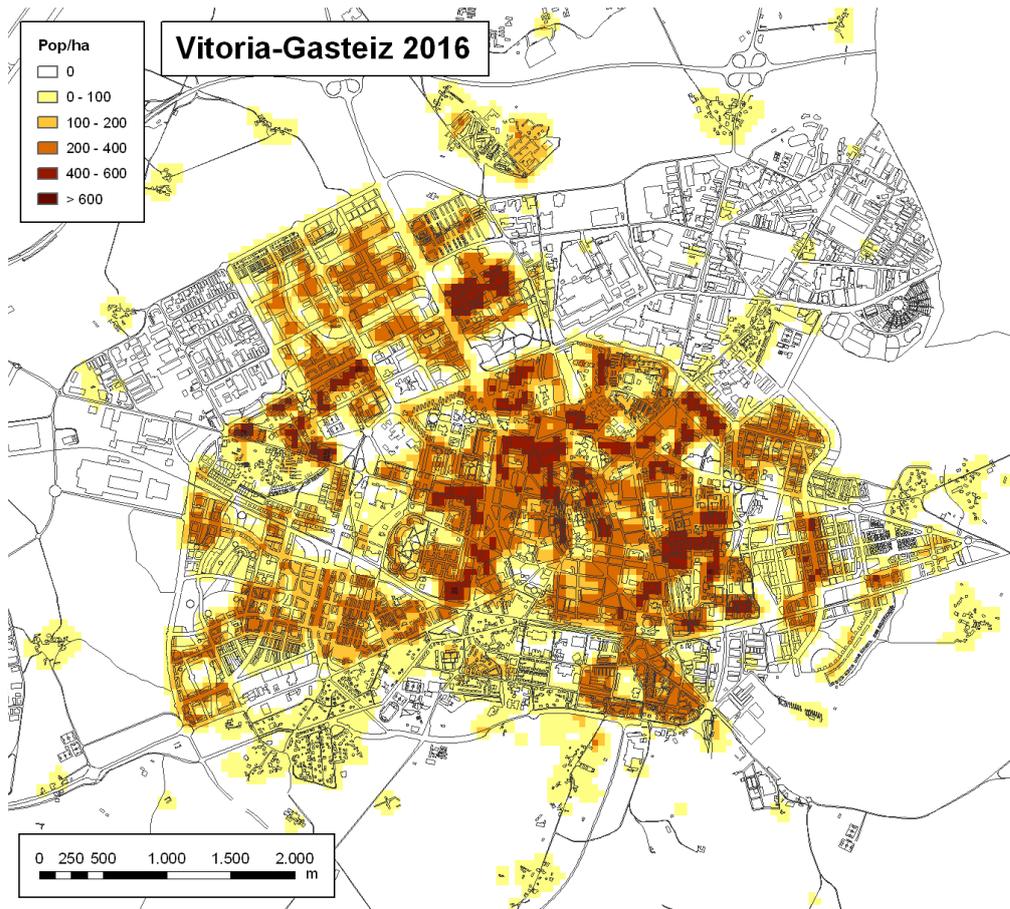
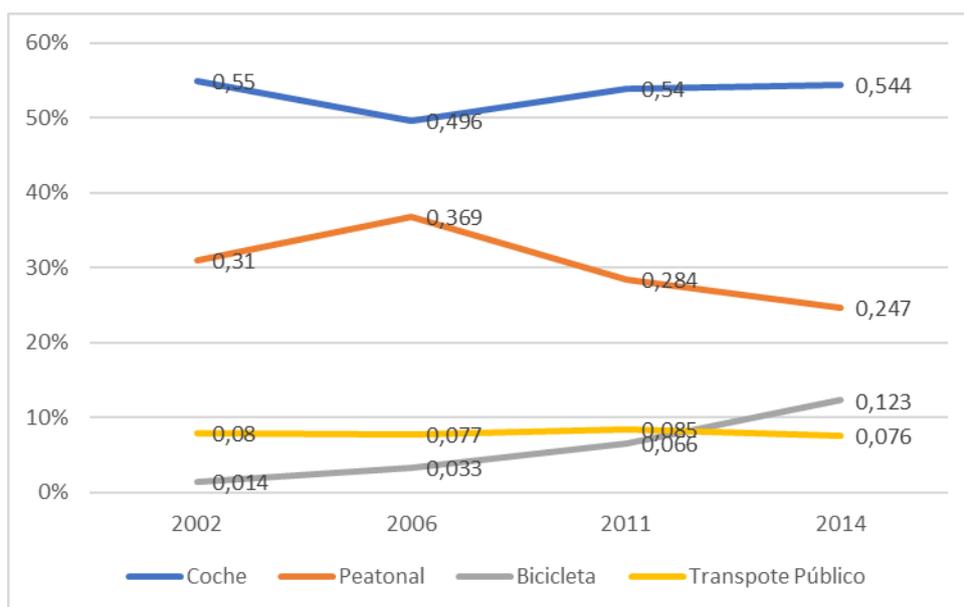


Ilustración 19 Densidad de población Vitoria (Año 2016)

1.2.3.4. MOVILIDAD GENERAL

La evolución del reparto modal desde el año 2006 refleja los cambios acontecidos durante la última década en Vitoria-Gasteiz. Se puede considerar que la ciudad está en un proceso de evolución hacia un mayor uso de modos activos, y es particularmente reseñable el aumento del uso de la bicicleta.



Gráfica 3 Movilidad Vitoria

El dato más significativo que se puede extraer del análisis de las últimas encuestas de movilidad (2006, 2011 y 2014) es el importante incremento que se ha producido en el número total de desplazamientos por habitante, que pasó de 2,54 viajes por habitante en 2006 a 3,92 en 2014.

	2.006	2.011	2.014	Variación 2006 - 2014
A pie	288.141	447.911	508.828	220.687
Bicicleta	19.051	56.400	127.645	108.594
Transporte público	44.045	70.854	74.979	30.934
Coche y moto	214.224	236.008	228.321	14.097
Otros	14.875	18.653	10.707	-4.168
TOTAL	582.342	831.837	952.494	370.152
Habitantes	229.080	240.580	242.924	13.844
Viajes / habitante	2,54	3,45	3,92	1,38

Tabla 13 Variación movilidad en Vitoria (años 2006 - 2014)

El uso de la bicicleta ha aumentado de forma exponencial, tanto en número de viajes como en porcentaje con respecto al resto de modos. Seguramente las políticas aplicadas a favor de este modo de transporte y a favor de la restricción del uso del automóvil privado, en el contexto del PMSEP y del PDMC, han tenido un efecto importante en ese dato.

Sin embargo, no se debe obviar el hecho de que el uso del automóvil en números absolutos sigue siendo muy importante. Aunque su uso comenzó a descender en términos porcentuales a partir de 2006, no ha sido hasta el periodo 2011-2014 cuando se ha producido un descenso en viajes absolutos.

Por otra parte, la reordenación del transporte público ejecutada en 2009 condujo a un incremento importante en el número de viajes desde 2006 a 2011. Sin embargo, esa subida no quedó reflejada en el reparto modal debido al incremento total del número de desplazamientos. Del 2011 al 2014, aunque el número de viajeros continuó subiendo, el incremento fue menor (también se debe tener en cuenta que el periodo es más corto).

La tabla anterior, muestra un significativo aumento del número de desplazamientos con tendencia a ser resueltos mediante modos sostenibles, fundamentalmente modos activos (caminar y bicicleta).

1.2.3.5. RED DE TRANSPORTE PÚBLICO VITORIA

El transporte público en Vitoria, se compone básicamente de las 10 líneas de autobús urbano, 6 líneas gautxori, (nocturnas) y dos líneas de Tranvía.



Ilustración 20 Línea autobuses Vitoria (TUVISA)

La gestión de los autobuses urbanos, está llevada a cabo por TUVISA (Transportes Urbanos de Vitoria Sociedad Anónima)

Cuentan a fecha de 2017 con 79 autobuses para cubrir las 16 rutas, 10 diarias y 6 nocturnas.

Las actuales líneas de transporte, son un cambio relativamente nuevo, ya que en 2009 se reestructuró completamente. Se pasó de tener 17 líneas a simplemente 10. Al cambio se unió una ampliación de frecuencia. La espera, pasó de unos 15 minutos a simplemente 10. Esto ayudó a que la gente tuviera que esperar menos.

La nueva distribución de líneas, eliminó muchos de los rodeos que estas daban. Y junto al Tranvía, mediante un transbordo totalmente gratuito, se podría llegar a cualquier punto de la ciudad en menor tiempo.

Tranvía,

La actual línea, está operada por EuskoTran. El tramo actual, consta de 3 líneas, un tramo común y dos ramales. Estos cruzan la ciudad de sur hasta el norte, donde se abre en dos ramales, uno que va al barrio mas poblado de todo Vitoria, y otro al barrio alejado de Abetxuko.

El tramo común, o ramal centro, tiene 6 paradas y tarda 8´40´´.

El ramal Lakua, dispone también de 6 paradas y su duración, es de 8´40´´

El ramal Abetxuko, consta de 8 paradas, y una duración de 8´20´´

El tranvía funciona con una frecuencia de 15 minutos en los ramales Ibaiondo y Abetxuko y cada 7,5 minutos en el ramal común (Angulema).



Ilustración 21 Línea Tranvía Vitoria Gasteiz (EuskoTren)

El tranvía, transporta una media de 8 millones de personas, que comparados con los 4.5 millones de pasajeros que registró el primer año (2009) es un aumento sustancial.

Se puede sacar la conclusión de que los grandes cambios en una ciudad, no siempre tienen unos muy buenos comienzos. Pero finalmente, si son buenos cambios, serán utilizados y apreciados.

1.2.3.6. FUTUROS PLANES DE TRANSPORTE

Ampliación del Tranvía hasta la Universidad

La llamada ampliación Sur, consiste en unir la última parada del tranvía con la zona de la universidad.



Ilustración 22 Ampliación Tranvía hacia Universidades (EL Correo Alava)

Como podemos ver en la imagen 22, se añadirán 4 nuevas paradas.

La última parada de la nueva ampliación, daría a la calle Zumaquera, por donde he realizado la propuesta para que pase el nuevo BRT. Por lo que sería un punto de unión entre el tranvía y el BRT, pudiendo hacer transbordos y mejorando enormemente su eficacia.

Esta ampliación, ha sido aceptada y se está empezando a construir. Se estima que esté operativa para la primavera del 2019.

Ampliación del tranvía a Zabalzana y Salburua.

Se ha hablado sobre una posible ampliación del tranvía a los barrios dedicados en este estudio.



Ilustración 23 Estudio ampliación tranvía Zona Sur. (El Correo Álava)

El plan técnico

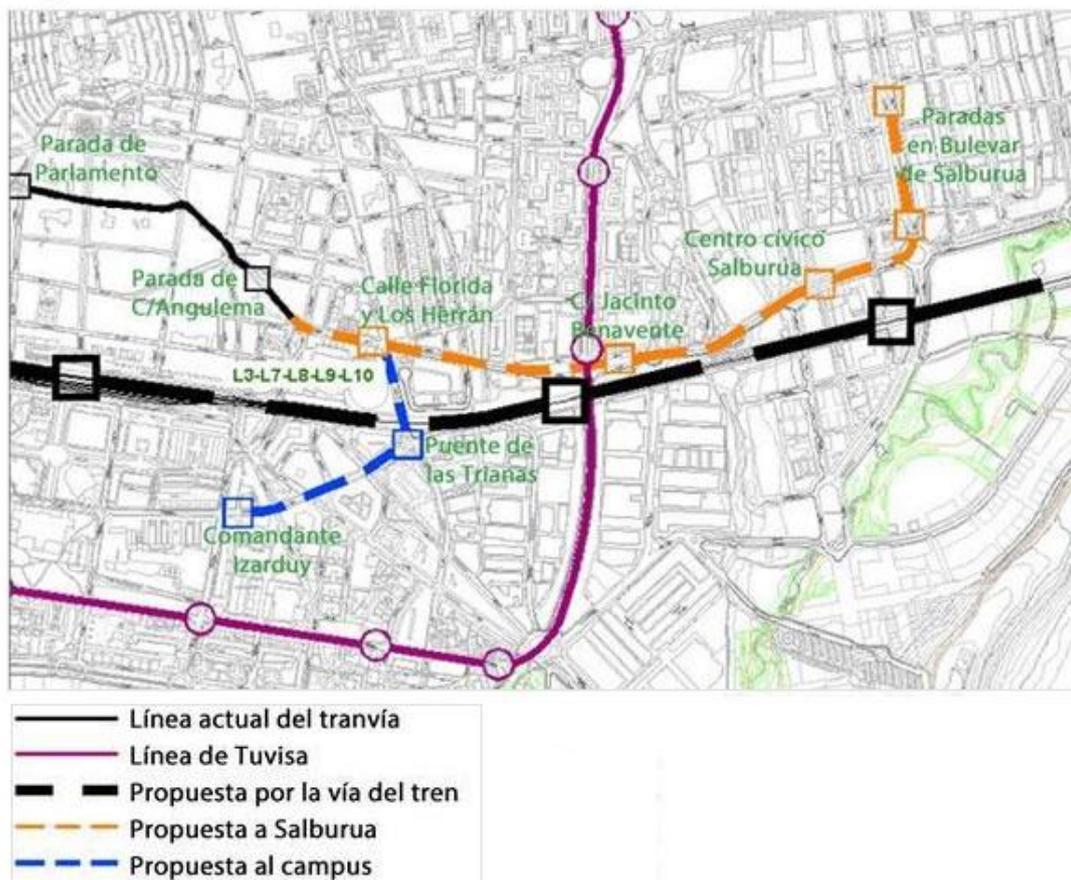


Ilustración 24 Plan ampliación total hacia Sur. (El Correo Álava)

Implantación de BRT

Como ya he comentado, se está estudiando la implantación de una línea BRT por Vitoria.

La idea que se está estudiando, es la de sustituir la actual línea periférica (Línea 2a y 2b) por un sistema BRT.

Este, tendría 24 paradas y mantendría el mismo recorrido que la línea 2, salvo en el tramo de la calle José Atxotegui.

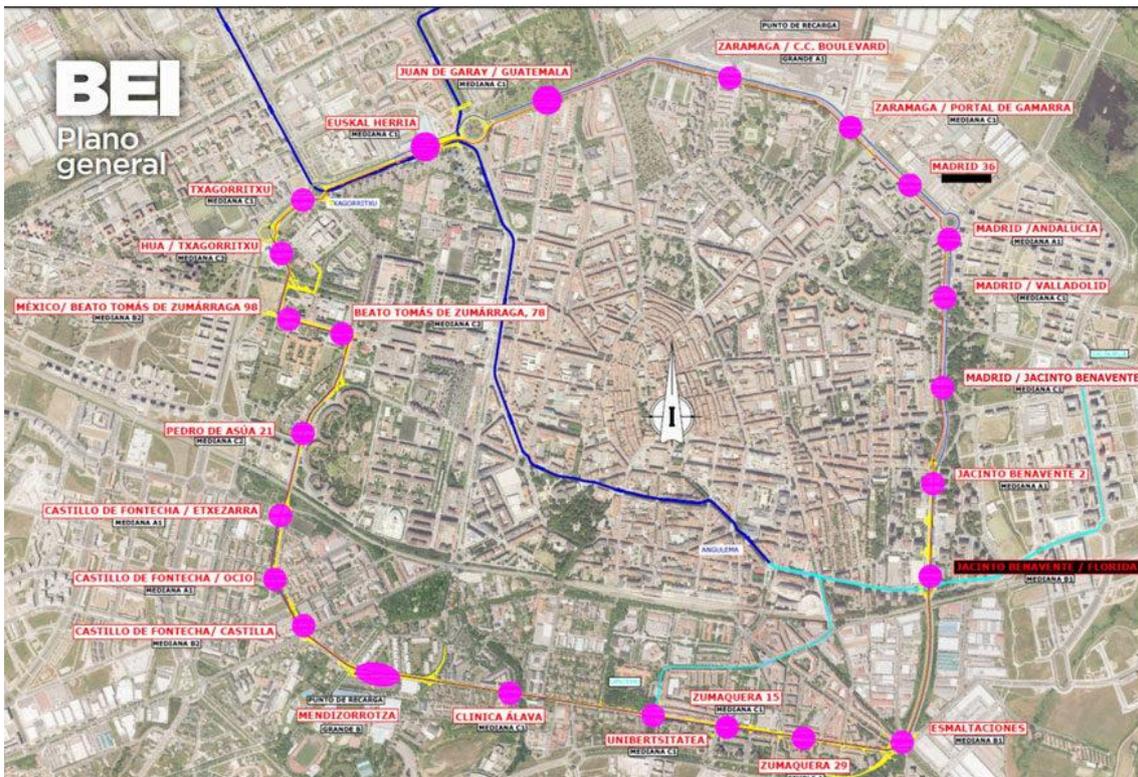


Ilustración 25 Propuesta de BRT por el Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz. (El Correo Álava)

1.2.4. TIPOS DE TRANSPORTE Y CRITERIOS DE SELECCIÓN

¿Buses, trenes, tranvías, metros...? Esa pregunta sigue generando discusiones interminables.

Lo cierto es que hay una respuesta diferente en función de los condicionantes que exija cada ciudad. Lo mejor es contar con un sistema que integre distintas tecnologías de acuerdo con las necesidades específicas de cada caso.

Los principales condicionantes que marcan el tipo sistema de transporte público a elegir en una ciudad son:

- condicionantes de demanda
- condicionantes sobre los costes
- condicionantes medioambientales

Condicionantes de demanda

Un primer paso que se debe realizar para el proceso de elección del sistema de transporte es el proceso de previsión de la demanda que se prevé transportar, diariamente y también en hora punta. Ya que en función dicha demanda y otros factores se decidirá la implantación de un metro, un tranvía, un autobús u otro sistema. Además, una vez decidido el modo de transporte, se debe tener en cuenta que existen dentro de cada modo un gran abanico de vehículos con muchas capacidades posibles para acomodar la demanda prevista.

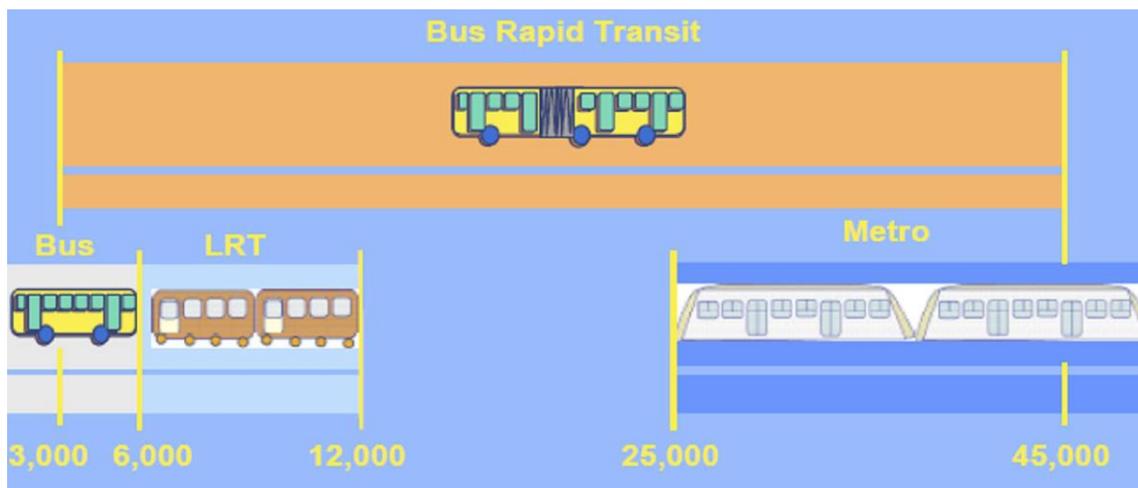


Ilustración 26 Demandas máximas aceptadas por Bus, BRT y Metro

Condicionantes medioambientales:

En el balance energético entre modos, deben considerarse los consumos tanto para la construcción de los vehículos como para la tracción del mismo durante el período operativo.

La información acerca de los consumos que se expone a continuación está obtenida de

www.ferropedia.org

La media del consumo equivalente en litros de gasolina por pasajero y por 100 km es la siguiente:

	Ocupación media real	Consumo real según ocupación media	Consumo medio para ocupación 100%	Consumo desde producción *
Metro	21%	1,7l	0,4l	5,1l
Tranvía	21%	1,7l	0,4l	5,1l
Autobús	21%	2,7l	0,6l	3,51l
Coche	1,7 personas	6,0l	2,4l	7,8l

Tabla 14 Consumo equivalente en litros de gasolina por pasajero y 100 km.(Ferropedia)

*Consumo desde dónde se obtiene la energía hasta que es consumida por el vehículo.

**Para el autobús se ha considerado el diésel como combustible

Generalmente el consumo de energía de vehículos se expresa de tres formas:

- consumo neto por el vehículo
- consumo equivalente de gasolina a partir de la estación de servicio
- consumo total de energía primaria

En la tabla de arriba se han indicado los consumos "en equivalente de litros de gasolina a partir de la estación de servicio" porque es más intuitivo, ya que es la forma en la que estamos acostumbrados a calcular el consumo.

Sin embargo, para hacer un balance energético completo, hay que añadir del orden de 30% en concepto de energía consumida para la producción, refinación, y distribución de la gasolina. En otras palabras, si un automovilista utiliza para un viaje 100 litros de gasolina comprados en la estación de servicio, en realidad está consumiendo el equivalente de unos 130 litros de gasolina de energía primaria.

Para el consumo de energía eléctrica de un tren eléctrico ocurre algo parecido. Si un tren toma de la catenaria 100 kWh para un trayecto, en realidad está consumiendo un total de unos 300 kWh de energía primaria. Los otros 200 kWh se consumen en la producción (sea energía renovable o fósil) y distribución. La pérdida grande por estos conceptos se compensa por la mayor eficiencia de los motores eléctricos comparados a los de combustión (25% para los de gasolina, 30% diésel).

Generalmente se utilizan los valores indicativos y aproximados siguientes para convertir los diversos tipos de consumo de energía:

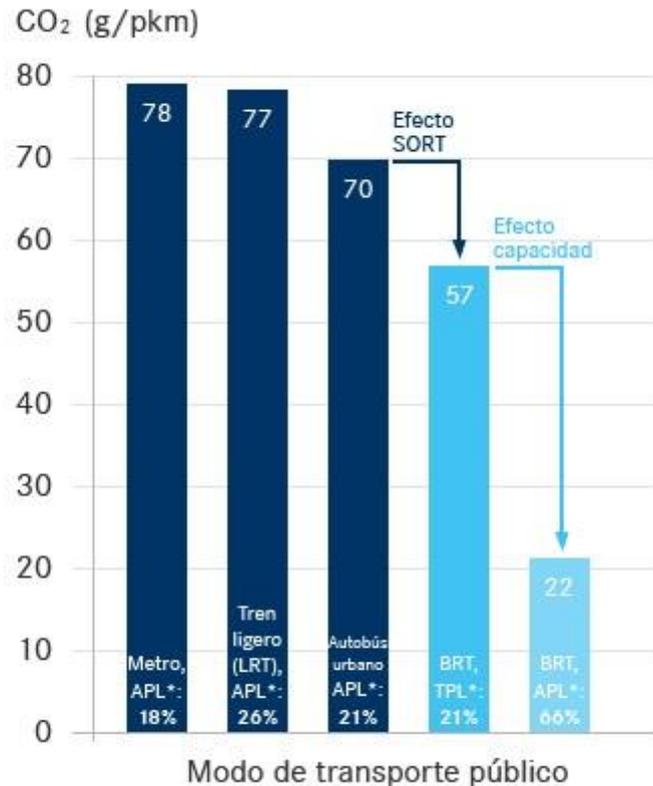
- Gasolina: Total energía primaria = 1.3x consumo neto por el vehículo ("consumo equivalente de gasolina a partir de la estación de servicio")
- Energía eléctrica: Total energía primaria = 3x consumo neto por el tren
- Consumo equivalente de gasolina a partir de la estación de servicio = 2.3x consumo neto energía eléctrica por el tren

El consumo de energía se puede representar en unidades distintas.

Equivalencias aproximadas:

- 1 l gasolina = 0,74 kg; 1 kg gasolina = 1.35 l
- 100 kWh corresponden a 8,28 kg o 11,25 l gasolina
- 1 l gasolina corresponde a 8,9 kWh energía eléctrica
- 1 kg gasolina corresponde a 12 kWh
- 1 l combustible diesel tiene el contenido energético de 1,1 l gasolina
- 1 kg equivalente petróleo = 11.6 kWh = 0.97 kg gasolina = 1.31 l gasolina

Comparativa de diferentes modos de transporte público en lo relativo a emisiones, bajo consideración del número medio de pasajeros



*APL: número medio de pasajeros, TPL: número de pasajeros trasladados

Ilustración 27 Gramos de contaminación respecto a pasajeros transportados (Agencia federal de medioambiente alemana)

Fuente: cálculos propios basados en datos de la Agencia Federal de Medioambiente alemana

Uno de los principales desafíos que acarrea el crecimiento urbano es la necesidad de proveer espacios intactos y atractivos para vivir. Para ello es necesario reducir la contaminación y el consumo de energías de origen fósil. La solución se obtiene en muchos casos por la reducción del número de vehículos automotores en el centro urbano para minimizar el nivel de emisiones, ruido y aliviar la congestión. La implementación de un sistema de transporte público eficiente y atractivo, como un sistema BRT, puede ser la salida al problema.

En la capital colombiana Bogotá, por ejemplo, el 20 por ciento de los usuarios del sistema BRT TransMilenio se desplazaban antes en su automóvil particular. En la ciudad francesa de Nantes, el número de automóviles privados que circulan a lo largo de las rutas del BRT experimentó una disminución extraordinaria tras la implantación de éste: de 55.000 en 2008 a 28.000 en la actualidad.

Condicionantes demanda vs interdistancia entre paradas

A continuación, se muestra una gráfica que muestra la capacidad de transporte versus la distancia entre paradas que se suele dar para los diferentes sistemas de transporte.

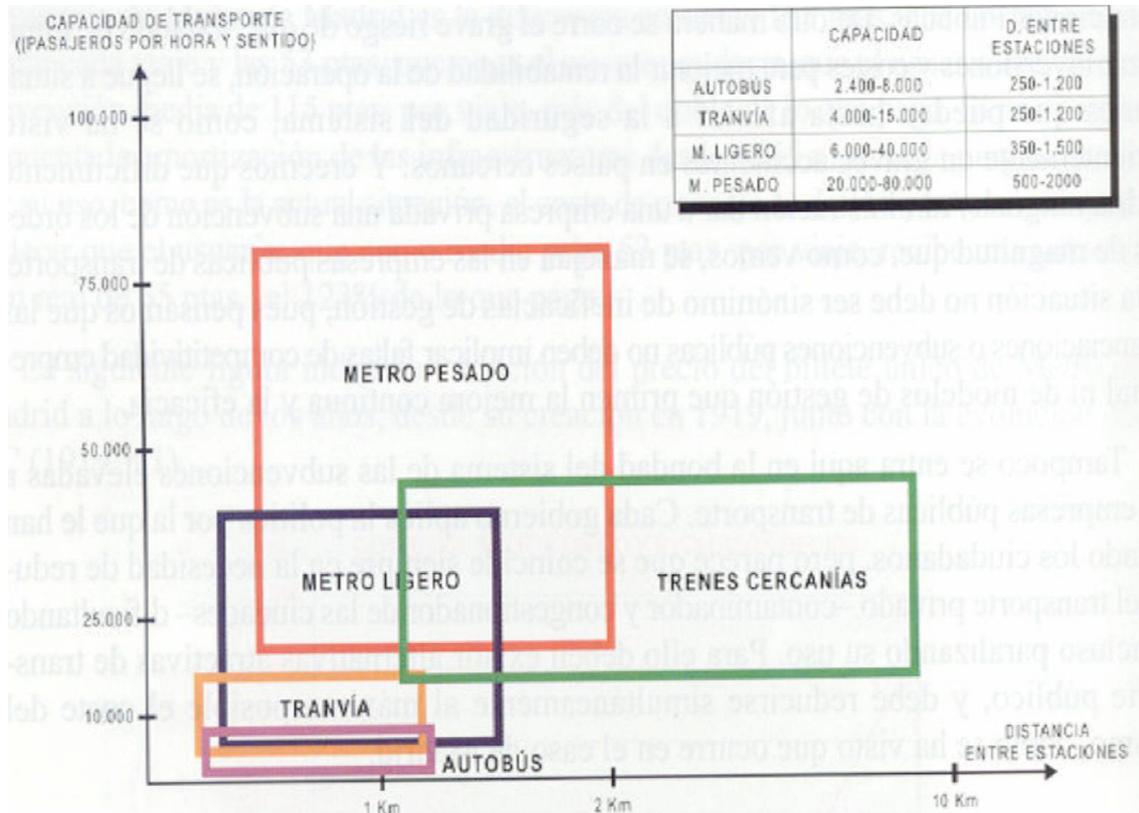


Ilustración 28 Capacidad de transporte VS distancia entre paradas

Condicionantes de demanda vs costes

El siguiente gráfico muestra la capacidad versus el coste de los diferentes sistemas de transporte.

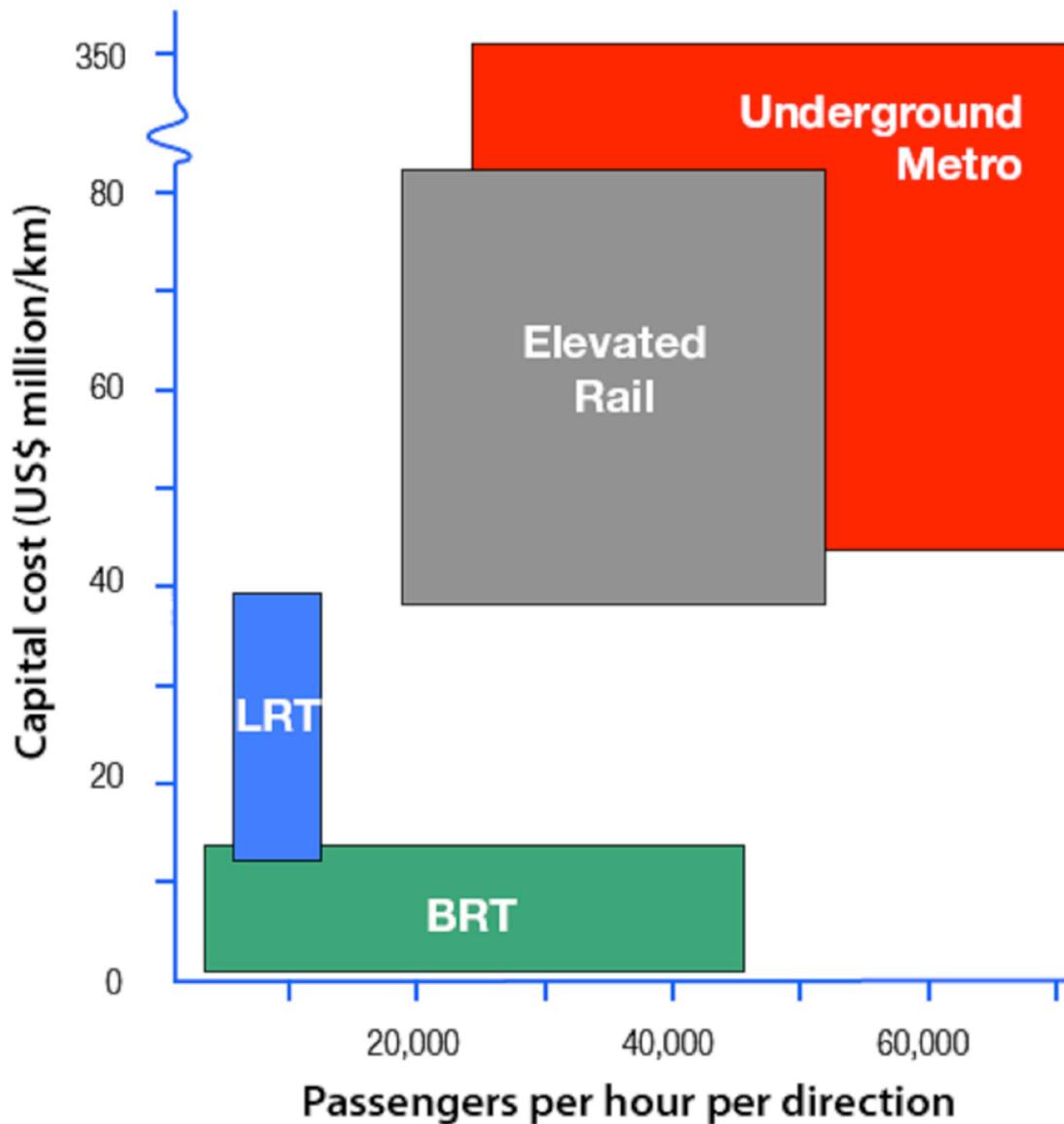


Ilustración 29 Coste Infraestructura VS pasajeros

Se puede apreciar que a igual capacidad el sistema LRT (Light Rail Transit, es lo que aquí llamamos tranvía urbano) es más costoso que el BRT. Además, se

ve cómo un posible aumento de la demanda no conlleva un mayor coste económico para el sistema BRT, mientras que para el tranvía sí.

PRINCIPALES VENTAJAS DE UNA IMPLANTACIÓN DE BRT

El concepto BRT se destaca por su aplicabilidad universal y por la facilidad con que se adapta a las condiciones locales: los sistemas de transporte existentes pueden integrarse sin problemas en la nueva solución BRT, o viceversa. La integración mutua mejora el desempeño del sistema de transporte público en su totalidad.

Rápida implementación

Otra ventaja se deriva de los plazos de planeación e implementación muchos más breves que para otros modos de transporte. El período de planeación previa para un sistema BRT suele ser de 1 a 3 años, la realización dura aproximadamente un año. Ello contrasta con períodos de planeación habituales de 3 a 5 años y una fase de implementación de 4 a 8 años para sistemas ferroviarios comparables, como por ejemplo sistemas de metro.



Ilustración 30 Comparativa de periodos de implantación

Alta flexibilidad

Puesto que los autobuses circulan por las vías existentes y no requieren infraestructuras adicionales, los sistemas BRT pueden ir ampliándose gradualmente, respondiendo de manera flexible a las necesidades de la ciudad. El sistema BRT de Estambul, por ejemplo, ha ido expandiéndose por etapas al compás de la creciente demanda de movilidad y, tras una evaluación minuciosa de la demanda y otros factores, se seguirá ampliando.

Ampliación gradual del sistema BRT Metrobús de Estambul en Turquía conforme a la demanda y la expansión urbana.



Ilustración 31 Ampliación gradual de BRT en Estambul

CONDICIONANTES				
Tecnología	DEMANDA	COSTES	VIARIO	MEDIOAMBIENTALES
METRO	<p>Demandas muy altas:</p> <p>30.000 - 80.000</p>	<p>Muy altos costes. Se necesitarían subvenciones para operar</p>	<p>Compleja integración con otros modos de transporte</p> <p>Sistema no flexible</p> <p>Tiempos de desarrollo e implantación, largos.</p>	<p>Bajas emisiones contaminantes</p>
TRANVÍA	<p>Demandas medias:</p> <p>5.000 - 12.000</p>	<p>Costes altos</p> <p>Podría requerir subvenciones</p> <p>Limitaciones con respecto a la capacidad de los pasajeros</p>	<p>Puede ser instalado en calles estrechas</p> <p>Pendientes (6-8%)</p> <p>Problemas con las curvas</p> <p>Sistema no es flexible</p> <p>Tiempos relativamente largos de implantación</p>	<p>Bajas emisiones contaminantes</p>
BRT	<p>Media – Alta:</p> <p>3.000 - 45.000</p>	<p>Menor coste de infraestructura</p> <p>No suelen requerir subvenciones</p>	<p>Facilidad de integración con otros modos de transporte, (autobús, bicicleta...)</p>	<p>Siendo eléctrico, gran reducción de emisiones</p>

<p>AUTOBÚS CONVENCIONAL</p>	<p>Media – Baja: 500 - 5.000</p>	<p>Bajo coste de infraestructura Bajo coste de operación</p>	<p>Sistema muy flexible Facilidad de integración con otros modos</p>	<p>A menudo, carece de sistemas básicos de comodidad Pierde usuarios que se trasladan al vehículo privado.</p>
---------------------------------	---	---	--	---

Tabla 15 Condicionantes de implantación de métodos de transporte públicos

En la tabla 15, se resumen los condicionantes principales para cada uno de los sistemas de transporte público:

1.3. OBJETO

Vitoria, en 2012, fue elegida Capital Verde Europea. Esto supuso un orgullo para todos los vitorianos. Pero no solo fue algo de lo que estar orgulloso, sino que, a partir de ese momento, toda la ciudad sufrió un cambio de mentalidad, viendo de primera mano lo que un pequeño gesto, un gesto individual podía suponer en una gran escala como es una ciudad.

Una de las grandes metas que tiene la capital del País Vasco, es la de reducir el uso de vehículos privados y promover el transporte público.

Vitoria, es una ciudad perfecta para disponer de una gran red de transportes públicos, es una ciudad extensa, y con apenas desniveles naturales. Lo que favorece la implantación de nuevos sistemas.

Este estudio, tiene la finalidad de ofrecer a la ciudad de Vitoria Gasteiz un sistema de transporte de última generación, eficiente, totalmente integrado en la ciudad y con un coste y periodo de implantación relativamente pequeños.

Al introducir un sistema de estas características, se intentará que afecte a la mayor cantidad de habitantes posibles. Al ser válido para muchos usuarios y estar conectado con el resto de transportes y servicios de la ciudad, se pretende que haga un gran efecto llamada y muchos usuarios, cambien su sistema de transporte, de uno privado y contaminante a otro público y totalmente ecológico.

El estudio, está basado tanto en la situación actual de la ciudad, como en una proyección a unos años vista.

Para ello, se ha recopilado información de los actuales medios de transporte público, tales como:

- Demanda actual
- Datos de operación
- Futuras ampliaciones

Con esto, conseguiremos poder definir de forma totalmente completa un nuevo y mejor servicio de transporte a la ciudad.

1.4. METODOLOGÍA

La instalación de un nuevo sistema de transporte público en una ciudad, es algo muy complejo, depende de muchos factores a tener en cuenta.

Primeramente, para saber qué tipo de transporte es el más correcto y adecuado a incluir en nuestra ciudad hay que conocer la población en la ciudad a estudiar. Nuestro caso, Vitoria Gasteiz. Una ciudad con aproximadamente 250 mil habitantes y un gran movimiento de población hacia los nuevos barrios del extrarradio.

Es fundamental para saber tanto si el sistema a implantar será viable, como para poder estimar la flota y los costes, conocer la demanda que este sistema recibirá.

Para conocer la demanda que sufriría nuestro futuro sistema de transporte, se observaron las líneas de autobuses actuales, y se comparó con el recorrido que pretendíamos hacer con nuestro sistema BRT. Se observan varias líneas que coinciden en parte con nuestro futuro recorrido. De todas ellas, se extrapola el porcentaje de usuarios que aportará a nuestra línea, es decir el número aproximado de pasajeros que se cambiarán de medio de transporte. Se estudia también el crecimiento que sufrirá en un periodo de 5 años. Esto se hace comparando los datos de crecimiento, tanto de las líneas de autobús como la del tranvía, otro ejemplo que tenemos en la ciudad de implantación de un sistema totalmente nuevo.

Una vez calculada la demanda, comprobamos, que está en los márgenes necesarios para implantar un BRT, tanto de demanda, costes y contaminación medioambiental. Al ser un autobús totalmente eléctrico, se integra perfectamente en la ciudad.

Para definir el trayecto, se estudió la demografía de la ciudad. Se observó un movimiento claro de la población hacia los barrios más nuevos y a la vez más periféricos de la ciudad. También, se pudo observar que estos nuevos y alejados barrios, no poseen un sistema de transporte acorde a todos sus habitantes, tanto presentes como sobre todo futuros. Así que, con esta información, se dispone una línea que una estos dos barrios entre sí y con conexión a otros medios de transporte, para crear así una red por toda la ciudad.

Mas adelante, necesitaremos conocer las necesidades que requiere una ciudad como la nuestra para un sistema de transporte. Como flexibilidad, buena accesibilidad y confort para los usuarios. Algo básico, para que el sistema se integre correctamente en la ciudad y guste a la gente, para que así se convierta en un método rápido y cómodo para viajar. Intentando así disminuir los trayectos en vehículos privados y haciendo de nuestra ciudad un lugar más ecológico.

Una vez conocido el trazado, debemos conocer la velocidad a la que circulará el autobús y lo que tardará en realizar el recorrido, para así definir frecuencias,

tiempos de carga... Esta se calcula mediante una fórmula que utiliza entre otras cosas la distancia que hay entre paradas.

Las paradas se colocan a lo largo del trayecto de una forma estratégica que ayude a los pasajeros a usarlas, es decir que estén en puntos cercanos al mayor número de viviendas.

Más tarde, el trazado se definirá y justificará según la normativa existente.

Como último punto importante, se hará un presupuesto del conjunto del proyecto, con él se comprobará definitivamente si este nuevo sistema de transporte está entre los márgenes fijados para este tipo de obra.

Finalmente, se expondrán todos los resultados obtenidos del estudio de implantación del nuevo sistema de transporte, como la explotación que sufrirá la nueva línea, el número de paradas y su emplazamiento y una descripción general de la línea. Para complementar estos resultados, se han realizado planos para ver los resultados finales, tanto el recorrido a través de la ciudad en detalle, como varias secciones representativas del recorrido y unas vistas en planta de las paradas.

1.5. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.5.1. CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS A UN PROYECTO DE TRANSPORTE PÚBLICO

Las características que requiere el sistema de transporte que se elija para Vitoria - Gasteiz son las que se indican a continuación y sin olvidar que siempre se deben optimizar los recursos económicos de la mejor manera posible.

Flexibilidad

Es una de las características más importantes que debe tener la red de transporte público que se elija para Donostia-San Sebastián. Prueba de ello, es que en el año 2007 en 347 (el 95%) días hubo que modificar los recorridos del transporte público por diversas incidencias. En 68 de esos días los cambios que se generaron afectaron a la mayoría de las líneas y fueron como consecuencia de las actividades que se realizan todos los años.

Estas actividades son por ejemplo:

- Fiestas de la Blanca
- Desfiles, Carnavales, Reyes magos...
- Manifestaciones
- Eventos deportivos, Maratones...
- Partidos de Fútbol en Mendizorrotza
- ...

El funcionamiento del sistema de transporte público debe quedar siempre garantizado por ese motivo esta es una característica muy importante que cumplen los sistemas basados en autobuses, pero no los sistemas tranviarios.

Buen servicio ofertado

En primer lugar, lo que se busca con el sistema de transporte elegido es mejorar la comunicación entre dos de los barrios más grandes y en crecimiento de Vitoria, también los más alejados entre sí.

En segundo lugar, se busca un sistema que permita la conectividad entre diferentes medios de transporte, como será con el tranvía y con varias líneas de autobuses urbanos.

En tercer lugar, se busca un sistema fácil de implementar, es decir que no lleve años su construcción y desarrollo ya que estaríamos empeorando el sistema actual de transporte público y privado. Característica que no cumplen ni el metro ni el tranvía ya que la implantación duraría años.

Buena accesibilidad

El sistema de transporte público debe ser accesible para el 100% de la población, ya sean ancianos, personas en sillas de ruedas o con movilidad reducida, con cochecitos de niños, con bicicletas, etc.

Debe ser accesible en los siguientes modos:

1. Accesibilidad andén-vehículo.
2. Accesibilidad pasajero-parada.

Información

El sistema de transporte debe ofrecer a los viajeros información tanto en el vehículo como en las paradas.

La información que se ofrezca en el vehículo debe ser sobre la próxima parada a realizar.

Esa información preferiblemente podría ser por medio de altavoces en el interior del vehículo o por medio de paneles con luces en cada parada que vayan marcando el recorrido y posición (como los de los metros).

Y la información en las paradas debiera ser de los horarios, frecuencias y recorridos.

Además, una información ya está implantada en algunas paradas de autobuses de la ciudad, que es la de indicar los tiempos que faltan para que acuda a la parada el próximo servicio.

Puntualidad y regularidad

El servicio debe quedar siempre garantizado salvo por fuerza mayor. No puede eliminarse un servicio o que se provoquen excesivos retrasos debido a obras, o eventos que se realicen en el viario urbano.

Excelente atención al cliente

Se requiere que el sistema de transporte público urbano elegido preste a sus viajeros una excelente atención mediante:

- La información en los vehículos y paradas

- Los conductores del vehículo
- Los trabajadores de las oficinas en cuestión, a la hora de hacer una reclamación, formular una consulta o proponer cualquier tipo de mejoras (en el recorrido, en las paradas, etc.)

Máximo confort y seguridad

El sistema debe proporcionar el máximo confort para todos los viajeros sin olvidar dejar espacios reservados cerca de las puertas para personas con movilidad reducida, sillas de ruedas, o cochecitos de niños.

Los asientos deben ser cómodos y accesibles para todos los viajeros luego se debe considerar de manera muy especial el diseño interior del vehículo.

Por otro lado, nunca se debe descuidar la seguridad de los pasajeros y por lo tanto deberán existir postes para la sujeción de los pasajeros sobre todo alrededor de las puertas para no provocar caídas.

Menor impacto ambiental posible

El sistema debe ser lo más respetuoso posible en relación a las emisiones contaminantes, impacto visual y emisiones de ruido.

Al ser vehículos 100% eléctricos, cumplen de sobra estos requisitos ambientales.

1.5.2. INFRAESTRUCTURA

Las características que se le exigen a los nuevos sistemas de transporte son: fiabilidad, flexibilidad, confort y seguridad. Estas características se deben conseguir tanto en la infraestructura como en los vehículos, por lo que los autobuses eléctricos deben garantizar las siguientes prestaciones;

TRAZADO

Radio mínimo de giro de 25 metros en línea general, y 18.75 metros en las paradas terminales para favorecer su inserción.

Anchura de plataforma de 3.5 metros, posibilidad de reducir a 3.25 metros en tramos rectos.

Anchura de carriles de vehículos 3.50 – 3.00 metros, excepcionalmente 2.5 en tramos de corta longitud.

CRITERIOS URBANÍSTICOS

El diseño urbanístico de la línea de Bus eléctrico de altas prestaciones persigue la integración en las calles en que se ubica, la mínima afección a servicios y zonas verdes, aumentar la accesibilidad y promover una mejora en las zonas menos agradables al peatón y usuario generando nuevas zonas ajardinadas y/o peatonales.

El diseño contempla la urbanización de bordillo a bordillo en línea general y entre fachadas en zonas de parada o en zonas de integración urbanística.

El carril reservado para el autobús eléctrico se dispone a ambos lados de la calzada para favorecer la inserción en la ciudad, utilizando parte del espacio en la acera para insertar la parada, reduciendo así la ocupación de la calle.

En la mayor parte del trazado, la plataforma ocupará las plazas de aparcamiento existentes, reduciendo su cantidad en aproximadamente 600 plazas.

Para el diseño hay que tener en cuenta la situación de las puertas del autobús en el costado derecho, por lo que las paradas se sitúan siempre en la acera derecha

PARADAS

En función de la inserción urbana y de los puntos de demanda se determina el número de paradas y la ubicación más idónea para las mismas.

El diseño de paradas será claro, funcional e integrado en la imagen conjunta de la línea de transporte masivo.

Con respecto a los parámetros mínimos establecidos en las paradas, se aconseja una pendiente máxima recomendable en parada del 2% para favorecer la accesibilidad de las personas con movilidad reducida.

La longitud y altura del andén debería ser coordinada con la altura y

longitud del vehículo. En el diseño de las dimensiones y rampas de acceso a la parada se respetarán las normas de accesibilidad y las ordenanzas urbanísticas.

Los pavimentos serán antideslizantes y serán identificativos de las zonas de espera, proximidad al borde del andén, etc. Las marquesinas tendrán la misma tipología que las del tranvía.

Uno de los principales problemas que presenta un sistema de autobuses frente a un sistema guiado, es la aproximación al andén en las paradas para asegurar la accesibilidad a las personas con movilidad reducida.

PLATAFORMA RESERVADA

La capa de firme debe estar calculada para el continuo paso de vehículos pesados, hasta 13 toneladas por eje.

Tendrá una separación física con el resto de calzadas y en los cruces irá identificada con marcas viales.

1.5.3. VELOCIDAD COMERCIAL Y TIEMPO DE RECORRIDO

Se hará un estudio de la velocidad comercial y del tiempo de recorrido. Con estos datos y con el cálculo de demanda se podrá obtener la flota necesaria de autobuses.

Velocidad comercial y tiempo de recorrido

La velocidad comercial es la velocidad con la que circula el vehículo teniendo en cuenta las demoras. A su vez el tiempo de recorrido es el tiempo que tarda en realizar dicho recorrido.

El tiempo de recorrido, se obtiene de la siguiente fórmula:

$$T = \sum_i \frac{L_i}{V_i} + \sum_i T_i$$

Ecuación 1

Donde:

T: tiempo de recorrido de toda la línea, incluyendo las demoras en paradas e intersecciones.

L_i : espaciamiento entre las paradas i e $i+1$

V_i : velocidad del autobús entre las paradas i e $i+1$, incluyendo el tiempo de espera en intersecciones

T_i : tiempo que tarda el bus en la parada i o dwell time en i

El tiempo de parada es un dato muy relevante, ya que en todo modelo de transporte se tratará del cuello de botella. Así es que se debe minimizar todo lo posible. Para esto se ha comprobado que dependiendo del método de pago el tiempo de demora es mayor. Así lo reflejaba Lillo et al en 2003 en un estudio.

Tipo de autobús e infraestructura	C_{bus} (pas)	d_1 (s)	d_2 (s)	Capacidad	
				pas/h	bus/h
Articulado y pago adentro	160	13	1,5	3777	24
Articulado, plataforma alta y pago adentro	160	13	1,0	5120	32
Articulado, plataforma alta y pago afuera	160	13	0,3	9779	61

Nota: C_{bus} : capacidad nominal del autobús (pas); d_1 : demora por desaceleración + apertura-cierre de puertas + despeje de parada (s); d_2 : demora media por persona que sube o baja (s).

Tabla 16 Valor típico de capacidad en parada para distinto sistema de autobús. (Lillo et al 2003)

Como se puede observar, al tratarse de una forma de pago en parada y estando a nivel, se reducen considerablemente los tiempos de subida y bajada de pasajeros. La capacidad a la que hace referencia es la máxima para una línea de carril bus segregado en la que haya 61 buses a la hora y que estos no lleguen a entorpecerse.

Queda reflejado que en el sistema que se está estudiando el tiempo de demora por ascenso y descenso de pasajeros será de 0.3 segundos por pasajero que suba o baje.

A pesar de que en la tabla anterior indique el tiempo de demora por apertura – cierre de puertas y por la aceleración – deceleración del vehículo, se sabe que únicamente el tiempo de apertura y cerrado de puertas es de 5 segundos. Así lo reflejó Levison en un estudio que realizó en 1983.

Como no se poseen datos de modelización, se estimará un tiempo de parada de acuerdo a otros modelos existentes en el mundo con características de abordaje similares. El tiempo propuesto será 20 segundos por parada, que según lo mencionado antes implicaría el ascenso y descenso de una suma de 50 pasajeros, por encima del dato futuro real.

Para el cálculo de la velocidad comercial se han establecido varios métodos de cálculo en función de si se cuenta con prioridad semafórica o no, si las paradas son estocásticas o deterministas. Esto último se refiere si las paradas son fijas y el vehículo se detiene en todas o requiere de una señal para detenerse. En el caso del sistema en estudio, se trata de paradas deterministas, fijas.

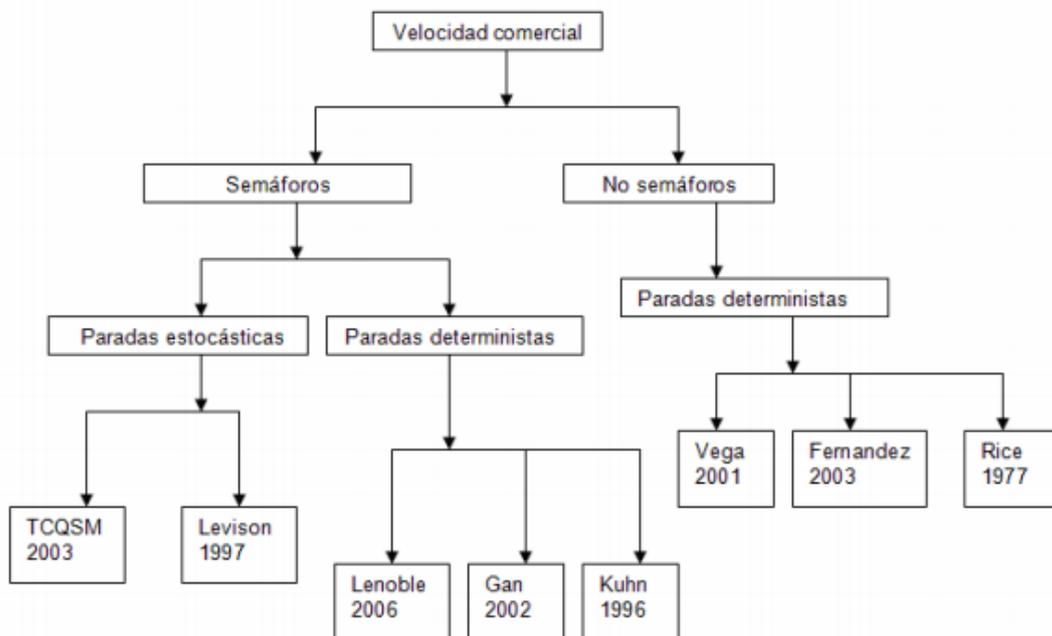


Ilustración 32 Esquema modelos de estimación de la velocidad comercial

Es así que se observan 3 modelos válidos para la obtención de dicha velocidad, el de Rice (1977), Fernández y Valenzuela (2003) y por último el de Vega (2001).

Rice en 1977 presentó un estudio general de transporte urbano en el Practical Urban Railway Capacity. En dicho informe se propone la siguiente formulación de la velocidad comercial, V_{com} ;

$$V_{com} = \frac{D_p}{\frac{V_{max}}{2} \left(\frac{1}{A} + \frac{1}{B} \right) + \frac{D_p}{V_{max}} + T_d}$$

Ecuación 2

Donde:

A: aceleración media (m/s^2)

B: nivel de frenado (m/s^2)

D_p : distancia de separación entre las paradas (m)

V_{max} : velocidad máxima

T_d : tiempo medio en parada (dwell time) (s)

Esta formulación sencilla se puede aplicar a cualquier tipo de medio de transporte público, pero no se tiene en cuenta la presencia de semáforos, ni el efecto de cualquier coordinación semaforica.

Partiendo de esta fórmula y tras realizarse un estudio exhaustivo de los autobuses en la ciudad de Santiago de Chile, Fernández y Valenzuela elaboraron un método nuevo. Este método es característico por añadir parámetros de calibración.

$$V_C = (V_0 + V_0' \cdot \delta_D + V_0'' \cdot \delta_p + V_0''' \cdot \delta_{f,t}) \cdot e^{-[(\alpha + \alpha' \cdot \delta_{fp})f_p + (\beta + \beta' \cdot \delta_{tp})t_p + (\gamma + \gamma' \cdot \delta_{fs})f_s + (\sigma + \sigma' \cdot \delta_{ts})t_s]}$$

Ecuación 3

V_c : velocidad comercial de los buses (km/h)

F_s : frecuencia de detenciones por cualquier cosa (det/km)

t_s : tiempo de parada por cualquier cosa (s/km)

$V_0, V_0', V_0'', \alpha, \alpha', \beta$ y β' parámetros para calibración.

δ_D : variable ficticia por la dirección del trayecto (1 hacia el centro, sino 0)

δ_p : variable ficticia por el periodo de viaje (1 hora punta mañana, sino 0)

$\delta_{f,t}$: variable ficticia por tecnología (1 validación automática, sino 0)

δ_L : variable ficticia por carril segregado (1 carril segregado, sino 0)

Esta fórmula requiere calibraciones obtenidas a partir de datos experimentales del transporte en funcionamiento, o en su defecto, programas de modelización que muestren se funcionamiento hipotético.

En el último caso, Vega en 2001 realizó un estudio en el que afirmaba que la influencia de demora de los vehículos era relativa a la frecuencia por hora entre estos vehículos. Este método se utiliza para grandes corredores en los que existe más de una línea y los mismos vehículos pueden entorpecerse entre ellos. No es el caso de la única línea que se implantará en Vitoria. Aun así, se puede ver como Vega muestra dicha relación en esta gráfica.

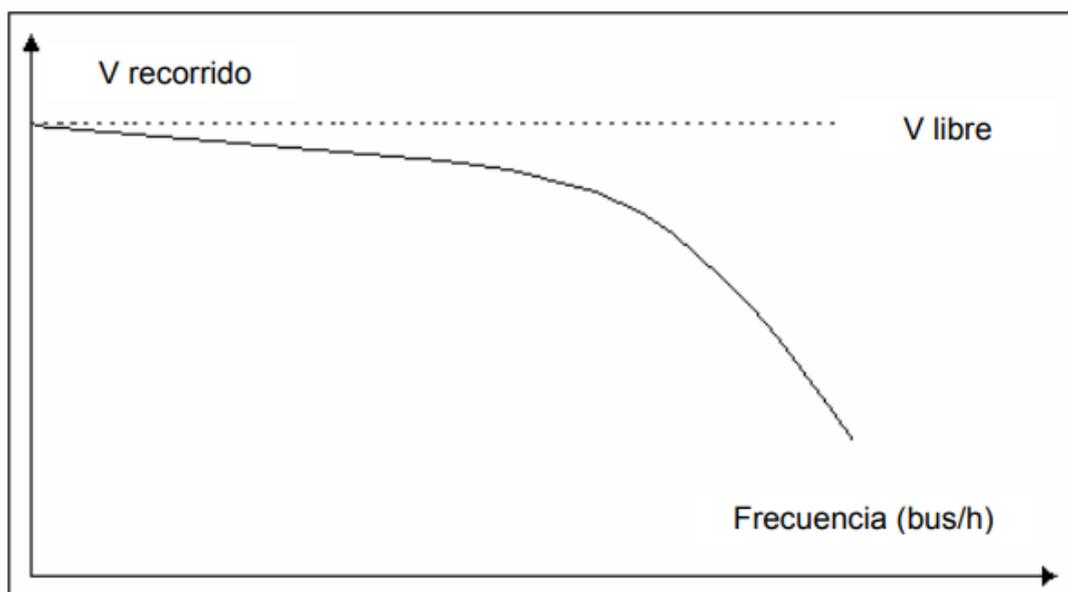


Ilustración 33 Relación Velocidad – Flujo (Vega 2001)

Finalmente utilizaremos la ecuación de Rice para calcular la velocidad comercial aproximada.

$$V_{com} = \frac{D_p}{\frac{V_{max}}{2} \left(\frac{1}{A} + \frac{1}{B} \right) + \frac{D_p}{V_{max}} + T_d}$$

Ecuación 4

Con los datos:

D_p : 520m distancia media entre paradas

V_{max} : 50 km/h, 13,88 m/s

A : 0,8 m/s²

B : 0,8 m/s²

Td : 20 s

$$V_{com} = \frac{520}{\frac{18,88}{2} \left(\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,8} \right) + \frac{520}{18,88} + 20} = 6,95 \text{ m/s} = 25,02 \text{ km/h}$$

1.5.4. CRITERIOS GEOMÉTRICOS

Criterios de diseño

La normativa de trazados vigente en España, publicada por el ministerio de Obras públicas el 4 de marzo de 2016, se trata de la “Norma 3.1 -IC (Institución de Carreteras)”. Esta norma define las restricciones y recomendaciones que se deben tener a la hora de realizar un trazado de una carretera.

El trazado del proyecto, es un trazado urbano. Tramo urbano de una carretera (o abreviadamente carretera urbana) es aquel cuya zona de dominio público es colindante por ambas márgenes con suelos clasificados por el planeamiento vigente como urbanizados.

La norma a continuación, dice que los trazados de entorno urbano y periurbano pueden restringir las condiciones de diseño de la norma. Es así que la única norma que hay que acatar son las establecidas por el ayuntamiento al que pertenezca el terreno. A pesar de esto se realizarán los cálculos pertinentes y de interés.

Datos básicos para el estudio del proyecto

El carril a diseñar, es un carril único y unidireccional. Se trata de un trazado urbano con una Vp (Velocidad de proyecto) de 50km/h

- Visibilidad

En cualquier punto de la carretera el conductor del BRT deberá tener una visibilidad, tal que las distintas maniobras puedan efectuarse en condiciones de comodidad y seguridad, se necesitará una visibilidad mínima que dependerá de la velocidad del tipo de vehículo.

En la Norma se consideran: visibilidad de parada, visibilidad de adelantamiento, visibilidad de decisión y visibilidad de cruce. Sin embargo, al tener un carril segregado y al tener prioridad semafórica en los cruces únicamente se calculará la distancia de parada.

Las visibilidades se calcularán siempre para condiciones óptimas de iluminación.

- Distancia de parada

Se define como distancia de parada (Dp) la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse ante un obstáculo inesperado en su trayectoria, medida desde su posición en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención. Incluye la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado. Se estimará mediante la expresión.

$$Dp = \frac{V \times tp}{3.6} + \frac{V^2}{254 \times (f_i + i)}$$

Ecuación 5

Siendo;

D_p = Distancia de parada (m).

V = Velocidad al inicio de la maniobra de frenado (km/h).

F_i = Coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado rueda-pavimento.

i = Inclinación de la rasante (en tanto por uno).

T_p = Tiempo de percepción y reacción (s).

Se considera la V como la velocidad de proyecto, para estar del lado de la seguridad. Por otro lado, se tomará el coeficiente de rozamiento con un valor de 0,411 según tablas y un tiempo de reacción de 2 segundos.

Con lo que la pendiente será el valor del que depende dicha parada. Según el trazado realizado la pendiente mínima y por tanto la más restrictiva es del 10% y así es que la distancia de parada será:

$$D_p = \frac{50 \times 2}{3,6} + \frac{50^2}{254 \times (0,411 - 0,1)} = 59,42\text{m}$$

Trazado en planta

En cuanto al trazado en planta se atiende a la Norma 3.1 -IC, y se establece que los elementos de trazado serán: recta, alineación curva y una alineación de tránsito (clotoide).

Otra de las características que un trazado urbano no comparte con una carretera convencional, son los peraltes. Pues, no hay peraltes excepto el de bombeo en las calles. Sería imposible poner peraltes en los cruces pues los vehículos que circularan con otra dirección se verían obstaculizados con ellos.

Una de las restricciones que la norma indica y es necesario acatar, se trata del radio de curvatura mínimo que al que puede girar un autobús articulado. Este radio es de 11.35 m.

En relación a las curvas también es necesario delimitar los sobreanchos. Según la norma el cálculo de sobreanchos se obtiene de la fórmula:

$$\text{Sobreancho} = \frac{L^2}{2 \times R}$$

Ecuación 6

Siendo;

L = Longitud de cálculo del vehículo

R = Radio de la curva

La longitud L es la distancia entre el frontal del vehículo y su eje trasero. En cambio, al tratarse de un vehículo articulado, esta medida no se le aplica. Es por esto que se ha optado por hacer el cálculo de la longitud L a partir de la figura que se muestra a continuación. Sabiendo que el radio es el mínimo y que el carril tiene una medida de 3,5 metros se mide el ancho en la curva y por consiguiente se obtiene la medida L.

La medición del ancho en la curva es de: 7,73m

$$L = \sqrt{\text{Sobreechancho} \times 2 \times R} = \sqrt{7,73 \times 2 \times 11,35} = 9,79\text{m}$$

Podemos fijarnos también en la figura que el sobreechancho no debe aplicarse únicamente, por un lado, sino que la parte interior de la curva tiene sobreeanchos mayores que la parte exterior. Este cálculo se obtiene a raíz de un porcentaje que se ha observado que se mantiene de forma constante. Además, la transición de anchos se hará de forma lineal siempre que la longitud de clotoide lo permita.

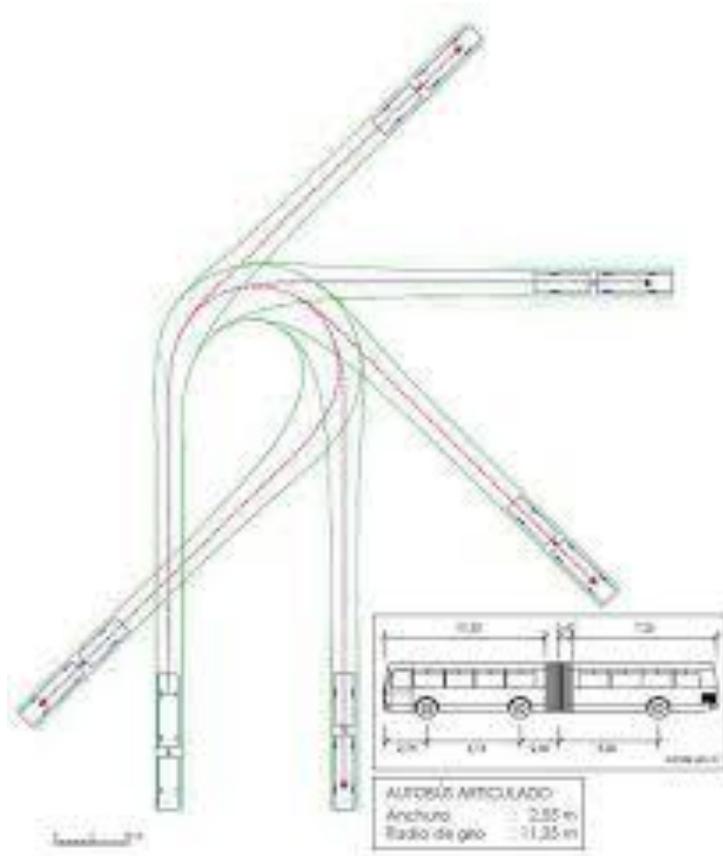


Ilustración 34 Sobreeanchos en autobús

En cuanto al ancho de vía, no hay restricciones del ayuntamiento, aun así, observando otros proyectos de la misma índole se establece como ancho mínimo 3,25 metros.

Por último, las alineaciones de transición serán clotoideas como indica la norma.

Trazado en alzado

En este apartado, al tratarse de una vía urbana ya existente, el carril BRT se inscribirá utilizando las alineaciones y acuerdos existentes. El limitante de estos acuerdos son los gálibos del vehículo.

Para realizar el trazado en alzado se han marcado acuerdos verticales mínimos de:

400m para acuerdos Cóncavos

500m para acuerdos Convexos

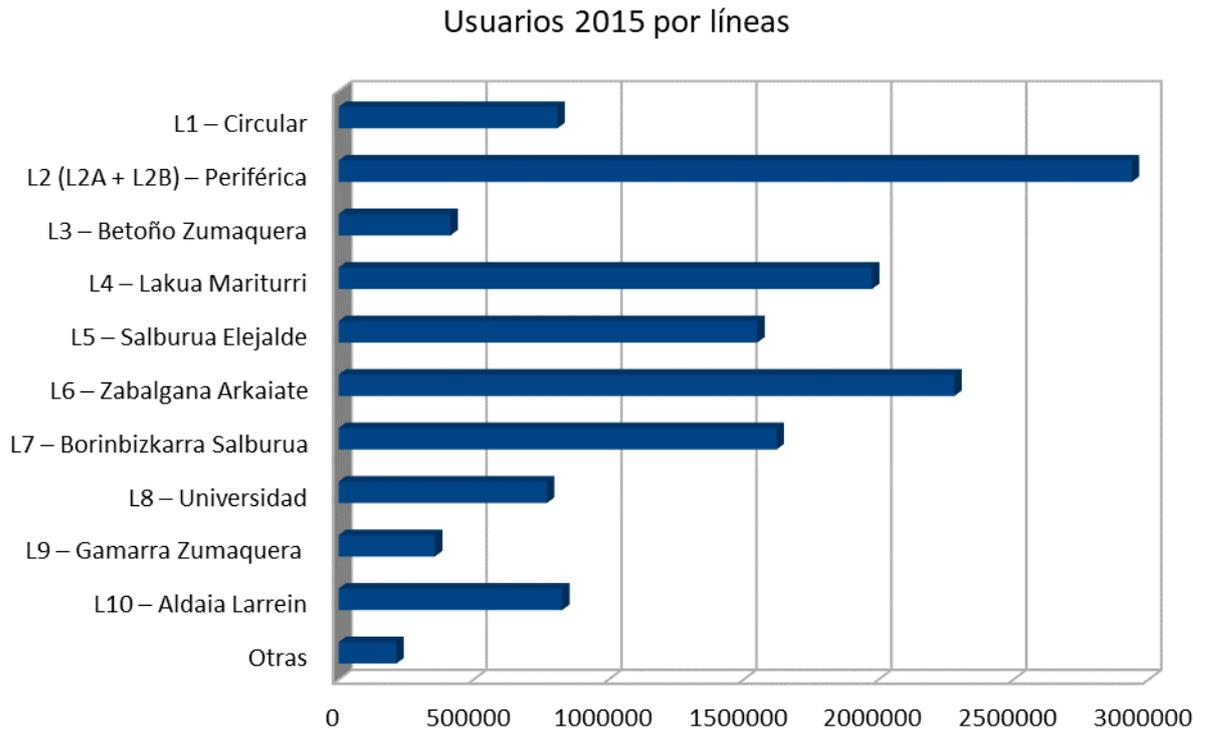
Estos datos son obtenidos de proyectos similares.

En cuanto a la pendiente, la norma no hace referencia a un trazado urbano, aun así, según la norma una carretera convencional de Vp 40 tiene una pendiente máxima de 7% y excepcionalmente del 10%.

1.6. RESULTADOS

1.6.1. DEMANDA

La demanda de viajeros, se obtiene a partir de los datos aportados por TUVISA de las actuales líneas de autobús en Vitoria Gasteiz. La actual demanda asociada a cada una de las líneas se muestra en la siguiente figura.



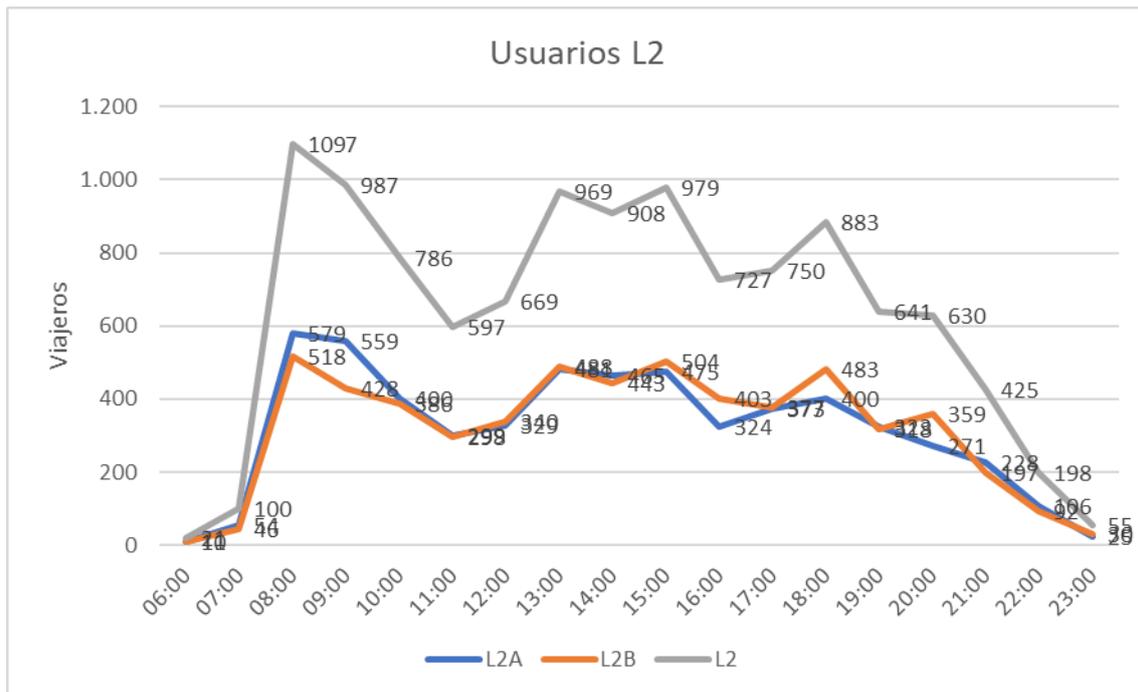
Gráfica 4 Usuarios autobuses 2015 por líneas (TUVISA)

Como puede observarse, la línea 2 transporta anualmente a cerca de 3 millones de viajeros. El futuro sistema BRT, compartirá gran parte del trazado con esta línea, por lo que podremos extrapolar muchos de los datos de la línea 2 para calcular la futura demanda en el sistema BRT.

Los datos de validación de billetes de un día entre semana nos muestran la distribución de pasajeros. Se puede ver que existe una punta de pasajeros por la mañana de 7:00 a 9:00, y varias puntas por la tarde de menor rango que la mañana que se producen de 12:00 a 15:00 y de 17:00 a 18:00.

HORA	L2A	L2B	L2
5:00 – 5:59	10	11	21
6:00 – 6:59	54	46	100
7:00 – 7:59	579	518	1.097
8:00 – 8:59	559	428	987
9:00 – 9:59	400	386	786
10:00 – 10:59	299	298	597
11:00 – 11:59	329	340	669
12:00 – 12:59	481	488	969
13:00 – 13:59	465	443	908
14:00 – 14:59	475	504	979
15:00 – 15:59	324	403	727
16:00 – 16:59	373	377	750
17:00 – 17:59	400	483	883
18:00 – 18:59	323	318	641
19:00 – 19:59	271	359	630
20:00 – 20:59	228	197	425
21:00 – 21:59	106	92	198
22:00 – 22:59	25	30	55
TOTAL	5.701	5.721	11.422

Tabla 17 reparto usuarios por horas (TUVISA)



Gráfica 5 Usuarios L2

La punta de la mañana, es mayor en la primera hora (de 7 a 8) y genera 1.097 viajeros en la línea 2, lo que representa un 9,6% de los viajes totales a lo largo del día, repartidos 579 en el sentido de la línea L2A y 518 en el sentido de la línea L2B. Este reparto, supone un reparto por sentido de 53% - 47%, por lo que puede decirse que ambos sentidos están compensados en cuanto a demanda.

Si se analizan los viajes en cada sentido a lo largo de todo el día (5.701 la línea L2A, 5.721 para la línea L2B), puede apreciarse que el reparto entre sentidos es del 50% -50%. Dada esta simetría diaria, se pueden asumir como un comportamiento lógico de desplazamiento, que, una vez elegido el modo de transporte, el usuario realiza el trayecto de ida y vuelta en el mismo modo. Es decir, en este caso una persona que utiliza la línea 2 para el desplazamiento de ida, utilizará la misma línea para el trayecto de vuelta.

Aparte de la línea 2, también se tendrá en cuenta para estimar el futuro número de usuarios a las otras actuales líneas de bus que coincidan en algún tramo con la nueva ruta a implantar para el sistema BRT.

Estas son,

- Línea 4, Lakua – Mariturri
 - Es la línea que menos coincide con el trazado, una manzana y dos futuras parada.
- Línea 6, Zabalzana – Arkaiate

- Esta línea es importante fijarse, ya que comienza y termina en los barrios que estamos estudiando.
- Línea 7, Borinbizkarra – Salburua
 - También es una línea que no coincidirá mucho con nuestra ruta, justo al llegar a Salburua. La línea 7 se detiene al principio de la calle mientras que el BRT, recorrerá la arteria principal del barrio.
- Línea 8, Universidad
 - Con esta línea, tampoco coincidirá mucho, simplemente en la zona de la universidad. Pero, es importante fijarse en ella, ya que es un punto estratégico, ya que muchos jóvenes utilizan este servicio a diario para llegar a la Universidad.

También, nos fijaremos en el tranvía. Este, nos ayudará a conocer el factor de crecimiento que tiene la implantación de un modelo nuevo de transporte en la ciudad de Vitoria.

Necesitaremos conocer también los diferentes factores que nos harán calcular con más precisión la futura demanda del BRT. Estos factores nos ayudarán a calcular con precisión la capacidad que tendrá el BRT y por lo tanto poder dimensionarlo en el estudio.

Factor de crecimiento,

Este nos ayudará a calcular la demanda en unos años vista. Este factor se calculará contrastando y comparando los datos de pasajeros en los transportes públicos Vitorianos, tanto autobuses como el tranvía.

Factor de llamada o efecto llamada,

Este factor, es clave para ayudar a calcular el primer año de demanda. Este factor, es el que nos calcula el efecto llamada que tienen los nuevos y mejorados transportes en una ciudad, es decir, que al instalar algo novedoso en una ciudad, habrá muchos ciudadanos que comiencen a usar el servicio público, ya sea por proximidad a sus destinos o por mayor rapidez en recorrer el trayecto.

Para obtener las proyecciones de demanda futura, teniendo en cuenta el comportamiento de la demanda similar al mostrado con la implantación del tranvía y la reordenación de las líneas de autobús, la hipótesis de demanda considerada consiste en un crecimiento del:

- 4% durante los 5 primeros años debido al efecto llamada que provocará en los usuarios la implantación de un sistema de altas prestaciones similar al tranvía
- 0,7% para el resto del periodo de estima un crecimiento basado en la estabilización de la demanda, durante los 10 siguientes años.

Con los datos obtenidos del análisis de la demanda, se realizará el dimensionamiento del sistema, teniendo en cuenta que para dimensionar un sistema de transporte se debe tener una oferta superior a la demanda, de forma tal que todo usuario que quiera hacer un viaje pueda hacerlo, pero si se sobredimensiona la oferta se incrementan notablemente los costes, por lo que la oferta y la demanda deben estar compensadas.

En la siguiente tabla, podemos comprobar el crecimiento de viajeros que ha sufrido la línea dos de autobuses de Vitoria, de aquí extrapolamos el crecimiento.

	L2A	L2B	L2
2.010	1.248.795	1.187.379	2.436.174
2.011	1.282.436	1.243.210	2.525.646
2.012	1.279.805	1.265.863	2.545.668
2.013	1.336.943	1.309.300	2.646.243
2.014	1.359.610	1.330.385	2.689.995
2.015	1.479.161	1.459.467	2.938.628
2.016	1.530.759	1.521.549	3.052.308

Tabla 18 Crecimiento pasajeros líneas autobús Vitoria

	L2A	L2B	L2
Promedio de crecimiento	103,49%	104,25%	103,87%

Tabla 19 Promedio crecimiento usuarios Vitoria

A continuación, se muestra el desarrollo y crecimiento que ha sufrido el tranvía en Vitoria desde su inauguración en el año 2009.

TRANVIA	PASAJEROS
2009	4.600.000
2010	6.970.000
2011	7.400.000
2012	7.200.000
2013	7.200.000
2014	7.500.000
2015	7.700.000

Tabla 20 Usuarios tranvía 2009 - 2015

Aquí el crecimiento es mucho mayor, debido al factor llamada. Se observa que el primer año es un crecimiento de un 1,51, los años siguientes el crecimiento se estabiliza mucho.

De aquí, podemos observar como un novedoso sistema de transporte, provoca una gran llamada a nuevos usuarios.

Para dimensionar la demanda que tendrá el BRT en los siguientes años, nos valdremos de los datos de las demandas actuales de las líneas de TUVISA. Compararemos las líneas que afectan a nuestro recorrido, y se valorará un porcentaje, calculando así el número de pasajeros que cambiarán su método de transporte actual, por el futuro BRT.

Porcentaje estimado de usuarios que, de cada línea, cambiarán su método de transporte.

Línea 4, Lakua – Mariturri. □ 10%

Esta línea, es de las que se cruza con el recorrido, de las que menos afecta a la futura línea BRT, pero por proximidad y comodidad a futuros usuarios,

Línea 6, Zabalgana – Arkaiate □ 40%

Línea 7, Borinbizkarra – Salburua □ 10%

Línea 8, Universidades □ 50%

L4 – Lakua Mariturri	1.976.435	10%	197.644
L6 – Zabalgana Arkaiate	2.281.385	40%	912.554
L7 – Borinbizkarra Salburua	1.622.854	10%	162.285
L8 – Universidad	771.720	50%	385.860
L2 (L2A + L2B) – Periférica	2.938.628	50%	1.469.314
Total usuarios			3.127.657

Tabla 21 Porcentaje de uso de las líneas

A continuación, se muestra la tabla con la demanda prevista a 5 años. Simplemente siguiendo la tendencia de crecimiento establecido del 4%.

	Factor de crecimiento	Pasajeros
2017	1,04	3.127.657
2018	1,04	3.252.763
2019	1,04	3.382.874
2020	1,04	3.518.189
2021	1,04	3.658.916
2022	1,04	3.805.273

Tabla 22 Demanda prevista para BRT en 5 años

1.6.2. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Una vez definidas las características que requiere un sistema de transporte público urbano para la ciudad de Vitoria - Gasteiz, se han llegado a las siguientes conclusiones:

No sería aconsejable el METRO debido a su:

DEMANDA; Vitoria – Gasteiz, no requiere una demanda tan elevada.

En la línea de autobuses más utilizada el máximo número de usuario no llega a 600 personas por hora y sentido como se verá más adelante.

Para la implantación de un metro se necesita que sean al menos 30.000 personas por hora y sentido.

FLEXIBILIDAD; No es un sistema flexible. Las líneas son inamovibles, si la demanda no es la esperada no hay mucho que hacer, mientras un sistema basado en autobuses presenta una gran flexibilidad que permite ajustarse a cambios demográficos.

BUEN SERVICIO; Imposibilidad de llegar a todos los barrios.

IMPACTO AMBIENTAL; Para su construcción el impacto ambiental sería muy elevado.

LARGA IMPLANTACIÓN; 6 - 8 años

No sería aconsejable el TRANVÍA debido a su:

- **DEMANDA;** Estudios realizados acerca del tranvía recomiendan su implantación para una demanda mínima de 6.000 personas por hora y dirección. Y como se ha comentado antes, las líneas de mayor utilización están muy por debajo de esa demanda.
- **FLEXIBILIDAD;** No es un sistema flexible, al igual que el metro, con la desventaja respecto al metro de circular en superficie.
- Se daña la imagen de la ciudad con catenarias
- **COSTES;** Al ser un tramo bastante grande (alrededor de 9km), los costes se dispararían.
- **IMPLANTACIÓN MEDIA;** 3 – 5 años.

EL SISTEMA ELEGIDO ES EL BUS RAPID TRANSIT (BRT):

- **DEMANDA;** Niveles de demanda adecuados
- **FLEXIBILIDAD;** Al ser un sistema basado en autobuses es un sistema muy Flexible
- **BUEN SERVICIO;** Debido a las características que poseen estos sistemas las frecuencias son pequeñas. Además, se consiguen llegar a todos los barrios sin excluir a ninguno por sus condiciones de estar localizado en zonas altas o calles estrechas.
- **CORTA IMPLANTACIÓN;** 12-18 meses

Dado que este sistema no es muy conocido en España y tampoco existen muchos ejemplos se va a estudiar con mayor detenimiento. Porque, aunque no se conozca demasiado en el Estado Español aún, ya se ha implantado en multitud de países y ciudades tanto europeas como americanas o asiáticas, como hemos podido ver anteriormente.

1.6.3. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

A continuación, se expondrán dos trazados diferentes y sobre unos criterios definidos, se optará por una de las alternativas. Existen muchos otros trazados alternativos, pero se ha optado por los que mejor cumplan los requisitos para nuestro propósito.

Los trazados que se presentan, son ambos la unión de los barrios de Zabalgana y Salburua. Uno de ellos los uniría por la zona norte de la ciudad, y el otro, por la zona sur. Ambas son alternativas para un trazado lineal de ida y vuelta.

Descripción de alternativas

1ª Alternativa. Unión por el Sur.

Esta alternativa, une entre si las principales avenidas de cada barrio, uniéndolas por la ruta más rápida. Esta es las calles Zumaquera y Salbatierrabide.

La ampliación del tranvía a la zona Sur, que se está llevando a cabo, terminará en la calle Zumaquera, por lo que sería un enlace entre estos dos sistemas de transporte. Lo que conectaría indirectamente a la línea del BRT con todo el norte y el centro de la ciudad. También conectaría los dos barrios con la Universidad. Lo que puede ser un factor determinante, ya que en Zabalgana y Salburua, se encuentra una gran parte de los jóvenes Vitorianos.

Esta alternativa, tiene como objetivo conectar ambos barrios de forma rápida y efectiva. El coste de esta alternativa, no sería muy elevado, ya que une ambos barrios por la ruta más corta y por grandes avenidas, lo que significaría que las actuaciones requeridas para implantar este sistema de transporte, serían reducidas.

Ambos extremos de las rutas finalizarán haciendo el cambio de sentido dando la vuelta a las rotondas, en esta maniobra no tendrá prioridad sobre el resto de vehículos.

2ª Alternativa. Unión por el norte.

Esta alternativa, es también lineal, de ida y vuelta, pero en este caso uniendo los dos barrios por la zona norte de la ciudad. Esta alternativa tiene una ruta más larga que la anterior, uniendo más barrios, pero por consecuencia, tendrá unos costes más elevados.

Esta ruta, uniría también las dos avenidas principales de ambos barrios, conectándolos también con otros importantes núcleos de la ciudad como son la estación de autobuses y la intermodal del tranvía, en el boulevard Euskal Herria. También nos conectaría con el centro comercial el BULEVARD, en la calle Zaramaga.

1.6.4. TOMA DE DECISIONES

Criterios

La toma de decisiones de este análisis de alternativas se va a realizar atendiendo a los siguientes criterios.

- Coste de la infraestructura
- Demanda – Beneficio
- Afecciones

Coste de la infraestructura.

El coste es un criterio de gran importancia. Asumir grandes costos, conlleva grandes riesgos. Usualmente las líneas de BRT cuestan entre 1 y 6 millones de euros por kilómetro

Demanda beneficio

La demanda del servicio que va estrictamente ligada a los beneficios generados por los clientes es el criterio más relevante, pues proyectos de esta índole se realizan para ofrecer a los ciudadanos servicios necesarios. Los beneficios económicos también son de gran importancia porque son los que harán de este proyecto una gran inversión de futuro.

Tenemos varios puntos a observar en Vitoria,

- Complejo deportivo de Mendizorrotza, fútbol, frontones....
- Parkings disuasorios
- Centros comerciales
- Estación de autobuses – trenes
- Conexión con el resto de transportes públicos.
- Zona turística
- Campus universitario

A estos puntos de interés concreto.....

Afecciones

Una obra de esta índole, así como un transporte que requiere un carril segregado repercuten de muchas formas al tráfico, a otros servicios de transporte, servicios de recogida de basura y las molestias por obras. Es por todo esto, que se debe tomar en consideración este criterio para la toma de decisiones.

- Servicios de transporte público
- Afecciones al tráfico.

La línea de BRT, se cruzará con otras líneas de autobuses convencionales de Vitoria. Esto, se solucionará, dejando a los autobuses que utilicen el nuevo carril segregado y pudiendo usar las mismas paradas.

Se estudiará en un periodo de 6 meses, la demanda de las líneas que cruzan con el nuevo sistema de transporte. Y pasado este tiempo, se concluirá si estas han bajado en usuarios en favor al BRT, a desplazarlas o directamente suprimirlas.

Toma de decisiones

Comenzando por el criterio del coste, la alternativa del trazado sur, al ser menor distancia recorrida, su coste será menor. Posee también menos paradas, con el gasto que estas conllevan.

Un trazado más largo, necesita una mayor superficie, lo que conlleva a un aumento de afecciones. El tráfico se verá limitado en numerosas calles. Aun así el BRT está diseñado para que se reduzcan los desplazamientos en coche.

Las afecciones a los servicios de recogida, serán mayores en la alternativa de la zona norte, ya que, al ser mayor recorrido, consecuentemente serán mayores.

En este caso, el caso de la demanda beneficio es el que nos hace tomar la decisión. Otorga un gran servicio al público. Aparte de unir ambos barrios, conecta con el complejo deportivo de Mendizorrotza, estadio de fútbol donde juega el Deportivo Alavés. Y con capacidad para 20 mil personas. Lo que, en días de partido, es un gran desahogo para la ciudad, evitando la acumulación de coches. Por no olvidarnos que conectaría dos de los barrios con más jóvenes de la ciudad con el campus universitario, lo que nos asegura usuarios todos los días entre semana.

Así que el trazado elegido, será el de la zona Sur.

1.6.5. OPERACIÓN

Una vez calculada la demanda que tendrá nuestra línea, hay que calcular el número de autobuses necesarios para cubrir esta demanda.

Dimensiones y configuración de autobús de 18 metros	
Peso por eje	7500kg / 10000kg / 11500kg
Peso total en vacío	16960kg
Peso total autorizado	28000kg
Peso total para carga de 10 pas/m ²	30500kg (5puertas) y 29430kg (4 puertas)
Número de ejes	3
Número de módulos	2 coches
Longitud	18730mm
Anchura	2550mm
Altura máxima	3300mm
Altura del suelo	350mm (coche 1) y 380mm (coche 2)
Altura en peldaño (puertas)	320mm (coche 1) y 340mm (coche 2)
Posibilidad de puerta a ambos lados	Si
Plazas totales	160
Plazas sentados	38 (5 puertas) / 46 (4 puertas)
Plazas para minusválidos	4 (5 puertas) / 12 (4 puertas)
zonas para sillas de ruedas y numero de posiciones para sillas de ruedas y/o cochecitos	2
Ocupación por m ² para 4, 6, 8 y 10 pasajeros/m ²	5 puertas (102, 135, 167, 200) y 4 puertas (100, 128, 155, 183)
Paso libre en apertura de puertas	altura>2100mm. Ancho libre; Puerta 1 >1100mm, puertas 2, 3, y 4, 1200mm y puerta 5 1050mm

Tabla 23 Configuración autobús eléctrico 18 metros.

Partimos de que hay que cubrir una demanda máxima de alrededor de 600 pasajeros por hora y por sentido. Esta estimación, es el número de pasajeros que habrá en el momento de iniciar el sistema de transporte, es decir hay que calcularlo para el crecimiento que sufrirá a lo largo de los años.

Para calcular el número de autobuses que se necesitarán, hay que tener en cuenta todos los tiempos, no solo el tiempo de recorrido. Sabemos que el tiempo de carga es de 6 minutos en la estación. Una carga completa, da una autonomía de 37 km, pero se ha decidido hacer una carga por hora. Solamente habrá una estación de carga, ya que será suficiente para abastecer a todos los autobuses.

El autobús, tiene un tiempo de recorrido de 15 minutos, al final de cada sentido, tarda 1 minuto más en dar la vuelta e incorporarse al otro sentido (este tramo se hará sin pasajeros y sin la prioridad semafórica del resto del trayecto).

Esto nos da un total de 32 minutos en dar una vuelta completa, sin contar la carga, que se hará cada 2 vueltas completas, y serán 6 minutos por carga.

Se ha decidido, mantener las mismas frecuencias que tienen los actuales autobuses de Vitoria – Gasteiz,

Laborables;

- 06:00 – 07:00 cada 20 minutos
- 07:00 – 21:30 cada 10 minutos
- 21:30 – 22:10 cada 20 minutos

Sábados;

- 07:00 – 23:15 cada 15 minutos

Domingos y festivos

- 08:00 – 22:30 cada 20 minutos

En la frecuencia más corta, 10 minutos,

$$\frac{1 \text{ autobús}}{10 \text{ min} * \text{sentido}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} * \frac{160 \text{ pasajeros}}{1 \text{ autobús}} = 960 \frac{\text{pasajeros}}{\text{hora}}$$

Ecuación 7

Como podemos comprobar, la capacidad disponible del sistema BRT, es muy superior a la máxima requerida.

También, se calculan la capacidad del sistema con una frecuencia de autobuses de 15 y 20 minutos.

$$\frac{1 \text{ autobús}}{15 \text{ min} * \text{sentido}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} * \frac{160 \text{ pasajeros}}{1 \text{ autobús}} = 640 \frac{\text{pasajeros}}{\text{hora}}$$

$$\frac{1 \text{ autobús}}{20 \text{ min} * \text{sentido}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} * \frac{160 \text{ pasajeros}}{1 \text{ autobús}} = 480 \frac{\text{pasajeros}}{\text{hora}}$$

Número de servicios						
	Horario	Frecuencia	Minutos totales	Servicios diarios	Servicios semanales	Servicios anuales
Días laborables	06:00 - 07:00	20 min	60 min	3	460	
	07:00 - 21:30	10 min	870 min	87		
	21:30 - 22:10	20 min	40 min	2		
Sábados	07:00 - 23:15	15 min	975 min	65	65	
Domingos y Festivos	08:00 - 22:20	20 min	860 min	42	42	
					567	58.968

Tabla 24 Número total de servicios anuales

La anterior tabla, refleja el número totales de servicios que harán ambas líneas a lo largo de un año entero.

Primero, se calculan el número de servicios diarios que se harán en cada horario, y con eso, contando que un año tiene 52 semanas, se calculan los servicios anuales para las 2 líneas.

Un total de 58.968 servicios en un año, equivale a 364.835 km anuales recorridos por la flota de autobuses.

A partir de los horarios, frecuencias, tiempos de recorrido y circulaciones, se obtiene la flota necesaria que se adapte a los valores de demanda, tanto en situación inicial como en horizonte.

Para un tiempo de recorrido de 15 minutos más 1 minuto a cada extremo para reincorporarse al servicio y los 6 minutos de carga tras 2 ciclos completos, son necesarios 4 autobuses (de 18 metros) más un 10% de reserva, dedicado a tareas de mantenimiento, dando **un total de 5 autobuses**.

Este cálculo, se ha hecho para la frecuencia más desfavorable, la de 10 minutos. Para el resto de frecuencias son necesarios menos autobuses. Pero para el cálculo total, hace falta el más desfavorable.

Como el resultado de todos los valores obtenidos previamente, se procede al dimensionamiento de la plantilla, con el fin último de conocer los costes asociados a la operación y mantenimiento.

Partiendo del número de horas de conducción anuales, se calcula el número de conductores que se precisan para esta línea considerando las siguientes hipótesis;

- En un turno se incluyen 8 horas de conducción
- Un conductor trabaja 200 días al año
 - 104 días de fin de semana
 - 14 festivos
 - 30 vacaciones
 - 8 formación, enfermedad...
- Horas trabajo semanales, 40
- Horas de trabajo anuales 1.600

El número de horas de conducción requeridas en nuestra línea, son:

$$58.968 \times 16 \text{ minutos} = 15.725 \text{ horas}$$

Para realizar el cálculo de la plantilla, partimos del número total de horas de trabajo en términos anuales, aplicamos un coeficiente de productividad, del 20% y podremos calcular el número de conductores estrictos, N_c :

$$N_c = \frac{H \text{ anuales}}{1.250 \text{ Horas/Conductor}}$$

Ecuación 8

Con todos estos supuestos, obtenemos una plantilla de **40 conductores**.

1.6.6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Los sistemas BRT siempre buscan un objetivo común: ser sistemas de alta calidad y tránsito rápido. El modo en el cual el nuevo sistema se integra en el entorno urbano de la ciudad, es crucial para conseguir el nivel de servicio buscado, un nivel de segregación adecuado, una integración modal y energética que fomente la conectividad y aportar una imagen específica de la infraestructura que se fácilmente reconocible e identificable con un medio de transporte seguro y confiable.

La futura línea de bus de altas prestaciones, tendrá la función de unir los dos nuevos barrios Zabalgana y Salburua, de una forma rápida y eficaz. Aparte de tener una gran conectividad con el resto de transportes públicos ya integrados en la ciudad, tranvía y autobuses urbanos.

El trazado posee una longitud de 6.3 km.

Los recorridos de ida y vuelta, transcurren todo el trayecto por las mismas calles.

Las calles por las que circula, son en su mayoría amplias, con dos carriles de circulación y aparcamiento. El carril bus tendrá una anchura de 3.50m, en algunos casos superior a la anchura de los carriles existentes. El carril bus quedará físicamente separado del tráfico mediante bordillos y señalizado con marcas viales. Solo en las zonas de cruce desaparecen los bordillos para permitir el paso de vehículos.

La zona más restrictiva del trazado, se encuentra en la calle Zumaquera en la manzana entre las calles Comandante Izarduy y Alberto Schommer, en la que se eliminarán los carriles de circulación para los vehículos, estos se desviarán por las calles adyacentes, puesto que la sección de la calle es mucho más reducida que en el resto del trazado. Las plazas de parking tras la acera norte, se mantendrán y su acceso, será desde la calle perpendicular. Para el acceso a las mismas, se colocará un semáforo que evite colisiones al acceder al parking.



Ilustración 35 Calle Zumaquera, a su paso por Hegoalde

En la calle Salbatierrabide, existe actualmente un carril reservado para bus por lo que, en estas zonas, no habrá apenas modificaciones.



Ilustración 36 Calle Salbatierrabide

Por último, en cuanto a la línea se refiere, el autobús entrará fuera de servicio tras la última parada y lo estará hasta su nuevo arranque, esto en

ambos lados. El estar fuera de servicio, supone que el autobús transcurrirá por la calzada como un vehículo más, sin privilegios de carril ni semafóricos.

En ambos finales de tramo, el cambio de dirección y nueva incorporación a la línea, será dando la vuelta a una rotonda.

La carga, se llevará a cabo en la primera parada de Zabalgana. Esta se hará mediante un pantógrafo mientras espera a reincorporarse al servicio. Esta será una carga rápida de 5 minutos. Suficiente para completar el recorrido.



Ilustración 37 Fin de recorrido en Avda. Zabalgana



Ilustración 38 Fin de tramo en Bulevar Salburua

Descripción en planta

El trazado, comienza en la Avenida de Zabalzana dirección sur. Esta calle es amplia y de doble sentido, con una amplia mediana ajardinada que separa ambos sentidos. Dejando atrás la rotonda que servirá a nuestro BRT para terminar un ciclo e incorporarse al siguiente, tenemos la primera parada. En la misma avenida, tendremos la segunda parada. Al terminar dicha avenida, nos encontramos con una de las rotondas más grandes de Vitoria, La Antonia. Esta tiene 6 posibles salidas y entradas, el BRT cogerá la cuarta salida, y encarará la calle Portal de Castilla, en donde está la siguiente parada.

Tomará en el siguiente cruce la salida a la derecha y en esa calle, Rosalía de Castro estará la siguiente parada. Siguiendo recto, comienzan las calles Salbaterrabide y Paseo de la Zumaquera, estas dos grandes avenidas, cruzan prácticamente de este a oeste la ciudad. En este tramo de aproximadamente 2,30 km, se encuentran las siguientes 5 paradas. A continuación, comenzamos la calle Jacinto Benavente, esta será un tramo rápido, ya que no se comunica con nada. Una vez pasamos por debajo las vías del tren, encararemos la calle Florida hasta el barrio de Salburua. En esta calle se coloca una sola parada. Una vez en el barrio de Salburua, simplemente recorreremos su arteria principal, el Bulevar de Salburua, en la que se ubicarán las dos últimas paradas antes de llegar a la rotonda final, la que utilizará para volver a incorporarse al nuevo sentido.

La vuelta, como hemos comentado, es el mismo recorrido, pero a la inversa. No sufre desvíos ni debe tomar otras calles por problemas de circulación.

1.6.7. PARADAS

En función de la inserción urbana y de los puntos de demanda, se ha determinado el número de paradas y la ubicación más idónea para las mismas.

El trazado seleccionado posee 13 paradas por sentido. La mayoría, serán de doble sentido, mientras que otras se encuentran en posiciones cercanas, pero no frente a frente. Todas las paradas tendrán estacionamiento obligatorio, es decir que se realizará la detención a pesar de que no haya ningún usuario. Esto hará que la frecuencia y la distancia entre autobuses esté todo el rato definida.

El diseño de las paradas, será claro, funcional e integrado en la imagen conjunta de la línea de transporte masivo. La parada servirá para proteger a los usuarios de las inclemencias del tiempo y se dispondrá una marquesina sobre bancos y máquinas automáticas de venta de billetes.

Los nombres de las paradas son,

- Zabalgana Final
- Zabalgana
- Portal de Castilla
- Rosalía de Castro
- Mendizorrotza
- Calle Álava
- Universidades (unión con tranvía)
- Hegoalde
- San Ignacio
- Calle Florida
- C.C. Salburua
- Salburua
- Salburua Final

Con respecto a los parámetros mínimos establecidos en las paradas, se aconseja una pendiente máxima recomendable en parada del 2% para favorecer la accesibilidad de las personas con movilidad reducida (no obstante en las calles donde se deba incluir una estación en mayor pendiente se ajustará a la orografía existente).

La longitud y altura del andén debería ser coordinada con la altura y longitud del autobús, será así de 20 metros de longitud de plataforma y una altura sobre calzada de 350mm. En el diseño de las dimensiones y rampas de acceso a la parada se respetarán las normas de accesibilidad y las ordenanzas urbanísticas.

Los pavimentos serán antideslizantes y serán identificativos de las zonas de espera. Se utilizarán también baldosas podotáctiles para el borde de la plataforma.

Uno de los principales problemas que presenta un sistema de autobuses, frente a uno guiado, es la aproximación al andén en las paradas, para asegurar la accesibilidad a las personas con movilidad reducida.

En los últimos años, en redes de transporte público de autobuses Vitoriana, se están incorporando una estructura de borde de andén que permite reducir la distancia entre la puerta del autobús y la parada. Dicha estructura se muestra en la imagen siguiente:



Ilustración 39 Detalle de bordillo de andén. Actualmente en Vitoria



Ilustración 40. Actual andén Vitoria

El espacio existente no capacita la creación de bahías centrales. Se recomienda realizar siempre la misma ubicación de las paradas, por lo que todas estarán dispuestas a la derecha del carril.

2. CONCLUSIONES

Finalmente, se observa, que la implantación del sistema de transporte BRT en la Ciudad de Vitoria Gasteiz, es viable, está en los márgenes fijados, tanto de demanda, como de costo y por supuesto de contaminación.

Las conclusiones y principales mejoras que se obtienen gracias a la implantación del sistema de autobuses de alta calidad en Vitoria Gasteiz, son las que brevemente se citan a continuación.

VELOCIDAD

Para atraer a usuarios del transporte privado al transporte público es muy importante la rapidez, característica que está íntimamente ligada a la fiabilidad del servicio.

En un principio las personas no dejarán de usar su vehículo privado sin saber a qué hora llegarán a su destino, pero ¿cómo se puede asegurar esa fiabilidad del servicio con la cantidad de agentes externos que afectan a los sistemas de autobús convencional?

Mediante la priorización semafórica, implantación de plataformas reservadas para el bus, permitiendo el acceso por todas las puertas y mejorando la accesibilidad.

Con esta serie de mejoras se reducen los tiempos de recorrido, se incrementa la rapidez del servicio y por otro lado se mejora la imagen, aportando confianza y tranquilidad para utilizar el servicio regularmente ya que los usuarios saben a qué hora salen y llegan a su destino.

El acceso por todas las puertas y la mejora de la accesibilidad en las subidas y bajadas de los viajeros evita que un factor muy importante como es el tiempo de carga de viajeros durante el recorrido ya no sea tan aleatorio como en el sistema convencional y se pueda controlar y estimar de una manera mucho más fiable. Con el sistema convencional a la hora de efectuar la carga de 20-25 viajeros el autobús podía estar estacionado en la parada alrededor de 2,5 o 3 minutos, con este sistema de alta calidad el tiempo se reduciría a 20 segundos aproximadamente.

La implantación de un mayor número de carriles-BUS protegidos o no, también repercute en el aumento de la fiabilidad y rapidez del servicio porque con estas plataformas reservadas se evita el problema de las congestiones y atascos que aparecen en la ciudad en horas punta del día.

Estas medidas además de rapidez al sistema aportan fiabilidad del servicio que se traduce en un incremento de usuarios y una mejora de la imagen de la empresa.

CALIDAD

Con las mejoras que vamos a incluir en este apartado buscamos que este servicio, dé respuesta a las necesidades actuales y no se quede obsoleto en un plazo medio-largo.

Se va a mejorar la accesibilidad tanto en los accesos a las paradas como en los accesos al autobús. Esta medida conlleva que todo tipo de personas puedan utilizar este servicio público urbano ya sean personas con movilidad reducida, con cochecito de niño, con silla de ruedas...

Se va a aumentar la regularidad, la puntualidad en el servicio y además se va a informar a los viajeros tanto en el vehículo como en las paradas de los tiempos de recorrido, frecuencias, horarios, tiempos de espera....

Por otro lado, será un sistema cómodo en todos los sentidos, estará en un radio muy pequeño de nuestra vivienda y además el vehículo interiormente nos ofrecerá amplio espacio y confort.

Con estas mejoras en la calidad se pretende que el servicio no solo desplace a los viajeros a su destino, sino que también lo haga de una forma rápida, cómoda y por supuesto sin discriminar a ninguna persona por los problemas físicos que pueda tener o por residir en un barrio situado en zonas altas o con calles estrechas.

MEJORAS ECONÓMICAS

Los beneficios económicos se derivan de mejorar la rapidez y calidad en el servicio que aumenta el número de viajeros y reduce el número de autobuses y conductores para ofrecer el mismo servicio.

Por lo tanto, vemos que es un transporte público sostenible puesto que no pierde dinero, da servicio a gran parte de la población vitoriana y como veremos en el siguiente punto es respetuoso con el medio ambiente.

MEJORAS MEDIOAMBIENTALES

En un análisis del tipo de combustibles utilizado ya sea mediante el uso de biocombustibles o con vehículos híbridos se observan importantes reducciones en las emisiones contaminantes.

Esa reducción es importante, pero el mayor logro, es el que se deriva de la correcta gestión de los tres puntos anteriores puesto que se consiguen eliminar las emisiones contaminantes pertenecientes a los nuevos viajeros venidos/captados del vehículo privado. Y eso sí que es un verdadero logro en reducción de emisiones contaminantes.

Además, la reducción del número de usuarios del vehículo privado descongestiona el tráfico en la ciudad, lo cual deriva en un aumento del bienestar ciudadano (menos contaminación atmosférica y acústica, reduciendo enfados y nerviosismo, además de una mayor posibilidad de crear mayores espacios de ocio y esparcimiento.)

3. BIBLIOGRAFÍA, NORMATIVA Y ENLACES

BIBLIOGRAFÍA

Ayuntamiento Vitoria – Gasteiz.

Plan de Movilidad Sostenible y Espacio Público.

Gobierno Vasco.

Transporte y movilidad en Euskadi.

Xabier S. Sta. M. (2017)

Sistema BRT para los barrios de Miribilla y San Adrián. Bilbao UPV/EHU

Idom (2016)

Estudio de factibilidad técnica, financiera y legal del corredor óptimo del sistema de transporte integrado LRT (Tranvía) – BRT (Autobús) en la ciudad de Vitoria Gasteiz. Vitoria Gasteiz.

Compañía de tranvía de San Sebastián. (2009)

Implantación de un sistema de autobuses de alta calidad para Donostía, San Sebastián.

Compañía de tranvía de San Sebastián. (2008)

Mejora de la velocidad comercial de DBUS por agilización de acceso al autobús. San Sebastián

Linde, P. (6 de Marzo de 2017)

¿Qué tiene el transporte público en Medellín, para ser un modelo en Latinoamérica? El País.

Wright, L., Walter, H., & Pardo, C.F. (2010).

Guía de planificación de Sistemas BRT. New York: Institute for Transportation & Development Policy.

Vallejo, A.M. (2003)

Modelo analítico de previsión de la velocidad comercial de autobuses en zonas urbanas. CENIT.

Valencia, A., & Fernández, R. (2008)

Influencia del espaciamiento de paradas en la velocidad comercial en corredores de transporte público de superficie. Ingeniería de transporte.

Pizarro, A. (2005)

BRT vs LRT, Comparación de tecnologías para ejes de transporte público masivo. Quito

Geisa Jinnett Puerto Higuera (2017)

Determinación del sobrecosto requerido para vías con bajas velocidades de diseño en Colombia,

Mauttone, A. (2005)

Tesis sobre: Optimización de recorridos y frecuencias en sistemas de transporte público urbano colectivo.

Begoña Muñoz López & Gianni Rondinella (2017)

Informe de evaluación del plan de movilidad sostenible y espacio público y del plan director de movilidad ciclista de Vitoria Gasteiz.

ENLACES

- Ayuntamiento Vitoria Gasteiz

<https://www.vitoria-gasteiz.org/we001/was/we001Action.do?accionWe001=ficha&accion=home>

- Autobuses Vitoria Gasteiz (TUVISA)

<https://www.vitoria-gasteiz.org/we001/was/we001Action.do?accionWe001=ficha&idioma=es&accion=cuadroMando&claveArea=1&claveTema=2>

- Boletín oficial del estado

<https://www.boe.es/>

- Global BRT data

<https://brtdata.org/>

- Euskotren

<https://www.euskotren.eus/>

- Instituto geográfico nacional

<http://www.ign.es/web/ign/portal>

- Observatorio de transporte Euskadi

<http://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/transportes/oteus/>

- Visor GeoEuskadi

<http://www.geo.euskadi.eus/s69-bisorea/es/x72aGoeuskadiWAR/index.jsp>

- RAE

<http://www.rae.es/>

- Vitoria Gasteiz en Wikipedia

<https://es.wikipedia.org/wiki/Vitoria>

- Eustat

http://www.eustat.eus/municipal/datos_estadisticos/vitoria_gasteiz_c.html

NORMATIVA

- Norma 3 1-IC Trazado de la instrucción de carreteras (orden FOM/273/2016, de 19 febrero) BOE
- Norma 8 1-IC Señalización vertical de la instrucción de carreteras (orden FOM/534/2014 de 20 de Marzo) BOE
- Norma 8 2-IC marcas viales de la instrucción de carreteras (Orden de 16 de Julio de 1987) BOE
- Plan General de Ordenación Urbana de Vitoria Gasteiz. 2006
- Ordenanza municipal reguladora de la circulación Vitoria (Orden del 29 de Noviembre de 2013) BOTHA