



Co-financed by the Connecting Europe  
Facility of the European Union



Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto, Proyecto Constructivo de Referencia, Documentación Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una

## **Línea de Tranvía Este – Oeste en Zaragoza**

# **ANTEPROYECTO**

## **Anejo nº22. Demanda de los distintos modos de transporte**

Zaragoza, marzo de 2019





Co-financed by the Connecting Europe  
Facility of the European Union

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2. ANTECEDENTES Y VALIDACIÓN DE DATOS .....</b>	<b>5</b>
<b>3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. AÑO DE CÁLCULO.....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>5</b>
<b>3.3. PROYECCIONES DE LA DEMANDA .....</b>	<b>6</b>
<b>ANEXO 1. ESTUDIO DE VIABILIDAD. ESTUDIO DE DEMANDA .....</b>	<b>7</b>



Co-financed by the Connecting Europe  
Facility of the European Union

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Demanda horaria en hora punta por modo.....	5
Tabla 2. Demanda anual por modo .....	5
Tabla 3. Recorridos anuales por modo .....	6
Tabla 4. Proyecciones de demanda. % sobre demanda calculada.....	6



Co-financed by the Connecting Europe  
Facility of the European Union

## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente documento es llevar a cabo un estudio de demanda en la ciudad de Zaragoza para conocer la demanda potencial de viajeros que utilizarán el corredor de la futura línea este-oeste de tranvía. Los datos obtenidos en el estudio permiten, además, dimensionar los elementos del tranvía tales como paradas, acceso, talleres y cocheras, determinar la incidencia del tranvía en la red de autobuses actual y el tráfico en vehículo privado, así como las posibles incidencias en la red viaria de la zona de actuación. Asimismo, el estudio sirve como base para el estudio de explotación, y de costes e ingresos de la línea, analizados en otros documentos del presente Anteproyecto.

El estudio de demanda se ha efectuado a partir del análisis de los datos existentes y su actualización.

Los objetivos específicos del estudio de demanda son los siguientes:

- Conocer las pautas de movilidad actuales del área de estudio, a partir de la generación de una matriz OD construida con los datos disponibles (procedentes de estudios previos) y calibrada con los datos de aforos vehiculares y de demanda de las líneas de transporte público.
- Reorganización de la red de autobuses urbanos.
- Evaluar la demanda de la nueva línea de tranvía en sus diferentes alternativas.

## 2. ANTECEDENTES Y VALIDACIÓN DE DATOS

En fase de redacción del Estudio de Viabilidad se desarrolló el modelo de demanda para la línea este-oeste de Zaragoza, que sirvió de base para la obtención de resultados de demanda y recorridos en cada modo de transporte para cada una de las alternativas evaluadas (datos base 2014, proyectados a 2015).

Dentro del ámbito del Plan de Movilidad Sostenible se llevó a cabo una encuesta domiciliaria y una serie de encuestas complementarias en centros de atracción, a usuarios del transporte colectivo, ciclistas, peatones, zonas de intermodalidad, y a conductores en puntos acceso a la ciudad, permitiendo así conocer los hábitos de movilidad en el municipio de Zaragoza, para el año 2017, tomado como año base. Del resultado de la explotación de estas encuestas, que permiten la caracterización de la movilidad en el municipio de Zaragoza en el año 2017, no se percibieron desviaciones significativas respecto a los hábitos de desplazamiento contemplados en el estudio de la línea este-oeste (que fijaba como año base del estudio el año 2015), en la medida que indicaran la necesidad de modificar el modelo de demanda adoptado en su estudio de alternativas.

En la fase de redacción de Anteproyecto, se han verificado los resultados de dicho modelo, contemplando la nueva posición de paradas y la reordenación de bus asociada. Los resultados del modelo son muy similares a los obtenidos en la fase anterior (con variaciones inferiores al 1%). Es por ello que se validan los datos de demanda obtenidos en fase de Estudio de Viabilidad y que se recogen a continuación para la alternativa desarrollada (3A).

Como apéndice nº1 al presente anejo, se recoge el estudio de demanda realizado en fase de Estudio de Viabilidad.

## 3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

### 3.1. AÑO DE CÁLCULO

La demanda evaluada se estima correspondiente al año 4 de explotación del tranvía, es decir, una vez que la movilidad urbana se ha adaptado a la nueva configuración de la red de transporte.

### 3.2. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos para para la demanda en hora punta son los siguientes:

*Tabla 1. Demanda horaria en hora punta por modo*

HORA PUNTA	TRAYECTOS						
	ALTERNATIVA	COCHES sin ocup.	COCHES (*)	BUS	TRANVÍA	TRANVÍA L1	TRANVÍA L2
Situación actual		57.701	69.241	21.929	7.353	7.353	
Alternativa 3A		56.045	67.254	18.055	13.620	8.250	5.371

(\*) Nota: los trayectos en coche son el resultado de aplicar al número de vehículos una ocupación media de 1,2 pasajeros/vehículo (fuente: Ayuntamiento de Zaragoza).

Debe reseñarse que se ha considerado que el 75% de los usuarios actuales de transporte público son usuarios cautivos.

Aplicando los coeficientes de paso definidos anteriormente, se obtienen los siguientes resultados de demanda anuales:

*Tabla 2. Demanda anual por modo*

AÑO	TRAYECTOS						
	ALTERNATIVA	COCHES sin ocup.	COCHES (*)	BUS	TRANVÍA	TRANVÍA L1	TRANVÍA L2
Situación actual		226.013.982	271.216.778	89.231.924	26.848.118	26.848.118	
Alternativa 3A		219.525.662	263.430.794	73.468.226	49.730.481	30.120.169	19.610.312

Los resultados indicados corresponden a trayectos. Para transformar el dato de trayectos a viajeros sería necesario reducir el número de trayectos teniendo en cuenta los transbordos realizados, que alcanzan valores medios del 13,1% en el bus y del 8,5% en el caso del tranvía.

Los resultados anteriores corresponden a los siguientes kilómetros anuales recorrido en cada modo.

Tabla 3. Recorridos anuales por modo

AÑO	RECORRIDOS (KM)			
	VEH. PRIVADO	BUS	TANVÍA L1	TRANVÍA L2
Situación actual	896.751.439	18.464.753	1.337.213	
Alternativa 3A	887.100.842	15.017.215	1.337.213	1.038.649

Los resultados obtenidos para la línea este-oeste del tranvía corresponden al esquema de explotación recogido en el Documento nº6. Plan de Explotación del presente Anteproyecto.

### 3.3. PROYECCIONES DE LA DEMANDA

Dado que la Línea 1 de tranvía lleva operativa desde 2012 no existen datos para generar un modelo robusto de series temporales, ya que serían necesarios, al menos, 20 años de datos históricos.

Para la realización del estudio se propone un modelo de crecimiento para la línea este-oeste de tranvía basado en alcanzar la demanda calculada en 4 años, con un crecimiento de 80%-87%-94%-100%. Tras este crecimiento se estima un crecimiento del 1% durante 10 años, y posteriormente un crecimiento del 0,5% hasta el fin de la concesión.

Por tanto, los valores evaluados para la demanda anual en cada año de la concesión serán los siguientes:

Tabla 4. Proyecciones de demanda. % sobre demanda calculada

AÑO	Tasa crecimiento interanual	% sobre demanda calculada
Año 1		80,0%
Año 2		87,0%
Año 3		94,0%
Año 4		100,0%
Año 5	1,0%	101,0%
Año 6	1,0%	102,0%
Año 7	1,0%	103,0%
Año 8	1,0%	104,1%
Año 9	1,0%	105,1%
Año 10	1,0%	106,2%
Año 11	1,0%	107,2%
Año 12	1,0%	108,3%
Año 13	1,0%	109,4%
Año 14	1,0%	110,5%
Año 15	0,5%	111,0%
Año 16	0,5%	111,6%
Año 17	0,5%	112,1%
Año 18	0,5%	112,7%
Año 19	0,5%	113,3%
Año 20	0,5%	113,8%
Año 21	0,5%	114,4%
Año 22	0,5%	115,0%
Año 23	0,5%	115,5%
Año 24	0,5%	116,1%
Año 25	0,5%	116,7%
Año 26	0,5%	117,3%
Año 27	0,5%	117,9%
Año 28	0,5%	118,5%



Co-financed by the Connecting Europe  
Facility of the European Union



**Zaragoza**  
AYUNTAMIENTO

**ANEXO 1. ESTUDIO DE VIABILIDAD. ESTUDIO DE DEMANDA**



Consultoría y Asistencia Técnica para la redacción del Estudio de Viabilidad, Anteproyecto, Proyecto Constructivo de Referencia, Documentación Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una

## **Línea de Tranvía Este – Oeste en Zaragoza**

### **ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS**

#### **Anexo I. Estudio de Demanda**

Zaragoza, 27 de mayo de 2016





## ÍNDICE

<b>1. OBJETO Y ALCANCE .....</b>	<b>8</b>	<b>4.5. ELEMENTOS DEL GRAFO.....</b>	<b>23</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN DE ZARAGOZA .....</b>	<b>8</b>	<b>4.6. TRANSPORTE PRIVADO .....</b>	<b>24</b>
2.1. CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO.....	8	<b>4.7. TRANSPORTE PÚBLICO.....</b>	<b>25</b>
2.2. POBLACIÓN ACTUAL DE ZARAGOZA .....	9	4.7.1. Paradas actuales .....	25
2.3. EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE ZARAGOZA .....	11	4.7.2. Líneas actuales .....	28
2.4. URBANISMO Y POBLACIÓN DE ZARAGOZA .....	12	4.7.3. Horarios .....	29
2.5. MOVILIDAD EN ZARAGOZA.....	13	4.7.4. Velocidades comerciales actuales .....	31
2.5.1. Movilidad de los ciudadanos .....	13	<b>4.8. CORRECCIÓN DE RED.....</b>	<b>35</b>
2.5.2. Movilidad de los sistemas de transporte público colectivo .....	14	<b>4.9. DATOS PARA LAS MATRICES OD.....</b>	<b>35</b>
2.5.3. Movilidad de los sistemas de transporte público no colectivo.....	16	<b>4.10. MODELOS DE ASIGNACIÓN DE VIAJES PARA TRANSPORTE PRIVADO .....</b>	<b>35</b>
<b>3. DATOS DE PARTIDA .....</b>	<b>17</b>	<b>4.11. MODELOS DE ASIGNACIÓN DE VIAJES PARA TRANSPORTE PÚBLICO.....</b>	<b>36</b>
3.1. MODELO DE MICROSIMULACIÓN EN AIMSUN PARA TRANSPORTE PRIVADO .....	17	4.11.1. Procedimiento de asignación .....	36
3.2. MODELO DE MACROSIMULACIÓN EN TRANSCAD PARA TRANSPORTE PÚBLICO....	18	4.11.2. Cálculo de las frecuencias .....	36
3.3. AFOROS .....	18	4.11.3. Costes generalizados e impedancia .....	36
3.4. POBLACIÓN.....	18	4.11.4. Modelos de elección de embarques.....	37
3.5. DATOS BILLETAJE .....	18	4.11.5. Búsqueda de rutas .....	38
<b>4. MODELO DE DEMANDA PARA LAS ALTERNATIVAS ELEGIDAS.....</b>	<b>20</b>	<b>5. CALIBRACIÓN.....</b>	<b>38</b>
4.1. ZONIFICACIÓN .....	20	5.1. CALIBRACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PRIVADO.....	41
4.2. SOFTWARE .....	22	5.2. CALIBRACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PÚBLICO .....	42
4.3. DEFINICIÓN DEL PERIODO DE ANÁLISIS .....	22	<b>6. VALIDACIÓN DEL MODELO .....</b>	<b>42</b>
4.4. CODIFICACIÓN .....	23	6.1. TRANSPORTE PRIVADO .....	42
		6.2. TRANSPORTE PÚBLICO.....	43

6.2.1. Tranvía.....	43	<b>7.6. CÁLCULO DE LA DEMANDA EN EL AÑO DE PUESTA EN SERVICIO .....</b>	<b>49</b>
6.2.2. Bus.....	43	<b>7.7. RESULTADOS OBTENIDOS .....</b>	<b>51</b>
<b>7. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA .....</b>	<b>44</b>	7.7.1. Demanda de línea 2 del tranvía. Demanda inducida sobre línea 1. ....	51
<b>7.1. ALTERNATIVAS DE TRAZADO PARA LA LÍNEA 2 DEL TRANVÍA DE ZARAGOZA .....</b>	<b>44</b>	7.7.2. Demanda bus.....	52
<b>7.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA.....</b>	<b>45</b>	7.7.3. Tiempos en transporte público .....	53
<b>7.3. REORGANIZACIÓN DE LÍNEAS DE AUTOBÚS PARA LAS ALTERNATIVAS .....</b>	<b>45</b>	7.7.4. Modificaciones en el comportamiento del vehículo privado .....	53
<b>7.4. REORGANIZACIÓN DE LA RED VIARIA .....</b>	<b>45</b>	<b>7.8. PROYECCIONES DE LA DEMANDA .....</b>	<b>56</b>
7.4.1. Avenida de Madrid .....	45		
7.4.2. Calle Rioja.....	46		
7.4.3. Avenida de Navarra .....	46		
7.4.4. Calle del Conde Aranda .....	46		
7.4.5. Calle del Coso y PLaza de esPAÑA .....	46		
7.4.6. Calle Espartero - Plaza San Miguel .....	47		
7.4.7. Calle Escrivá de Balaguer .....	47		
7.4.8. Paseo María Agustín .....	47		
7.4.9. Paseo Pamplona.....	47		
7.4.10. Plaza Paraíso.....	47		
7.4.11. Paseo Constitución .....	47		
7.4.12. Paseo de la Mina.....	47		
7.4.13. Calle Miguel Servet.....	47		
7.4.14. Avenida San José.....	48		
7.4.15. Paseo del Canal.....	48		
7.4.16. Compromiso de Caspe y Rodrigo Rebolledo .....	48		
7.4.17. Prolongación de Tenor Fleta y conexión con Z-30.....	48		
7.4.18. Área de Intervención G-19/1 del PGOUZ.....	48		
<b>7.5. CÁLCULO DE LA DEMANDA EN HORA PUNTA .....</b>	<b>49</b>		

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de Zaragoza respecto a otras capitales de provincia .....	8	Ilustración 18. Longitud de las líneas de autobús de Zaragoza (km) .....	29
Ilustración 2. Población de Zaragoza por edad y sexo (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015) .....	10	Ilustración 19. Frecuencias de las líneas de autobús de Zaragoza (min) .....	30
Ilustración 3. Distribución de las viviendas ocupadas censadas en Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015).....	10	Ilustración 20. Velocidad comercial de las líneas de autobús de Zaragoza (km/h) .....	32
Ilustración 4. Población por Juntas Municipales (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015).....	10	Ilustración 21. Línea 1 de tranvía y red codificada en el modelo de macrosimulación de Visum .....	33
Ilustración 5. Población por Juntas Vecinales (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015).....	11	Ilustración 22. Líneas de autobús y tranvía codificadas en el modelo de macrosimulación de Visum .....	34
Ilustración 6. Evolución por sexos de la población de Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015).....	12	Ilustración 23. Ejemplo de correcciones requeridas por la red importada .....	35
Ilustración 7. Distribución de la población en el municipio de Zaragoza .....	13	Ilustración 24. Impedancia y tiempo de viaje.....	37
Ilustración 8. Modelo de microsimulación de Aimsun para transporte privado .....	18	Ilustración 25. Flujo de información para la obtención de la matriz corregida.....	39
Ilustración 9. Datos de billeteaje (sube) por paradas de autobús y tranvía de un día medio laborable (28 de mayo de 2014)..	19	Ilustración 26. Proceso de calibración de la matriz.....	39
Ilustración 10. Zonificación en el modelo de macrosimulación de Visum.....	21	Ilustración 27. Calibración por conteos del tráfico privado.....	42
Ilustración 11. Aforos de las estaciones permanentes y su promedio para un día medio laborable .....	22	Ilustración 28. Calibración por parada del tranvía .....	43
Ilustración 12. Comparativa gráfica entre modos de transporte para el día medio laborable .....	22	Ilustración 29. Calibración por zona del bus .....	43
Ilustración 13. Vista general de las paradas de autobús y tranvía codificadas en el modelo de macrosimulación de Visum ...	25	Ilustración 30. Plano de alternativas.....	44
Ilustración 14. Cobertura de las paradas de autobús y tranvía de Zaragoza.....	26	Ilustración 31. Plano de la actuación G-19/1.....	48
Ilustración 15. Paradas de autobús, según las líneas a las que pertenecen.....	27	Ilustración 32. Distribución horaria de los modos de transporte para el día medio laborable.....	49
Ilustración 16. Ejemplo de línea de autobús codificada en el modelo de macrosimulación de Visum. ....	28	Ilustración 33. Malla de tráfico de vehículo privado. Situación actual.....	53
Ilustración 17. Distribución de los pasajeros entre las líneas de autobús de Zaragoza (pasajeros/línea/día) .....	29	Ilustración 34. Malla de tráfico de vehículo privado. Alternativa 1 .....	55

---

Ilustración 35. Malla de tráfico de vehículo privado. Alternativa 2 .....	55
Ilustración 36. Malla de tráfico de vehículo privado. Alternativa 3 .....	55
Ilustración 37. Malla de tráfico de vehículo privado. Alternativa 4 .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen Demográfico de Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015) .....	9	Tabla 12. Longitud de línea (km) de transporte urbano en Zaragoza y otras ciudades españolas Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014 .....	16
Tabla 2. Evolución de la población de Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015).....	12	Tabla 13. Velocidad comercial en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014 .....	16
Tabla 3. Distribución de los habitantes entre Juntas Municipales y Vecinales (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015) .....	12	Tabla 14. Características de los sistemas públicos de alquiler de bicicletas en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014.....	17
Tabla 4. Características generales de las áreas metropolitanas 1/1/2013. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 (Valencia) y 2013 (resto ciudades).....	13	Tabla 15. Infraestructuras de carriles bici en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013 .....	17
Tabla 5. Características de los desplazamientos diarios en Zaragoza y otras ciudades españolas Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013.....	14	Tabla 16. Tipologías de arcos del modelo de microsimulación de Aimsun .....	18
Tabla 6. Medios de transporte empleados en los desplazamientos diario en Zaragoza y otras ciudades española. Reparto modal. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013.....	14	Tabla 17. Comparativa numérica entre modos de transporte para el día medio laborable .....	23
Tabla 7. Distancia media recorrida en los medios de transporte público en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013.....	14	Tabla 18. Tipologías de arcos del modelo de macrosimulación de Visum .....	24
Tabla 8. Demanda de los sistemas de transporte público medido en viajeros-km en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, AUZSA 2014 y Tranvías de Zaragoza 2014 .....	15	Tabla 19. Líneas de autobús de Zaragoza .....	28
Tabla 9. Oferta de los sistemas de transporte público (vehículos-km) en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014.....	15	Tabla 20. Número de viajeros y km recorridos por las líneas de autobús de Zaragoza. Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza. ....	28
Tabla 10. Uso de los sistemas de transporte público (IPK) en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014.....	15	Tabla 21. Frecuencias de las líneas de autobús en la hora punta. Fuente: Urbanos de Zaragoza .....	30
Tabla 11. Ocupación (pas-km/veh-km) en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014 .....	16	Tabla 22. Velocidades comerciales de las líneas de autobús (km/h). Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza .....	31
		Tabla 23. GEH en calibración de tráfico privado .....	42
		Tabla 24. GEH en calibración de tranvía.....	43
		Tabla 25. GEH en calibración de bus .....	43
		Tabla 26. Descripción básica de alternativas analizadas.....	44

Tabla 27. Distribución horaria de los modos de transporte para el día medio laborable.....	49
Tabla 28. Coeficientes de paso para día medio laborable y para año. ....	50
Tabla 29. Demanda año 2015. Situación actual.....	50
Tabla 30. Demanda horaria en hora punta para las alternativas analizadas. ....	51
Tabla 31. Demanda anual para las alternativas analizadas. ....	51
Tabla 32. Demanda horaria tranvía para las alternativas analizadas .....52	
Tabla 33. Demanda horaria y kilómetros anuales bus para las alternativas analizadas .....52	
Tabla 34. Demanda horaria (ocupantes) y kilómetros anuales en vehículo privado para las alternativas analizadas .....53	
Tabla 35. Proyecciones de demanda. % sobre demanda calculada .....56	

## 1. OBJETO Y ALCANCE

El objeto del presente documento es llevar a cabo un estudio de demanda en la ciudad de Zaragoza para conocer la demanda potencial de viajeros que utilizarán el corredor de la futura línea este-oeste de tranvía. Los datos obtenidos en el estudio permitirán, además, dimensionar los elementos del tranvía tales como paradas, acceso, talleres y cocheras, determinar la incidencia del tranvía en la red de autobuses actual y el tráfico en vehículo privado, así como las posibles incidencias en la red viaria de la zona de actuación. Asimismo, el estudio servirá como base para el estudio de explotación, y de costes e ingresos de la línea, analizados en otros documentos del presente estudio de viabilidad.

El estudio de demanda se ha efectuado a partir del análisis de los datos existentes y su actualización.

Los objetivos específicos del estudio de demanda son los siguientes:

- Conocer las pautas de movilidad actuales del área de estudio, a partir de la generación de una matriz OD construida con los datos disponibles (procedentes de estudios previos) y calibrada con los datos de aforos vehiculares y de demanda de las líneas de transporte público.
- Reorganización de la red de autobuses urbanos.
- Evaluar la demanda de la nueva línea de tranvía en sus diferentes alternativas.

Como base para el estudio y elección de las posibles alternativas, se parte del principio de sostenibilidad. El transporte sostenible y la reducción de emisiones provocadas por los medios de transporte privados convencionales, está cada vez más presente en los desarrollos urbanos actuales.

## 2. DESCRIPCIÓN DE ZARAGOZA

### 2.1. CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO

Zaragoza, equidistante de Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao, es el centro de un área que, en un radio de 350 km, reúne cerca del 55% de la población española y del 60% de su PIB. Ello la convierte en una pieza clave en el sistema urbano español, un privilegiado cruce de caminos entre el Centro peninsular, el Corredor Mediterráneo y el Norte–Cantábrico.

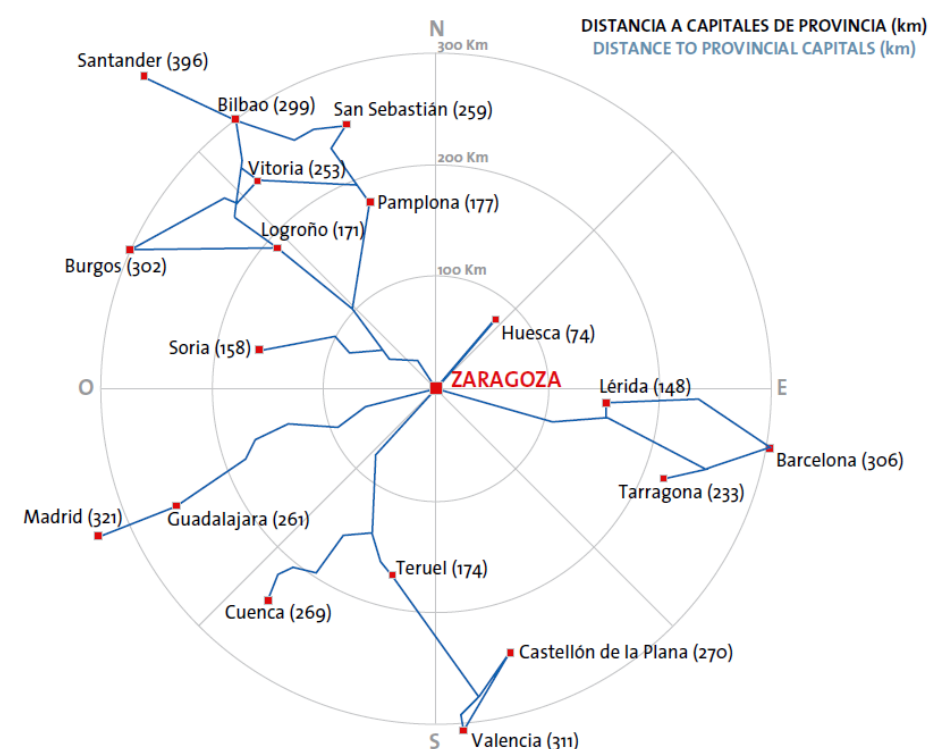


Ilustración 1. Localización de Zaragoza respecto a otras capitales de provincia

La capacidad de Zaragoza como elemento articulador del territorio y su competitividad se han visto reforzadas en los últimos años por progresivas mejoras en su red de accesos por carretera, la llegada de la Línea de Alta Velocidad, así como la renovación de sus instalaciones aeroportuarias. La nueva Zaragoza es un emergente centro industrial, logístico y de servicios, gracias a estas nuevas infraestructuras, a su disponibilidad de suelo a costes competitivos, y a los numerosos proyectos de iniciativa tanto pública como privada, que han generado un elevado volumen de inversión por habitante.

Por otra parte, este cuadro se complementa con un satisfactorio nivel de calidad asistencial y servicios públicos, a la cabeza a escala nacional (indicadores sanitarios, educativos, y de construcción de vivienda social, por citar algunos de los más destacados). Todo ello, conjugando a la calidad de vida que proporciona una ciudad media con abundantes servicios, pero sin las desventajas e incomodidades de las grandes urbes. Ello permite explicar el auge económico y demográfico de estos años.

Con una superficie de unos 967 km<sup>2</sup>, el término municipal de Zaragoza es el 8º más extenso de España. Su emplazamiento está marcado por el paso de tres cauces de agua: Ebro (el más importante), Huerva y Gállego, en un área de relativa aridez. Estos cauces han sido el origen de buena parte de los ejes que modelan y vertebran el territorio de Zaragoza y su entorno, en plena depresión del Ebro, una de las más significativas de la Península.

El Ebro atraviesa el término municipal en dirección NNO–SSE. Transcurre, aproximadamente, entre la cota 205, a la entrada en el término municipal, y la cota 180, a la salida, con el núcleo urbano principal a cota 240. De clima mediterráneo continental semiárido y con escasas precipitaciones (315 mm de promedio anual), comparte con muchos otros puntos del valle del Ebro heladas y nieblas frecuentes en los meses de diciembre y enero producto de la inversión térmica. Los veranos suelen ser cálidos, superando los 30º C.

## 2.2. POBLACIÓN ACTUAL DE ZARAGOZA

El municipio de Zaragoza tiene una superficie de 967.065.449 m<sup>2</sup>, con una densidad de población de 726,03 hab/km<sup>2</sup> y un total de 702.123 habitantes, con el predominio general del número de mujeres sobre el de hombres, en especial en edades avanzadas.

En las tablas e ilustraciones que se incluyen a continuación se realiza un breve resumen de los datos demográficos actualizados más relevantes de Zaragoza.

Tabla 1. Resumen Demográfico de Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015)

DATO	VALOR
Superficie (m <sup>2</sup> )	967.065.449
Densidad Población (hab/km <sup>2</sup> )	726,03
Edad Media Hombres	42 años, 12 meses, 18 días
Edad Media Mujeres	45 años, 6 meses, 5 días
Población	702.123
Población española	85,64%
Tasa de dependencia	50,61%
Tasa de envejecimiento	138,79%
Tasa de sobreenvjecimiento	16,27%
Tasa de reemplazo	84,79%
Índice de juventud	72,05%
Índice de maternidad	19,38%
Índice de tendencia	94,60%
Índice de infancia	14,07%



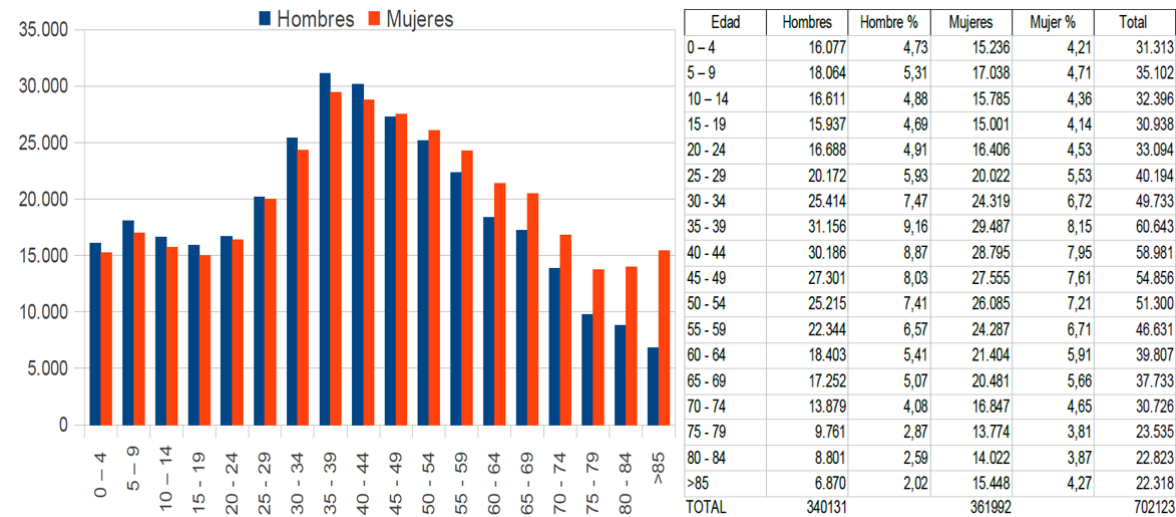


Ilustración 2. Población de Zaragoza por edad y sexo (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015)

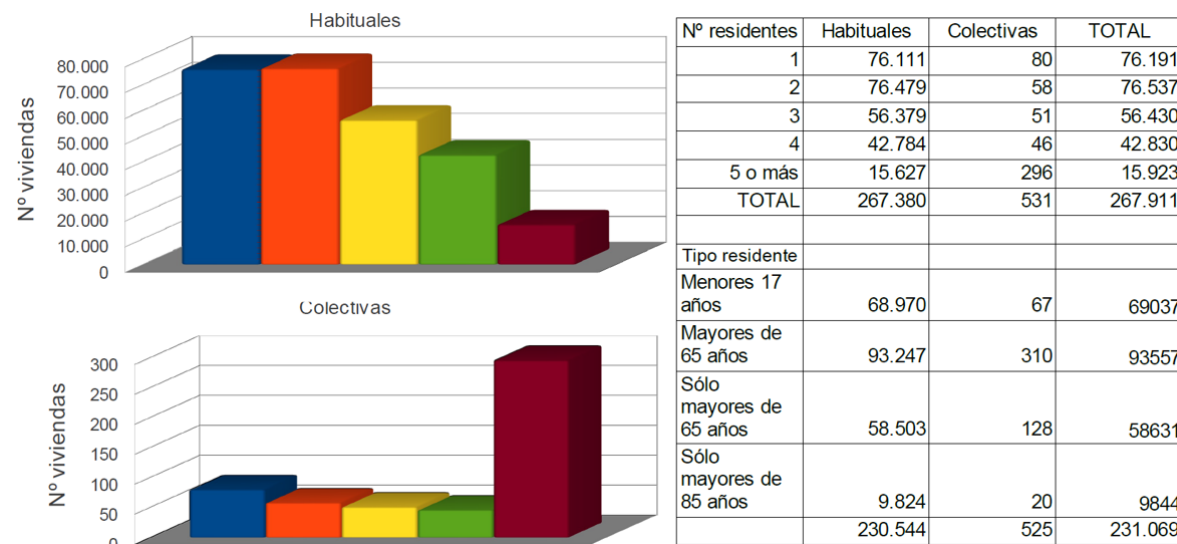


Ilustración 3. Distribución de las viviendas ocupadas censadas en Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015)

Esta división oficial ha variado con el tiempo, acomodándose a la evolución territorial de la ciudad y ha ido en paralelo a la existencia de topónimos oficiosos para diferentes áreas con identidades propias. Gracias a estos órganos de gestión desconcentrada para cada división territorial de Zaragoza, se impulsa y desarrolla la participación ciudadana en la gestión de los asuntos municipales y su mejora, sin perjuicio de la unidad de gobierno y gestión del municipio y siendo instrumento para la corrección de desequilibrios entre zonas y barrios de Zaragoza.

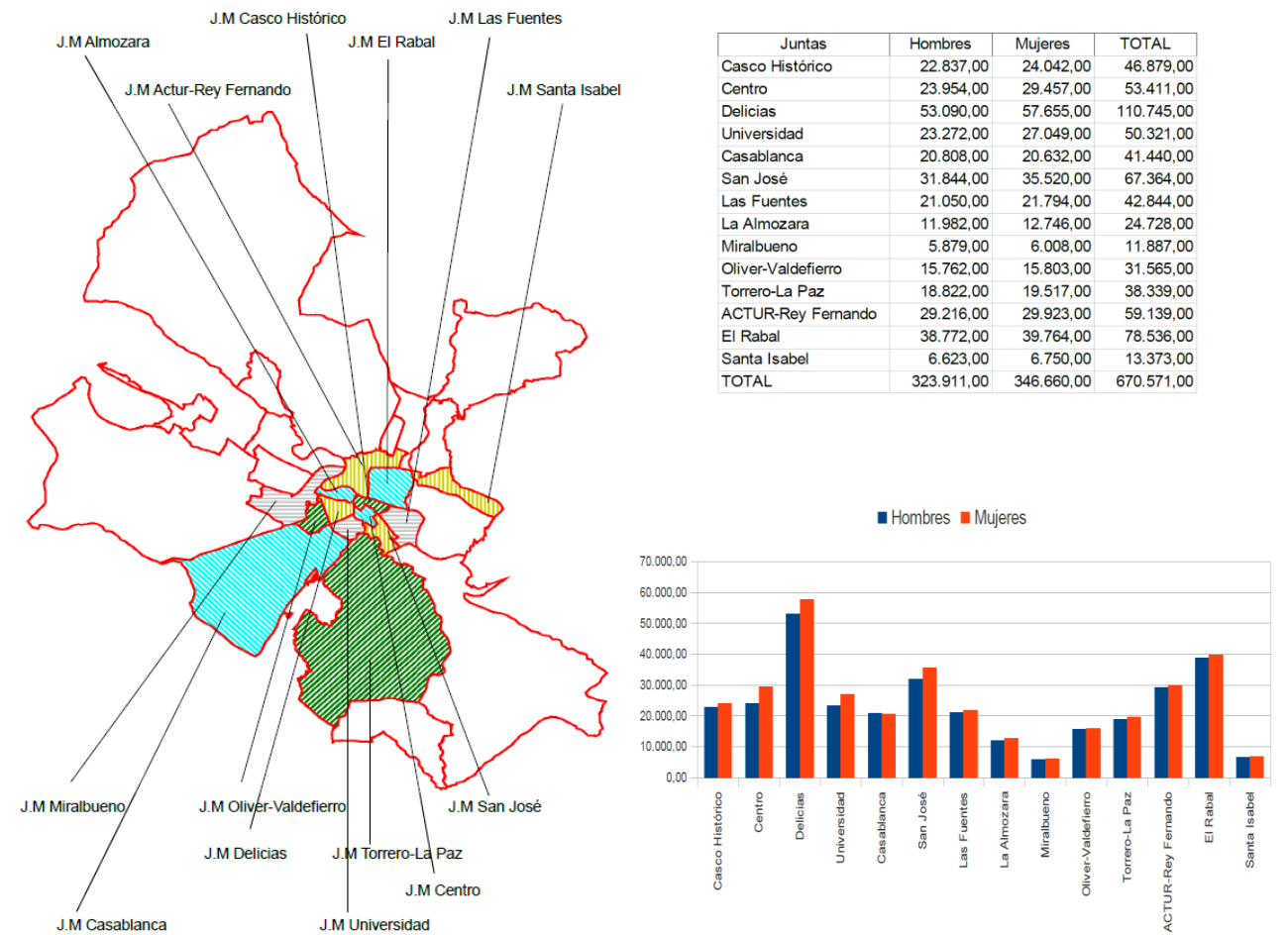
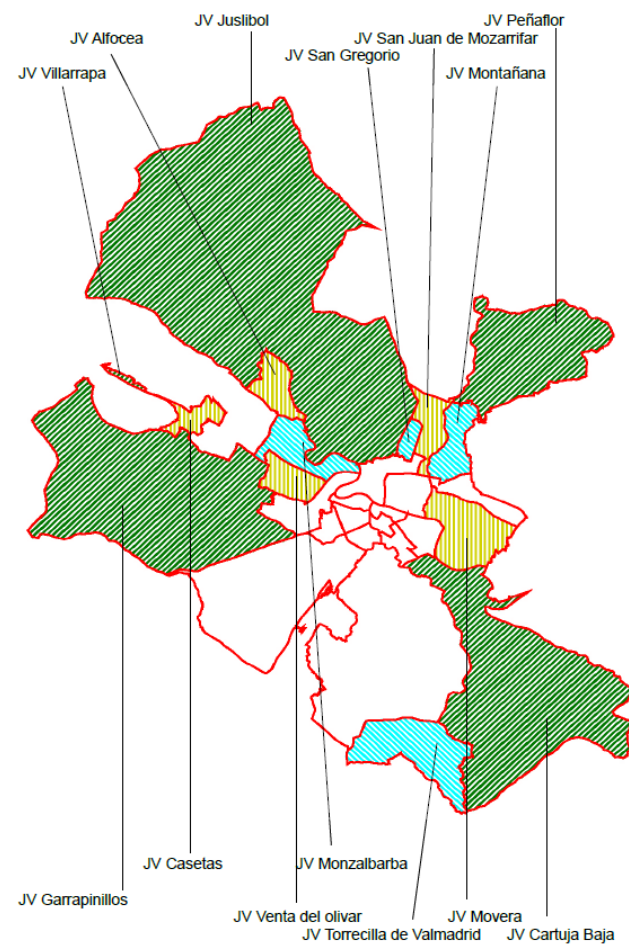


Ilustración 4. Población por Juntas Municipales (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015)

La ciudad está dividida territorialmente en distritos que cubren el área urbana de la ciudad y sus espacios rurales. Estos distritos son divisiones territoriales con órganos de gestión propios. Los órganos de gestión en los distritos urbanos se denominan Juntas Municipales, ascendiendo a un total de 14. El distrito rural comprende 14 barrios rurales y su órgano de gestión son las Juntas Vecinales, una en cada uno de los 14 barrios rurales que existen en el término municipal de Zaragoza



Juntas	Hombres	Mujeres	TOTAL
Cartuja Baja	1073	1059	2132
Torrecilla de Valmadrid	14	13	27
Juslibol-EI Zorongo	1451	1163	2614
San Juan de Mozarrifar	1284	1271	2555
Montañana	1690	1642	3332
San Gregorio	306	316	622
Peñafior	690	676	1366
Movera	1406	1366	2772
Garrañillos	2799	2602	5401
Venta del Olivar	438	537	975
Monzalbarba	990	952	1942
Villarrapa	100	92	192
Alfocea	98	87	185
Casetas	3881	3556	7437
<b>TOTAL</b>	<b>16220</b>	<b>15332</b>	<b>31552</b>

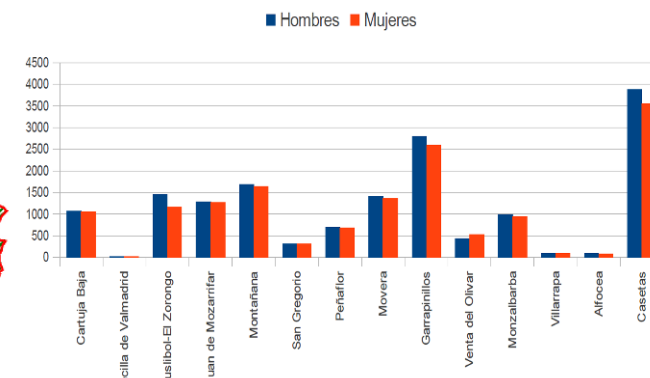


Ilustración 5. Población por Juntas Vecinales (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015)

### 2.3. EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE ZARAGOZA

Zaragoza ha experimentado un notable crecimiento de su población a lo largo del siglo XX. La ciudad ha multiplicado sus habitantes seis veces a lo largo del siglo y lo ha hecho, en gran medida, absorbiendo la población rural de la región. A diferencia de lo que ha sucedido en otras comunidades españolas en las décadas centrales del siglo XX, la inmigración hacia la ciudad procedente de otras partes de España fue relativamente reducida. Con excepción de colectivos de provincias limítrofes, especialmente en el caso de Soria, los nuevos residentes que se asentaron en la ciudad procedían de diversas partes de Aragón.

La década de los sesenta fue la época en la que este fenómeno migratorio se manifestó con más intensidad. En las últimas décadas, a pesar del débil crecimiento demográfico generalizado, la población de la ciudad ha mantenido el dinamismo. Si en el pasado atraía a la población rural de su entorno, en los últimos años la ciudad convoca a poblaciones inmigrantes de orígenes distantes y diversos. A comienzos del siglo XXI, de cada dos aragoneses uno reside en Zaragoza; y uno de cada diez habitantes de Zaragoza ha nacido fuera de España, pudiendo encontrarse habitantes procedentes de los cinco continentes. Según datos oficiales del Ayuntamiento de Zaragoza de enero de 2015, por sus lugares de procedencia la población inmigrante más numerosa es la de origen rumano, seguida de la marroquí, mientras que la población de origen chino y ecuatoriano se disputan el tercer lugar.

Este evento ha transformado múltiples aspectos de Zaragoza, convirtiéndola en poco tiempo en una ciudad moderna e innovadora, dotada de excelentes infraestructuras. Además, ha permitido situar con fuerza a Zaragoza en el contexto internacional y convertirla en una de las ciudades emergentes más importantes de Europa.

Su legado permanece y ya es algo de lo que disfrutan los zaragozanos: los nuevos accesos, plazas y puentes, la adecuación de espacios y riberas o las modernas instalaciones e infraestructuras. La renovada Zaragoza se ha materializado en los nuevos edificios emblemáticos de la ciudad, símbolo de la apuesta decidida de proyectar la Zaragoza del futuro.

Con todo ello, como se puede ver en la siguiente tabla, la población de Zaragoza ha sufrido un constante aumento en los últimos años, con tan solo un pequeño descenso en los años 2013 y 2014 que ya en 2015 ha recuperado la tendencia ascendente.

Tabla 2. Evolución de la población de Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015)

AÑO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
2004	310.337	331.244	641.581
2005	315.195	335.397	650.592
2006	320.718	340.177	660.895
2007	323.960	343.074	667.034
2008	332.599	349.684	682.283
2009	338.424	354.662	693.086
2010	339.724	356.932	696.656
2011	339.440	358.746	698.186
2012	340.488	361.399	701.887
2013	338.603	360.314	698.917
2014	338.245	360.688	698.933
2015	340.131	361.992	702.123

Zaragoza ha sido tradicionalmente una ciudad muy compacta, carente de una verdadera área metropolitana, al menos en lo que se refiere a su peso demográfico. El modelo de ciudad mediterránea densa acumulaba la mayoría de los usos en la propia ciudad (residencial, comercial, equipamientos, ocio, servicios, oficinas, hoteles, etc.), lo que ha permitido una ciudad relativamente manejable en cuanto a distancias y usos. El entorno de la ciudad poseía un fuerte peso industrial, pero apenas se producía una «expulsión» de residentes fuera del núcleo urbano. Los trabajadores industriales seguían residiendo en la ciudad y se desplazaban a sus empleos en localidades del entorno, así como a los polígonos de la Margen Izquierda de la ciudad. Los trabajadores del sector servicios se concentraban en la ciudad. Cabe señalar que se partía de núcleos muy pequeños en comparación con Zaragoza.

Durante los últimos años, varios de los factores tradicionales han cambiado. Por un lado, la propia ciudad se ha expandido enormemente, duplicando prácticamente su superficie urbanizada. Asimismo, el auge industrial de los municipios vecinos, la mejora de las vías de comunicación y el aumento del precio de la vivienda en la capital han motivado un crecimiento de los citados núcleos. La población total de estos municipios ha aumentado en una proporción mucho mayor que la de Zaragoza capital.

## 2.4. URBANISMO Y POBLACIÓN DE ZARAGOZA

En base a los datos de las ilustraciones y tablas anteriores se aprecia que el 95,51% de la población se localiza en los distritos regidos por Juntas Municipales, quedando tan solo una pequeña parte de los habitantes en los Barrios Rurales regidos por Juntas Vecinales.

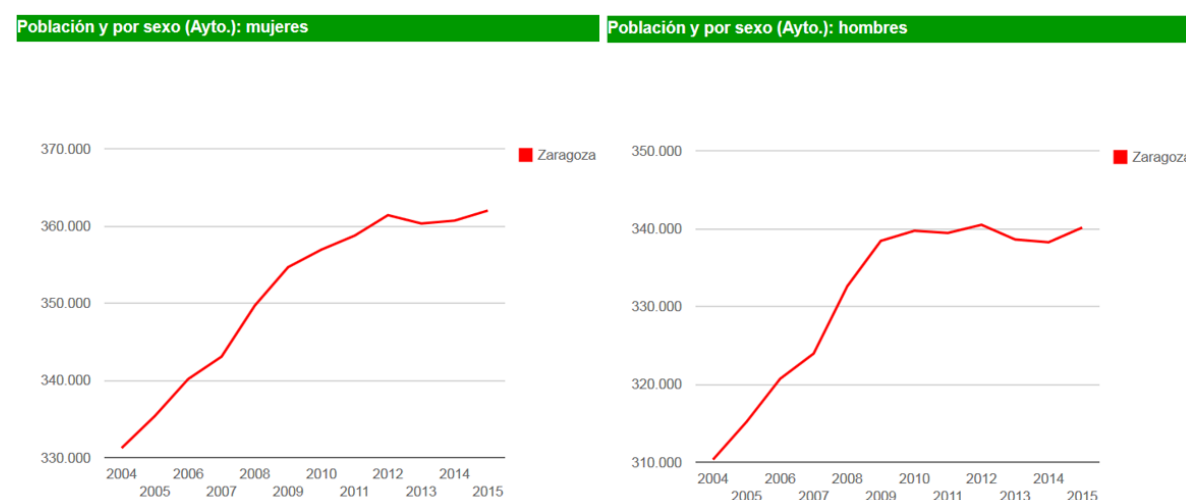


Ilustración 6. Evolución por sexos de la población de Zaragoza (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015)

Tabla 3. Distribución de los habitantes entre Juntas Municipales y Vecinales (Ayuntamiento de Zaragoza, enero 2015)

ENTIDADES DE ZARAGOZA	POBLACIÓN	%
JUNTAS MUNICIPALES	670.571	95,51
JUNTAS VECINALES	31.552	4,49
TOTAL	702.123	100

La superficie ocupada por la propia ciudad, es de aproximadamente 240 km<sup>2</sup>, mientras que el resto del término municipal que está compuesto por los barrios rurales, suma más de 726 km<sup>2</sup>.

En este sentido, la estructura territorial de Zaragoza es compleja, ya que en menos del 25% de la superficie se concentra prácticamente el 96% de la población. De este modo, Zaragoza tiene un centro de ciudad denso y altamente poblado, y los 14

barrios rurales señalados, aunque en la mayoría de los casos se sitúan en las cercanías del núcleo de la ciudad, tienen una baja densidad de población. De este modo, los 702.123 habitantes de Zaragoza se reparten de la siguiente manera:

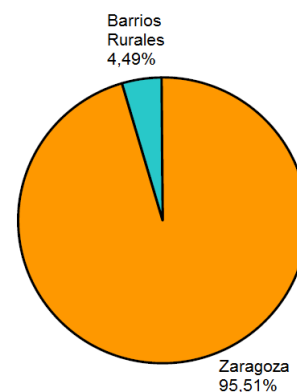


Ilustración 7. Distribución de la población en el municipio de Zaragoza

Sin embargo, el escaso peso demográfico de los barrios rurales no ha sido obstáculo para el enorme desarrollo en cuanto a equipamientos y servicios que han experimentado en los últimos años, con objeto de equiparar la calidad de vida de sus residentes a la del resto de zaragozanos, tras décadas de marcadas disparidades. Se han construido numerosos equipamientos (Centros de Salud, Centros Cívicos, Bibliotecas, Casas de Cultura, Centros Sociolaborales, Equipamientos Deportivos de todo tipo, Piscinas cubiertas y al aire libre), y se ha mejorado la red de transporte público, si bien es preciso ahondar todavía más en este aspecto en diferentes núcleos.

## 2.5. MOVILIDAD EN ZARAGOZA

### 2.5.1. MOVILIDAD DE LOS CIUDADANOS

Analizando aspectos demográficos, Zaragoza es la quinta ciudad española por población, por detrás de Madrid, Barcelona, Valencia y Sevilla. Sin embargo observando su superficie, es la mayor de ellas con 938 km<sup>2</sup>, seguida de Madrid con 605 km<sup>2</sup>, un 35 % menos de superficie urbana. El gran tamaño de la ciudad provoca que la densidad de población de Zaragoza sea de 727 habitantes/km<sup>2</sup>, muy por debajo de 5.301 o 4.991 habitantes/km<sup>2</sup> de Madrid y Sevilla respectivamente.

Tabla 4. Características generales de las áreas metropolitanas 1/1/2013. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana.

Informes OMM-2012 (Valencia) y 2013 (resto ciudades).

Ciudad	CAPITAL			ÁREA METROPOLITANA			
	Superficie	Población	Densidad	Superficie	Población	Densidad	Concentración
Madrid	605	3.207.247	5.301	8.030	6.495.551	809	49%
Barcelona	102	1.611.800	15.880	3.239	5.041.200	1.556	32%
Valencia	137	797.028	5.824	1.415	1.805.115	1.276	44%
Sevilla	141	700.169	4.955	4.221	1.480.593	351	47%
Zaragoza	938	682.004	727	2.920	783.106	268	87%
Málaga	395	568.479	1.440	1.432	1.033.030	722	55%

Además, en la tabla puede verse como en el caso de Zaragoza destaca la alta concentración de la población en la ciudad, teniendo el área metropolitana muy poca población en comparación con otras ciudades españolas. Al tenerse un área metropolitana muy reducida, es la propia ciudad la que tiene que crecer para albergar a la población.

Este crecimiento se ve reflejado en la ya mencionada baja densidad de población, cuyo valor es solamente un 15 % respecto al de una ciudad similar en población como Sevilla. En el aumento de este dato han contribuido los últimos planes de desarrollo de los barrios periféricos, tales como Arcosur, Valdespartera o Parque Goya, aumentando también la demanda de movilidad y la distancia media de los desplazamientos.

En la siguiente tabla se muestra la comparativa entre los desplazamientos de los ciudadanos en las ciudades consideradas. Los valores mostrados corresponden a diferentes años, al no disponerse de información para un mismo año de estudio.

Tabla 5. Características de los desplazamientos diarios en Zaragoza y otras ciudades españolas Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013

Ciudad	Viajes en día laborable (Millones)	Tiempo medio de viaje (min)	Distancia media de viaje (km)	Nº de viajes por persona al día	Viajes intermodales (%)
Madrid 2004	14,51	28,6	6	2,6	14
Barcelona 2013	15,9	26,4	6,5	3,7	9,8
Valencia 2010	3,85	25,3	n.d.	2,5	5,6
Sevilla 2007	2,9	12,5	n.d.	2,4	n.d.
Zaragoza 2007	2,31	21,7	3,3	3,3	7,4
Málaga 2011	2,78	17-45,4	0,9-10	2,2	n.d.

En el año 2007, un zaragozano realizaba 3,3 desplazamientos al día, siendo cada desplazamiento de una longitud de 3,3 km y requiriéndose invertir un tiempo de 21,7 min para su realización.

Conocidas las características de los desplazamientos realizados, es preciso estudiar los medios de transporte en los cuales se realizaban dichos desplazamientos.

Tabla 6. Medios de transporte empleados en los desplazamientos diario en Zaragoza y otras ciudades española. Reparto modal. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013

Ciudad	Coche y moto	Transporte público	A pie y bicicleta	Otros
Madrid 2004	34,7%	31,6%	32,1%	2,5%
Barcelona 2013	31,4%	19,6%	49,1%	-
Valencia 2009	57,0%	18,0%	22,0%	2,0%
Sevilla 2007	53,9%	10,4%	35,7%	-
Zaragoza 2007	26,8%	16,0%	56,2%	-
Málaga 2011	58,9%	10,1%	30,9%	-

## 2.5.2. MOVILIDAD DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO

En la siguiente tabla se muestran las distancias medias recorridas por cada usuario tanto para autobús como para tranvía en diferentes ciudades españolas.

Tabla 7. Distancia media recorrida en los medios de transporte público en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013

Ciudad	Autobús urbano (km)	Tranvía (km)
Madrid	2,7	4,5
Barcelona	2,8	4,6
Valencia	4,2	3,9
Sevilla	3,4	1,3
Zaragoza	n.d.	n.d.
Málaga	4,5	-
<b>MEDIA</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>

Para la ciudad de Zaragoza no se tiene dicha información. Sin embargo el valor medio registrado por las ciudades de las cuales se contaba con información ha sido de 3,5 km para ambos medios de transporte, pudiéndose considerar que para Zaragoza ese sería el valor. Además este dato es muy similar a la distancia media de los viajes obtenida previamente.

Para conocer el funcionamiento de una línea de transporte público se necesita analizar los usuarios que tiene. Para ello el indicador viajeros-km es el que mejor representa dicha información. Su valor se obtiene de multiplicar el número de viajeros anuales registrados por un medio de transporte por la distancia media recorrida por cada uno de ellos.



Tabla 8. Demanda de los sistemas de transporte público medido en viajeros-km en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, AUZSA 2014 y Tranvías de Zaragoza 2014

Ciudad	Autobús urbano (Mviaj-km)	Tranvía (Mviaj-km)
Madrid	1.098,40	64,8
Barcelona	512,4	109,50
Valencia	363,3	34,4
Sevilla	249,10	4,30
Zaragoza	315,62	95,92
Málaga	219,0	-

Este indicador muestra la demanda que hay de un determinado medio de transporte. Un mayor valor indica que hay mayor cantidad de usuarios o que las distancias medias recorridas por los usuarios son mayores.

En el caso de Zaragoza se observa cómo el autobús tiene una mayor demanda que en las ciudades de Sevilla, Málaga y Valencia. En el caso del tranvía solamente la ciudad de Barcelona tiene una demanda ligeramente superior.

Al igual que se hace para analizar la demanda del servicio, se necesita estudiar la oferta. Para ello se emplea el indicador vehículos-km, el cual muestra cuantos kilómetros al año realiza un servicio de transporte público.

Tabla 9. Oferta de los sistemas de transporte público (vehículos-km) en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014

Ciudad	Autobús urbano (Mkm/año)	Tranvía (Mkm/año)
Madrid	91,8	13,3
Barcelona	40,8	2,5
Valencia	20,7	7,3
Sevilla	18,0	0,2
Zaragoza	18,5	1,3
Málaga	10,5	-

En la anterior tabla puede verse cómo los valores de Zaragoza para el autobús son muy similares a los registrados por las ciudades de Valencia y Sevilla. En el caso del tranvía, Málaga no dispone y Sevilla tiene una oferta mucho menor, ya que el tranvía existente funciona de forma complementaria al metro. Si se compara este valor en kilómetros por habitante, se ve cómo Zaragoza ofrece una cifra muy elevada en el caso del autobús y no demasiado elevada para el tranvía.

Para poder conocer la relación existente entre demanda y oferta se emplea el indicador Índice de Pasajeros por Kilómetro (IPK), el cual muestra el cociente entre el número de usuarios anuales y los vehículos-km de un sistema de transporte. En la siguiente tabla se muestra dicha información.

Tabla 10. Uso de los sistemas de transporte público (IPK) en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014

Ciudad	IPK Autobús urbano	IPK Tranvía
Madrid	4,4	1,1
Barcelona	4,5	9,5
Valencia	4,2	1,2
Sevilla	4,1	16,0
Zaragoza	4,8	20,6
Málaga	4,6	-

Puede verse cómo en el caso de Zaragoza, el autobús tiene una ocupación de 4,8 pasajeros/km, la más elevada de las ciudades comparadas, si bien los valores son muy similares entre todas ellas. En el caso del tranvía la ocupación es de 20,6 pasajeros/km, muy superior al registrado por otras ciudades y claramente superior al registrado por el autobús.

Si además de la ocupación, se considera la distancia media de los desplazamientos realizados, hay que analizar la relación entre los pasajeros-km y los vehículos-km. Un valor muy bajo de este indicador refleja muy poco uso del sistema de transporte o que la oferta de vehículos-km es excesiva. En la siguiente tabla se muestra dicha relación.

Tabla 11. Ocupación (pas-km/veh-km) en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana.

Informes OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014

Ciudad	Autobús urbano (pas-km/veh-km)	Tranvía (pas-km/veh-km)
Madrid	12,0	4,9
Barcelona	12,6	43,8
Valencia	17,6	4,7
Sevilla	13,8	21,5
Zaragoza	17,1	73,8
Málaga	20,9	-

El valor de ocupación para el caso del autobús en Zaragoza es superior al obtenido en las ciudades de Madrid, Barcelona, Sevilla e inferior al valor de Valencia y Málaga. Los valores registrados por el tranvía de Zaragoza indican que la relación entre demanda y oferta es muy adecuada teniendo una ocupación muy superior a la registrada en otras ciudades.

Después de analizar la relación entre demanda y oferta se muestra la infraestructura de los sistemas de transporte, medida en km de línea. A continuación, se muestran los valores obtenidos.

Tabla 12. Longitud de línea (km) de transporte urbano en Zaragoza y otras ciudades españolas Fuente: Observatorio de la Movilidad

Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014

Ciudad	Autobús urbano (km línea)	Metro (km línea)	Tranvía (km línea)
Madrid	3.578	287	35,5
Barcelona	1.582	115,2	29,1
Valencia	864	126,7	2,1
Sevilla	615	18,1	2,2
Zaragoza	641	-	12,8
Málaga	701	-	-

Uno de los factores que hace que los usuarios empleen el transporte público es su velocidad comercial: si ésta es muy baja provoca un menor uso del mismo.

Tabla 13. Velocidad comercial en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes

OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014

Ciudad	Autobús urbano (km/h)	Metro (km/h)	Tranvía (km/h)
Madrid	13,5	28,0	23,2
Barcelona	12,3	27,8	18,7
Valencia	12,5	29,7	18,0
Sevilla	13,3	29,3	10,4
Zaragoza	15,0	-	19,7
Málaga	14,0	-	-

Comparando los valores para autobús y tranvía puede verse como un autobús tiene valores de 13,4 km/h de media, sin embargo un tranvía diseñado con prioridad semafórica y tiempo de parada adecuados puede llegar a valores superiores a 20 km/h, más de un 50 % superior. Viendo los valores es importante destacar la alta velocidad comercial conseguida por el tranvía de Zaragoza.

### 2.5.3. MOVILIDAD DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO NO COLECTIVO

Para finalizar la comparativa de los sistemas de transporte público ofrecidos, se estudian también los sistemas de alquiler público de bicicletas. En este sentido conviene destacar que para la ciudad de Madrid no existen valores ya que el servicio entro en funcionamiento en 2014 y aun no se tiene información del mismo.

Tabla 14. Características de los sistemas públicos de alquiler de bicicletas en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013, Ayuntamiento de Zaragoza 2014

Ciudad	Usuarios inscritos	Préstamos/año	Viaj/km (año)	distancia media viaje (km)
Madrid	-	-	-	-
Barcelona	98.800	14.558.000	40.762.400	2,8
Valencia	110.933	110.933	n.d.	n.d.
Sevilla	54.077	4.250.400	n.d.	n.d.
Zaragoza	39.000	3.200.000	10.400.000	3,3
Málaga	-	-	-	-

En las ciudades de las cuales se tienen datos (Barcelona y Zaragoza), la bicicleta se emplea para recorrer distancias cercanas a los 3 km, valor muy similar a los registrados por el autobús y el tranvía, por lo que se puede afirmar que estos servicios son usados realmente como sistemas de movilidad urbana diaria y no como elementos de ocio.

Al estudiar las infraestructuras para el uso de bicicletas es preciso analizar la oferta de vías ciclistas existentes.

Tabla 15. Infraestructuras de carriles bici en Zaragoza y otras ciudades españolas. Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Informes OMM-2012 y 2013

Ciudad	Longitud (km)	Densidad (km/Mhab)
Madrid	290	90
Barcelona	186	115
Valencia	137	172
Sevilla	136	194
Zaragoza	145	213
Málaga	35	62

En Zaragoza se tiene la densidad de carriles bici más elevada de las ciudades de estudio.

### 3. DATOS DE PARTIDA

A continuación se enumeran y describen los datos de partida disponibles para la realización del presente estudio.

- Modelo de Microsimulación en Aimsun para transporte privado
- Modelo de Macrosimulación en TransCad para transporte público
- Aforos
- Población
- Datos de billeteaje

#### 3.1. MODELO DE MICROSIMULACIÓN EN AIMSUN PARA TRANSPORTE PRIVADO

Modelo de microsimulación de transporte privado compuesto por unos 5.000 arcos viales que abarca la ciudad de Zaragoza. En dicho modelo están definidos 39 tipologías de arcos, con sus correspondientes velocidades y capacidades. El modelo está calibrado para el año 2007, por lo que podrán utilizarse los arcos viales (con su correspondiente actualización) y las matrices de transporte privado (con su correspondiente actualización).



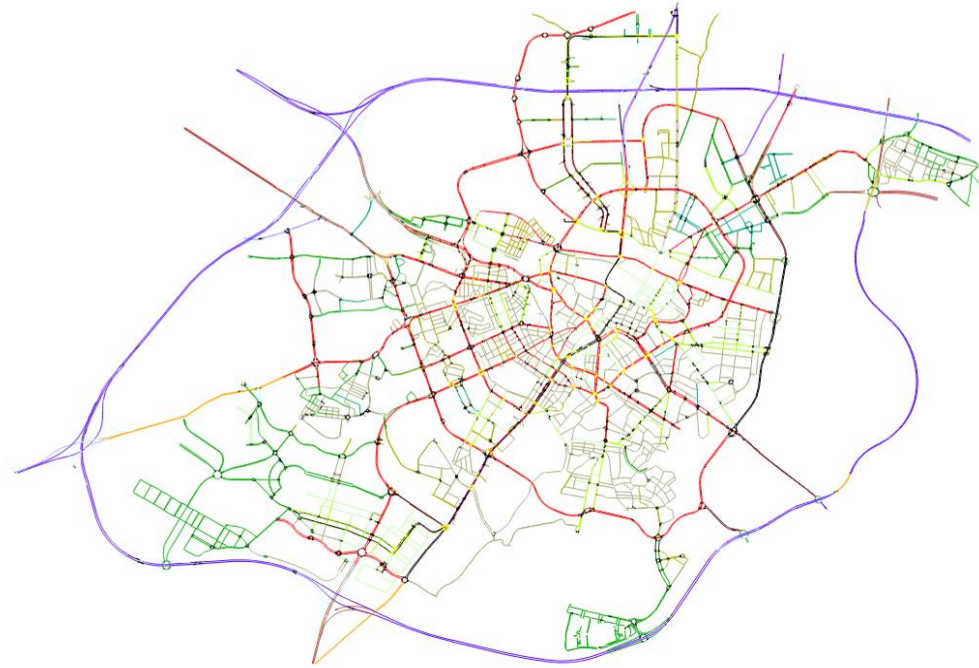


Ilustración 8. Modelo de microsimulación de Aimsun para transporte privado

Tabla 16. Tipologías de arcos del modelo de microsimulación de Aimsun

AIMSUN			AIMSUN		
TIPO	CAPACIDAD	VELOCIDAD	TIPO	CAPACIDAD	VELOCIDAD
Arteria coordinada	900	50	Calle urbana con semáforo	700	50
Arteria coordinada	1200	50	Carretera de Montaña	250	30
Arteria coordinada	1500	50	Carretera de Montaña	800	50
Arteria no coordinada	500	50	Carretera urbana	800	50
Autopista	1600	90	Carretera urbana	900	60
Autopista	1800	100	Carretera urbana	1200	60
Autopista	2000	110	Carril de intercambio	600	60
Autopista	2100	120	Enlace de continuación	1500	60
Bici	900	30	Enlace Entrada/Salida	600	50
Calle con semáforo - 1carril	500	30	Internal Hidden	900	50
Calle con semáforo	700	50	Internal Hidden	900	50
Calle con semáforo	850	50	Peatones Acera	900	10
Calle sin semáforo - 1 carril	300	30	Ronda	1500	70
Calle sin semáforo	350	40	Ronda	1500	80
Calle sin semáforo	500	50	Ronda	1500	90
Calle sin semáforo	700	50	Salida	1000	80
Calle sin semáforo	800	50	Tranvía	700	50
Calle sin semáforo	850	50	Calle cortada	1	0
Carretera interurbana	950	60			
Carretera interurbana	1100	80			
Carretera interurbana	1200	100			

### 3.2. MODELO DE MACROSIMULACIÓN EN TRANSCAD PARA TRANSPORTE PÚBLICO

Modelo de macrosimulación de transporte público (autobús) compuesto por unos 3.500 arcos viales sin jerarquización que abarca la ciudad de Zaragoza. En dicho modelo se definen 145 zonas de transporte y está calibrado para el año 2011. El modelo debe ser actualizado mediante los correspondientes aforos de autobús y tranvía, ya que no contempla el modo tranvía.

### 3.3. AFOROS

- Aforos de estaciones permanentes (24 estaciones de que dispone el Ayuntamiento de Zaragoza) y estaciones de cobertura, para el año 2015.
- Aforos de billeteaje de autobuses (sube) de todas las líneas de autobús por parada y minuto para un día medio laborable de 2014 (28 de mayo).
- Carga de pasajeros por línea de autobús para un día medio laborable de 2015 (29 de abril)

### 3.4. POBLACIÓN

- Datos de población por manzana para la ciudad de Zaragoza correspondientes al año 2014.

### 3.5. DATOS BILLETEAJE

- Billeteaje de autobuses (sube) de todas las líneas de autobús por parada y minuto para un día medio laborable de 2014 (28 de mayo).
- Billeteaje de autobús agregado por mes para el año 2014.
- Billeteaje (sube) de la línea 1 de tranvía por parada y minuto para un día medio laborable de 2015 (27 de mayo).



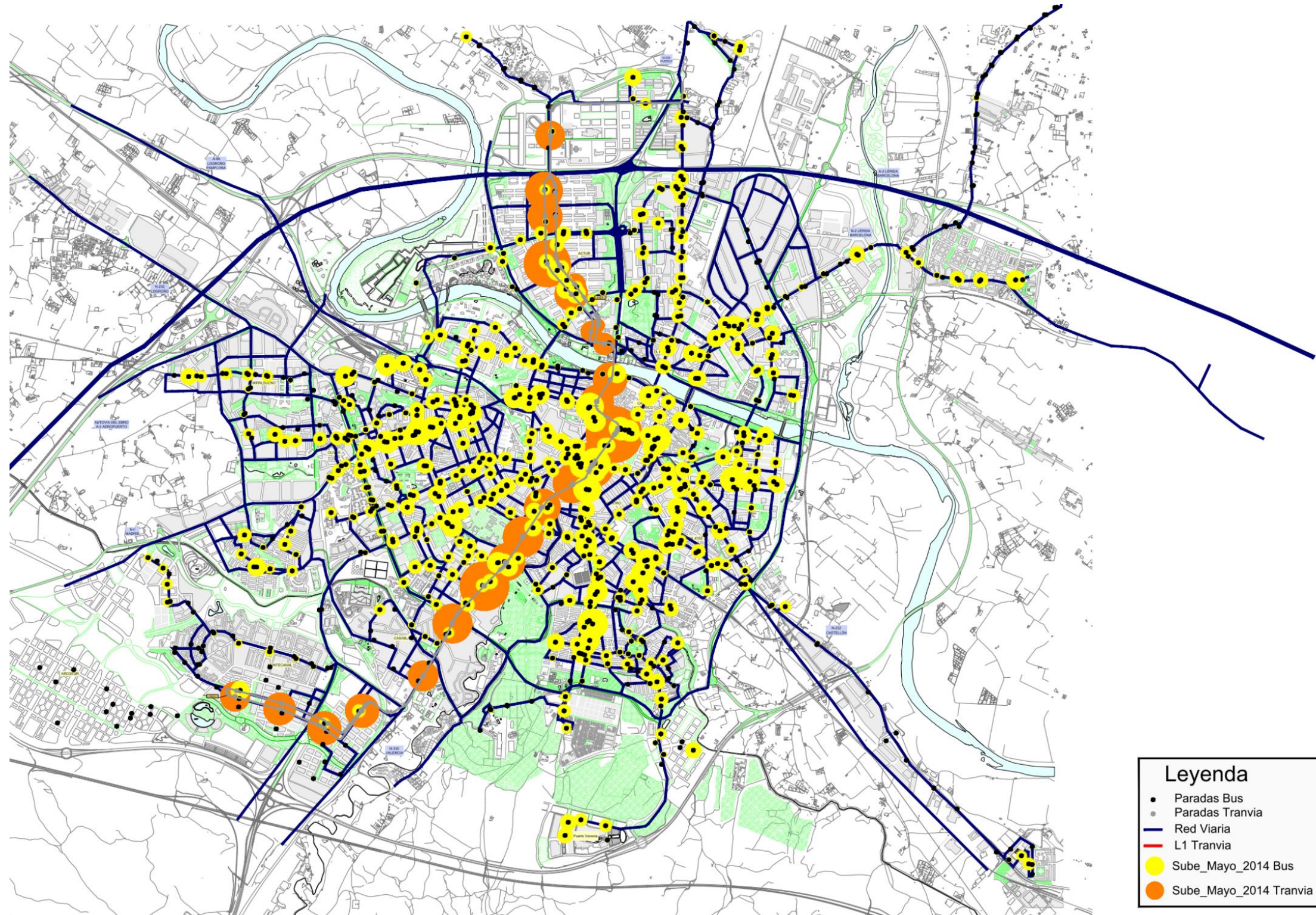


Ilustración 9. Datos de billeteaje (sube) por paradas de autobús y tranvía de un día medio laborable (28 de mayo de 2014)



## 4. MODELO DE DEMANDA PARA LAS ALTERNATIVAS ELEGIDAS

### 4.1. ZONIFICACIÓN

La zonificación consiste en dividir el área de estudio en zonas lo más homogéneas posibles desde el punto de vista socioeconómico.

La zonificación se desarrolla cumpliendo en general los siguientes requisitos:

- Tener validez, con vistas a planificación, en un horizonte a corto y medio plazo.
- Las zonas de transporte se considerarán, a ser posible, como agrupaciones de las particiones territoriales de carácter administrativo que puedan existir en el ámbito, puesto que los datos socioeconómicos suelen venir referidos a esas particiones.
- Mostrar compatibilidad con las zonificaciones previas que pudieran existir del ámbito de trabajo, procedentes de estudios anteriores o entidades públicas.
- Las zonas de transporte serán internamente homogéneas en cuanto al acceso a las infraestructuras de transporte. Las discontinuidades naturales del territorio deben quedar reflejadas en la zonificación (cursos de ríos y otros eventos naturales).
- La zonificación debe contemplar adecuadamente la relación con el exterior del ámbito, por medio de la definición de puertas exteriores que suelen considerarse ubicadas en las principales carreteras nacionales o autopistas que acceden al ámbito.

Se parte de la zonificación de los modelos suministrados en los datos de partida. Los modelos de Aimsun y TransCad difieren en el número de zonas (Aimsun: 132, TransCad: 145) teniendo el modelo de TransCad un mayor grado de desagregación zonal que el modelo de Aimsun. En el entorno de las posibles alternativas de la línea de tranvía las zonas del modelo de TransCad abarcan zonas de dimensiones pequeñas y homogéneas por lo que se ha tomado dicha zonificación para la elaboración del estudio. Esta zonificación ha sido modificada y ampliada hasta tener un número de 164 zonas, debido a una mayor desagregación en las zonas donde se ha considerado necesario. La zonificación definitiva es única para el modelo de demanda, el cual incluye los modos de transporte privado y transporte público (bus y tranvía).

Los centroides de cada zona interna se localizan geográficamente en el centro de gravedad de la distribución poblacional, o en su caso, en el núcleo de población dominante.

Por su parte las zonas que conforman el área exterior quedan con un número de zonas menor, pero adecuado para modelizar su influencia en el tramo de estudio. Los centroides de las zonas externas se localizan cercanos a las intersecciones de los ejes de acceso con la delimitación del área interna.

Para que todos los datos procedentes de los diferentes modelos sean coherentes entre si es preciso definir un sistema de coordenadas a utilizar para todos los datos del modelo. Dichas coordenadas serán: Coordenadas proyectadas UTM ETRS89.



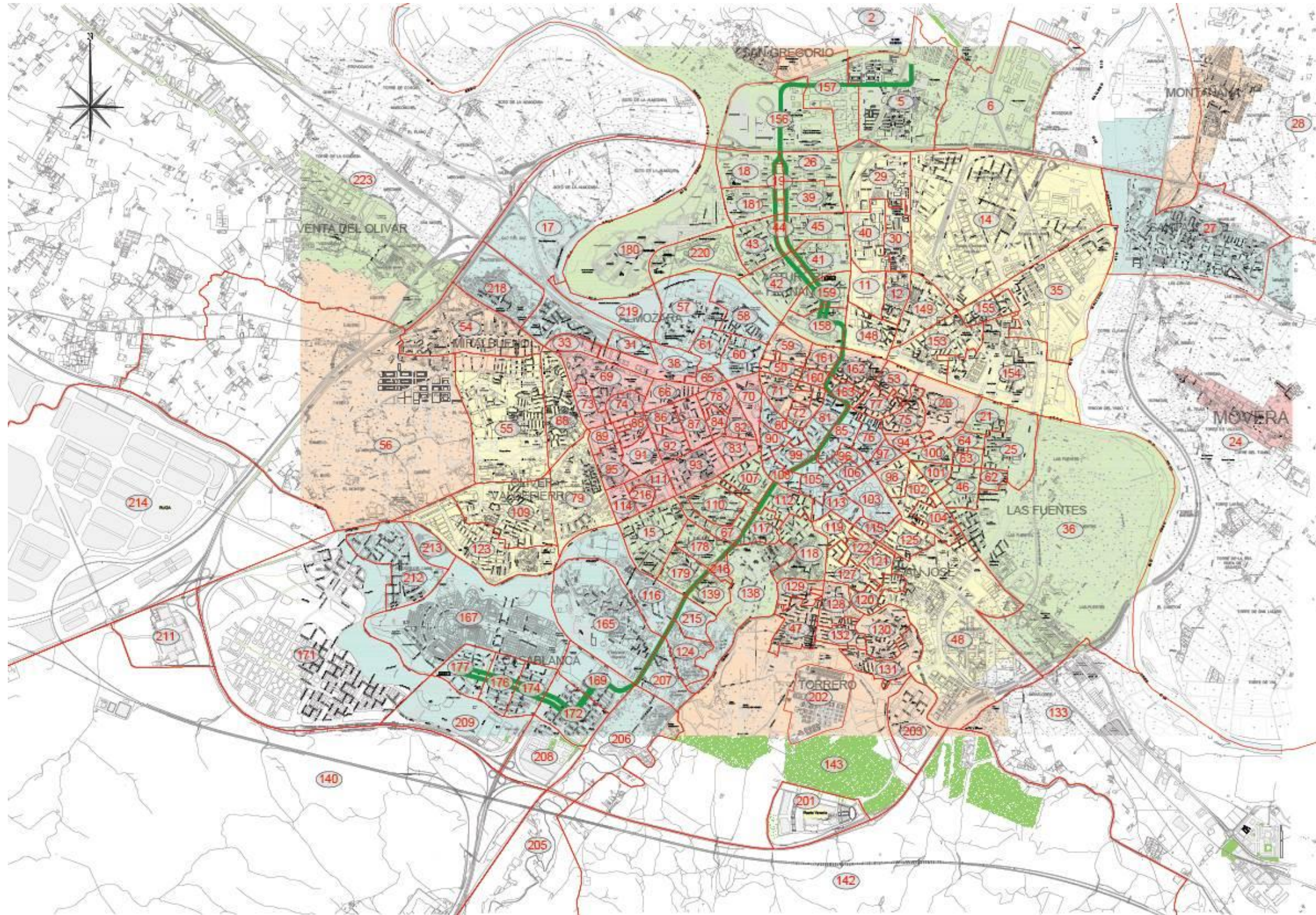


Ilustración 10. Zonificación en el modelo de macrosimulación de Visum



## 4.2. SOFTWARE

La modelación de la movilidad que se propone se aborda mediante la utilización del software de macrosimulación VISUM de PTV AG, para la asignación a la red y la obtención de los datos futuros de demanda. Dicho software se encuentra entre los softwares de modelación de transporte más avanzados del mercado. Se apoyará, cuando sea necesario, por software de microsimulación. Se utiliza la versión 13 de PTV VISUM (año 2013). Se ha elegido esta versión ya que permite migrar el modelo de forma automática a la última versión de VISUM disponible en el mercado (VISUM 15, del año 2015), y a futuras versiones. La operación inversa, es decir, migrar un modelo de VISUM 15 a VISUM 13 no es posible de forma automática.

## 4.3. DEFINICIÓN DEL PERIODO DE ANÁLISIS

Se ha modelizado la hora punta de un día medio laborable.

Para ello se dispone de aforos de las estaciones permanentes para el año 2015, billeteaje de transporte público para un día medio laborable de 2014 (28 de mayo) y carga de pasajeros por línea de autobús para un día medio laborable de 2015 (29 de abril). Además se cuenta con aforos de billeteaje de autobús agregados por mes para el año 2014 y aforos de billeteaje (sube) de la línea 1 de tranvía por parada y minuto para un día medio laborable de 2015 (27 de mayo).

Se ha partido de la información de los aforos de las estaciones permanentes para el año 2015. De dicha información se ha seleccionado el mismo día medio laborable de 2015 que en el caso de transporte público (27 de mayo). Además se ha calculado el promedio de todas las estaciones.

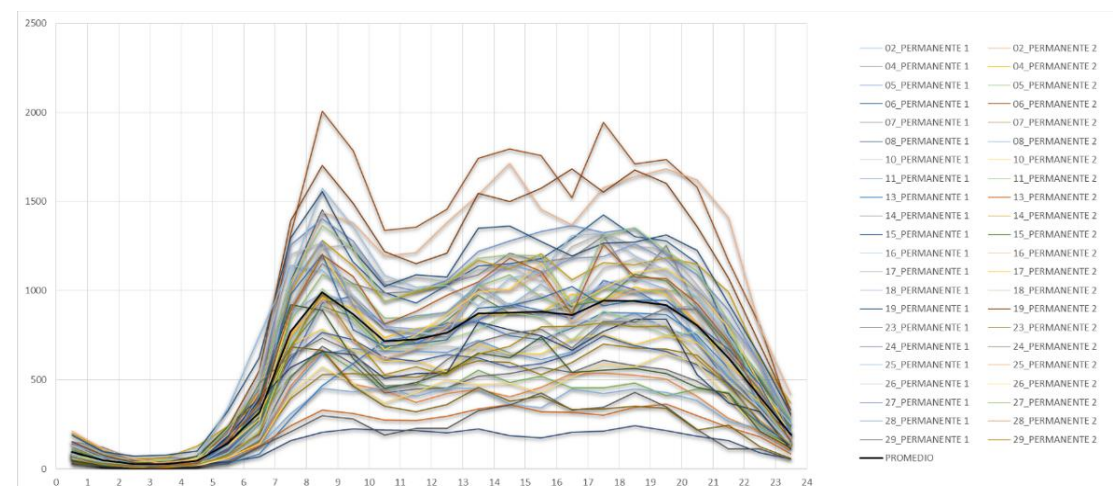


Ilustración 11. Aforos de las estaciones permanentes y su promedio para un día medio laborable

Para el caso del transporte público (autobuses y tranvía) se ha tomado el billeteaje del día medio laborable (28 de mayo de 2014 para los autobuses y 27 de mayo de 2015 para el tranvía).

Con los aforos de las espiras para mayo de 2015, tanto los datos de transporte privado como de transporte público se ha convertido a un día medio laborable de 2015, obteniéndose como hora punta de un día medio laborable el periodo entre las 8:00 y las 9:00 horas.

Para la comparación de los diferentes modos de transporte se han convertido los datos a porcentajes sobre total diario por modo:

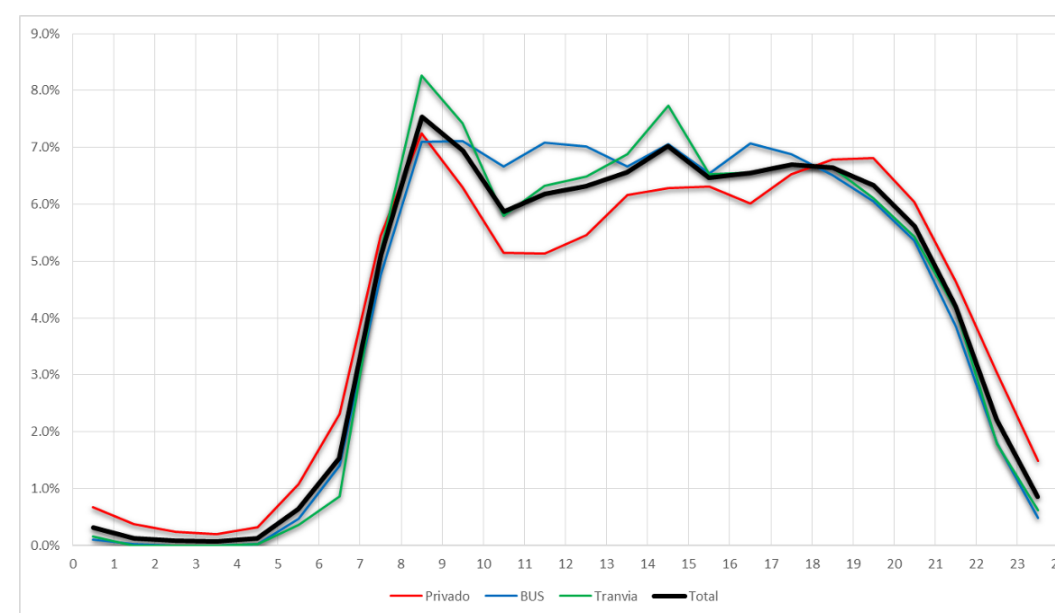


Ilustración 12. Comparativa gráfica entre modos de transporte para el día medio laborable

Tabla 17. Comparativa numérica entre modos de transporte para el día medio laborable

Hora	Privado	Bus	Tranvia	Total
Hora 1	0.7%	0.1%	0.2%	0.31%
Hora 2	0.4%	0.0%	0.0%	0.13%
Hora 3	0.2%	0.0%	0.0%	0.08%
Hora 4	0.2%	0.0%	0.0%	0.07%
Hora 5	0.3%	0.0%	0.0%	0.12%
Hora 6	1.1%	0.5%	0.4%	0.63%
Hora 7	2.3%	1.4%	0.9%	1.53%
Hora 8	5.4%	4.8%	5.2%	5.12%
Hora 9	7.2%	7.1%	8.3%	<b>7.54%</b>
Hora 10	6.3%	7.1%	7.4%	6.95%
Hora 11	5.1%	6.7%	5.8%	5.87%
Hora 12	5.1%	7.1%	6.3%	6.18%
Hora 13	5.5%	7.0%	6.5%	6.32%
Hora 14	6.2%	6.7%	6.9%	6.57%
Hora 15	6.3%	7.1%	7.7%	7.03%
Hora 16	6.3%	6.5%	6.5%	6.46%
Hora 17	6.0%	7.1%	6.6%	6.55%
Hora 18	6.5%	6.9%	6.7%	6.70%
Hora 19	6.8%	6.5%	6.6%	6.65%
Hora 20	6.8%	6.1%	6.1%	6.33%
Hora 21	6.0%	5.4%	5.4%	5.61%
Hora 22	4.6%	3.8%	4.1%	4.20%
Hora 23	3.0%	1.8%	1.8%	2.21%
Hora 0	1.5%	0.5%	0.6%	0.86%

#### 4.4. CODIFICACIÓN

Se ha codificado la red viaria actual, así como las vías de acceso consideradas de la ciudad de Zaragoza.

Con estas premisas se ha elaborado un grafo de la red viaria en estudio. El grafo es la caracterización mediante arcos de la citada red.

En el grafo de la red viaria se representan todas aquellas vías clasificadas como básicas (autopistas, autovías, nacionales,...), así como las vías locales que bien por su nivel de tráfico, o bien por su función de conectividad sean importantes en el ámbito de funcionamiento de la red. Para ello, se utiliza el modelo previo de microsimulación en Aimsun proporcionado por el Ayuntamiento de Zaragoza.

La definición del grafo es paralela a la definición de la zonificación y está de acuerdo con el nivel de información actual de las vías y del territorio, así como con los objetivos perseguidos.

#### 4.5. ELEMENTOS DEL GRAFO

- Las zonas en que se subdivide el territorio están representadas por centroides o puntos donde se considera localizada la generación/atracción de viajes desde y hacia cada una de las zonas. La localización de los centroides se realiza tal y como se ha descrito con anterioridad.
- Los centroides están unidos al resto de la red mediante conectores, que representan, mediante arcos virtuales, la red viaria local por la que los vehículos acceden al resto de la red de carreteras.
- Los nodos (puntos extremos de un arco) representan bien cruces de carreteras/calles donde existe una intersección actual o futura, bien puntos de cambio de sección transversal o de características de trazado y funcionalidad de la vía (de interurbana a local, o a travesía, por ejemplo).
- La ubicación de los centroides y los nodos se identifica a través de un sistema de coordenadas, a fin de que sea posible su representación gráfica mediante el modelo de simulación.
- La tramificación de la red tiene como objetivo definir arcos aproximadamente homogéneos con los cuales poder trabajar el modelo, y con los que pueden hacerse análisis y evaluaciones coherentes con la realidad.
- Cada arco representa un tramo de carretera/vía de longitud variable, pero de características específicas similares (tipo de vía, velocidad, ancho, número de carriles, etc.).

Las características básicas a definir para cada arco de la red viaria del modelo son las siguientes:

- Nodo origen.
- Nodo destino.
- Jerarquía viaria.
- Longitud.
- Velocidad media de circulación.

- Número de carriles.
- Capacidad.

#### 4.6. TRANSPORTE PRIVADO

Para la modelización del transporte privado en Visum, se parte de un modelo de microsimulación en Aimsun del año 2007 y se adapta la tipología de viales del modelo micro a un modelo de macrosimulación. Con esto se consiguen dos objetivos: tener jerarquizada y categorizada la red, y asignar unas velocidades y capacidades a los diferentes tipos de viales.

Tabla 18. Tipologías de arcos del modelo de macrosimulación de Visum

VISUM		VISUM	
Nombre	ID	Nombre	ID
Bloqueado	0	Carretera_urbana_800_50_1_carril	48
Peatones_acera_900_10_1_carril	1	Carretera_urbana_800_50_2_carriles	49
Bici_900_30_1_carril	2	Carretera_urbana_800_50_3_carriles	50
Bici_900_30_2_carriles	3	Carretera_urbana_800_50_4_carriles	51
Internal_Hidden_900_50_1_carril	4	Carretera_urbana_900_60_1_carril	52
Carretera_de_montaña_250_30_1_carril	5	Carretera_urbana_900_60_2_carriles	53
Carretera_de_montaña_800_50_1_carril	6	Carretera_urbana_900_60_3_carriles	54
Libre	7	Carretera_urbana_1200_60_1_carril	55
Libre	8	Libre	56
Libre	9	Calle_sin_semaforo_300_30_1_carril	57
Autopista_1600_90_1_carril	10	Calle_sin_semaforo_300_30_2_carriles	58
Autopista_1800_100_1_carril	11	Calle_sin_semaforo_300_30_3_carriles	59
Autopista_2000_110_1_carril	12	Calle_sin_semaforo_350_40_1_carril	60
Autopista_2100_120_1_carril	13	Calle_sin_semaforo_350_40_2_carriles	61
Autopista_2100_120_2_carriles	14	Calle_sin_semaforo_350_40_3_carriles	62
Autopista_2100_120_3_carriles	15	Calle_sin_semaforo_500_50_1_carril	63
Autopista_2100_120_4_carriles	16	Calle_sin_semaforo_500_50_2_carriles	64
Libre	17	Calle_sin_semaforo_500_50_3_carriles	65
Carretera_interurbana_950_60_1_carril	18	Calle_sin_semaforo_700_50_1_carril	66
Carretera_interurbana_950_60_2_carriles	19	Calle_sin_semaforo_700_50_2_carriles	67
Carretera_interurbana_1100_80_1_carril	20	Calle_sin_semaforo_700_50_3_carriles	68
Carretera_interurbana_1100_80_2_carriles	21	Calle_sin_semaforo_800_50_1_carril	69
Carretera_interurbana_1100_80_3_carriles	22	Calle_sin_semaforo_800_50_2_carriles	70
Carretera_interurbana_1100_80_4_carriles	23	Calle_sin_semaforo_800_50_3_carriles	71
Carretera_interurbana_1200_100_1_carril	24	Calle_sin_semaforo_800_50_4_carriles	72
Carretera_interurbana_1200_100_2_carriles	25	Calle_sin_semaforo_850_50_1_carril	73
Carretera_interurbana_1200_100_3_carriles	26	Calle_sin_semaforo_850_50_2_carriles	74
Carretera_interurbana_1200_100_4_carriles	27	Libre	75
Libre	28	Calle_con_semaforo_500_30_1_carril	76
Arteria_coordinada_900_50_1_carril	29	Calle_con_semaforo_500_30_2_carriles	77
Arteria_coordinada_900_50_2_carriles	30	Calle_con_semaforo_500_30_3_carriles	78
Arteria_coordinada_900_50_3_carriles	31	Calle_con_semaforo_500_30_4_carriles	79
Arteria_coordinada_900_50_4_carriles	32	Calle_con_semaforo_700_50_1_carril	80
Arteria_coordinada_900_50_5_carriles	33	Calle_con_semaforo_700_50_2_carriles	81
Arteria_coordinada_1200_50_1_carril	34	Calle_con_semaforo_700_50_3_carriles	82
Arteria_coordinada_1200_50_2_carriles	35	Calle_con_semaforo_700_50_4_carriles	83
Arteria_coordinada_1200_50_3_carriles	36	Calle_con_semaforo_700_50_5_carriles	84
Arteria_coordinada_1200_50_4_carriles	37	Calle_con_semaforo_850_50_1_carril	85
Arteria_coordinada_1500_50_1_carril	38	Libre	86
Arteria_coordinada_1500_50_2_carriles	39	Ronda_1500_70_1_carril	87
Arteria_coordinada_1500_50_3_carriles	40	Ronda_1500_80_1_carril	88
Arteria_coordinada_1500_50_4_carriles	41	Ronda_1500_80_2_carriles	89
Libre	42	Ronda_1500_80_3_carriles	90
Arteria_no_coordinada_500_50_1_carril	43	Ronda_1500_90_1_carril	91
Arteria_no_coordinada_500_50_2_carriles	44	Salida_1000_80_1_carril	92
Arteria_no_coordinada_500_50_3_carriles	45	Carril_de_intercambio_600_60_1_carril	93
Arteria_no_coordinada_500_50_4_carriles	46	Enlace_de_continuacion_1500_60_1_carril	94
Libre	47	Enlace_de_continuacion_1500_60_2_carriles	95
		Enlace_Entrada/Salida_600_50_1_carril	96
		Enlace_Entrada/Salida_600_50_2_carriles	97
		Carril_de_intercambio_600_60_2_carriles	98
		Tranvia_700_50_1_carril	99

## 4.7. TRANSPORTE PÚBLICO

En el modelo Visum se han codificado, tanto para autobús, como para tranvía (línea 1):

- Paradas actuales
- Líneas actuales
- Horarios actuales
- Velocidades comerciales actuales

### 4.7.1. PARADAS ACTUALES

La red de transporte público de la ciudad de Zaragoza está formada por aproximadamente 950 paradas. Todas ellas, ya sean de autobús o de tranvía se han codificado en el modelo de macrosimulación de Visum.



Ilustración 13. Vista general de las paradas de autobús y tranvía codificadas en el modelo de macrosimulación de Visum

Las paradas se encuentran repartidas por toda la ciudad y en muchos casos son compartidas por varias de las 35 líneas de autobús que ofrecen servicio a la ciudad de Zaragoza.

Como se puede apreciar en las imágenes incluidas a continuación, la cobertura territorial de las 35 líneas de autobús existentes en Zaragoza y la línea 1 de tranvía es muy buena ya que la totalidad de la zona urbana de la ciudad está cubierta por las mismas.

Para realizar este análisis se ha considerado una cobertura territorial de radio 250 m desde cada uno de los puntos de parada. Este valor se considera habitual para ciudades del tamaño de Zaragoza ya que esta distancia se recorre en aproximadamente 5 minutos.

Las manchas amarillas indicadas en el plano adjunto corresponden a la sobreposición de la cobertura territorial de cada uno de los puntos de parada de autobús. Las manchas naranjas, por otro lado, corresponden a la cobertura de las paradas de la línea 1 del tranvía. Como se puede ver en la zona más céntrica de la ciudad ya no se aprecian los círculos ya que se crea un gran continuo de color amarillo y naranja que cubre la mayor parte de la ciudad.

Las paradas situadas entre el centro y el casco histórico de la ciudad son las que concentran un mayor número de líneas de autobús. Otros puntos con un elevado número de líneas por parada se pueden encontrar en el Rabal, el entorno de la Estación de El Portillo y Torrero.

Según datos proporcionados por el Ayuntamiento de Zaragoza, en la actualidad las líneas de autobús están realizando algunas paradas no incluidas en la información de las líneas disponible en la página web de Urbanos de Zaragoza. Estas paradas se han incluido en el modelo de macrosimulación de Visum.





Ilustración 14. Cobertura de las paradas de autobús y tranvía de Zaragoza



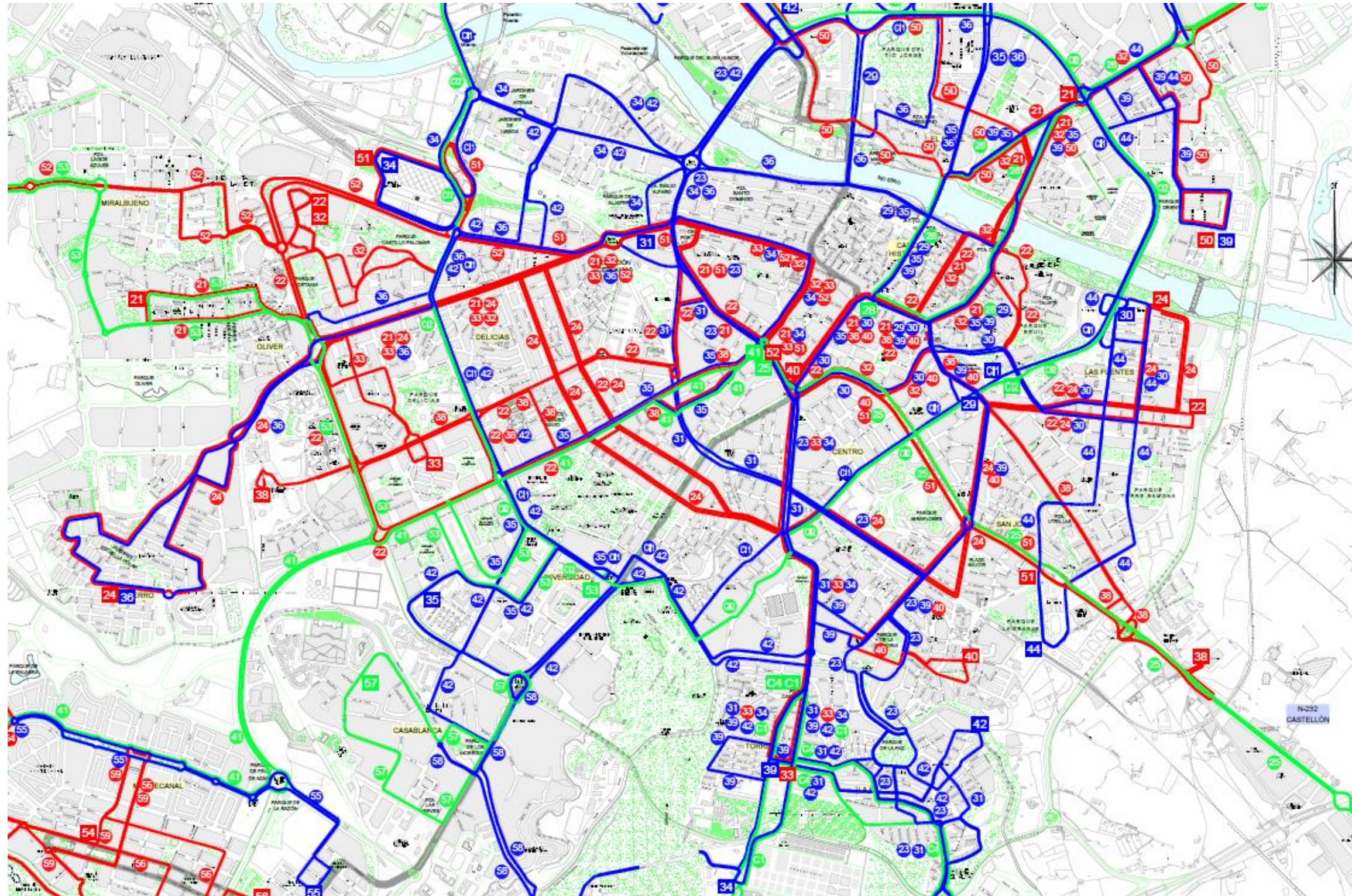


Ilustración 15. Paradas de autobús, según las líneas a las que pertenecen



## 4.7.2. LÍNEAS ACTUALES

### 4.7.2.1. Líneas de autobús urbano

Se han codificado las 35 líneas actuales de autobuses de Zaragoza (no nocturnas), las cuales se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 19. Líneas de autobús de Zaragoza

LÍNEA	NOMBRE DE LÍNEA
21	PLAZA MOZART - OLIVER
22	COMPROMISO DE CASPE - BOMBARDA
23	PARQUE VENECIA - ACTUR-REY FERNANDO - CIUDAD DE LA JUSTICIA
24	LAS FUENTES - VALDEFIERRO
25	LA CARTUJA - PASEO PAMPLONA
28	COSO - MONTAÑANA-PEÑAFLO
29	CAMINO DE LAS TORRES - SAN GREGORIO
30	LAS FUENTES - PLAZA PARAÍSO
31	PUERTO VENECIA - ALJAFERÍA
32	SANTA ISABEL - BOMBARDA
33	VENECIA - DELICIAS
34	ESTACIÓN DELICIAS - CEMENTERIO
35	PARQUE GOYA - VÍA HISPANIDAD
36	PICARRAL - VALDEFIERRO
38	BAJO ARAGÓN - VÍA HISPANIDAD - ESCUELA PIGNATELLI
39	VENECIA - LA JOTA - VADORREY
40	SAN JOSÉ - PLAZA PARAÍSO
41	PUERTA DEL CARMEN - ROSALES DEL CANAL
42	LA PAZ - VALLE DE BROTO
43	JUSLIBOL - MARÍA ZAMBRANO
44	MIRAFLORES - ACTUR-REY FERNANDO
50	VADORREY - SAN GREGORIO
51	PABELLÓN PRÍNCIPE FELIPE - ESTACIÓN DELICIAS
52	MIRALBUENO - PUERTA DEL CARMEN
53	PLAZA EMPERADOR CARLOS V - MIRALBUENO
54	ROSALES DEL CANAL - TRANVÍA
55	MONTECANAL - TRANVÍA
56	VALDESPARTERA - TRANVÍA
57	CASABLANCA - TRANVÍA
58	FUENTE DE LA JUNQUERA - TRANVÍA
59	ARCOSUR - TRANVÍA
C1	PLAZA CANTERAS - COMPLEJO FUNERARIO
C4	FRAY JULIÁN GARCÉS - PUERTO VENECIA
Ci1	CIRCULAR 1
Ci2	CIRCULAR 2

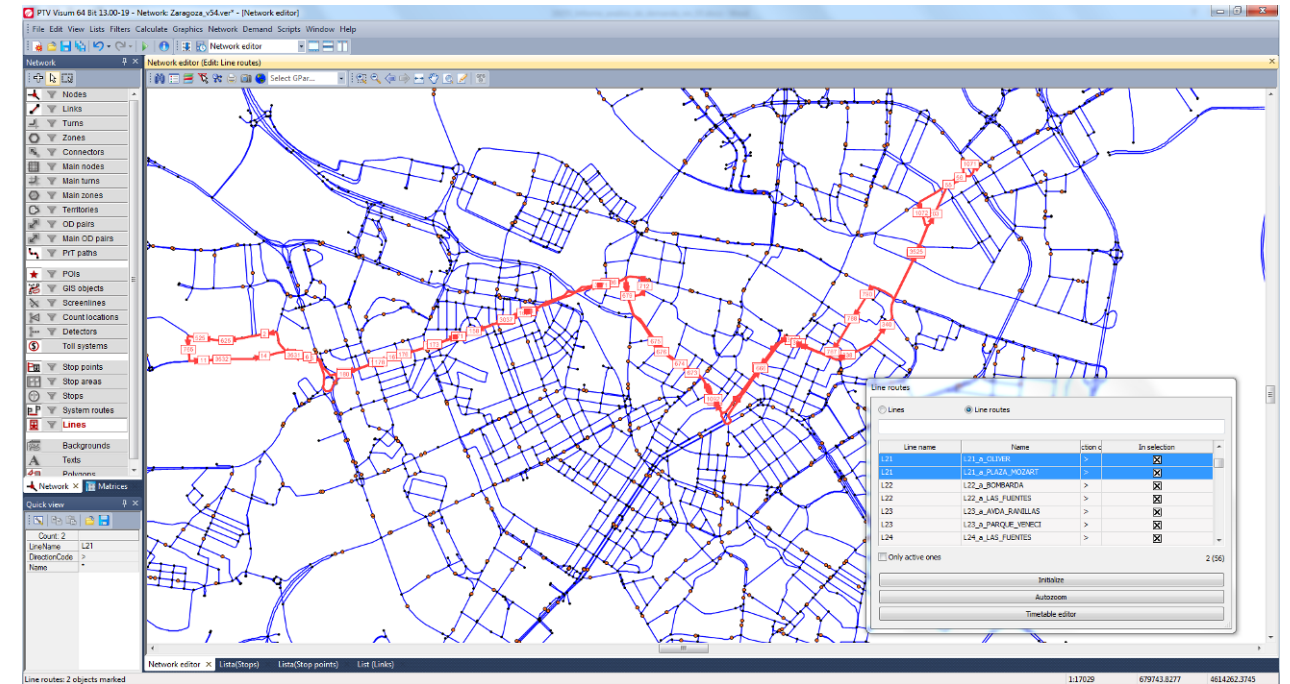


Ilustración 16. Ejemplo de línea de autobús codificada en el modelo de macrosimulación de Visum.

En la tabla siguiente se puede apreciar el número de viajeros y los km recorridos por las líneas de autobús en los últimos años.

Tabla 20. Número de viajeros y km recorridos por las líneas de autobús de Zaragoza. Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza.

	VIAJEROS	KM COMERCIAL
<b>2010</b>	119.278.702	21.909.325
<b>2011</b>	111.042.111	21.084.677
<b>2012</b>	101.607.441	20.895.951
<b>2013</b>	91.397.297	19.079.697
<b>2014</b>	88.388.744	18.464.753

Según datos del 2012, las paradas se encuentran aproximadamente a una distancia media de 300 m (Fuente Auzsa y elaboración propia).

Según datos del 2015, las líneas de autobús mueven más de 300.000 pasajeros diarios en Zaragoza. La línea con más pasajeros es la línea 24 (Las Fuentes - Valdefierro), con unos 27.800 pasajeros diarios, seguida por la línea 33 (Venecia - Delicias) con unos 22.000. Estas dos líneas superan el 16% de los pasajeros de autobús diarios de Zaragoza.

También superan los 18.000 pasajeros diarios las siguientes líneas:

- 23. Parque Venecia – Actur - Rey Fernando - Ciudad de la Justicia
- 32. Santa Isabel - Bombarda
- 39. Venecia - La Jota - Vadorrey
- 42. La Paz - Valle de Broto

En lo que se refiere al número de pasajeros por expedición, las líneas con valores más elevados coinciden de forma general con las líneas con un mayor número de pasajeros.

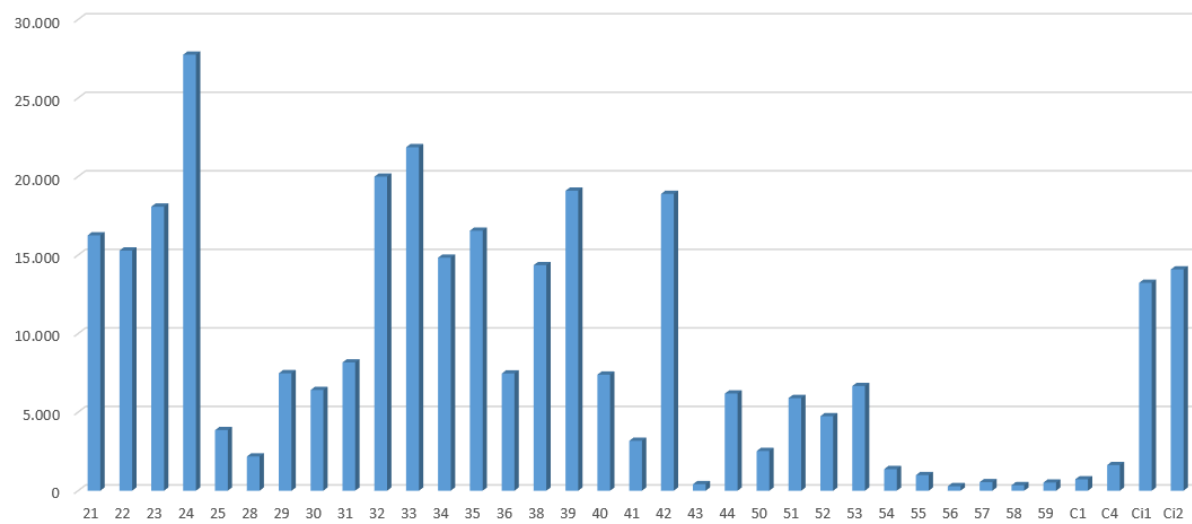


Ilustración 17. Distribución de los pasajeros entre las líneas de autobús de Zaragoza (pasajeros/línea/día)

La longitud promedio de las líneas urbanas de autobús de Zaragoza es aproximadamente de unos 14,5 km.

En el siguiente gráfico se representan las longitudes de todas las líneas.

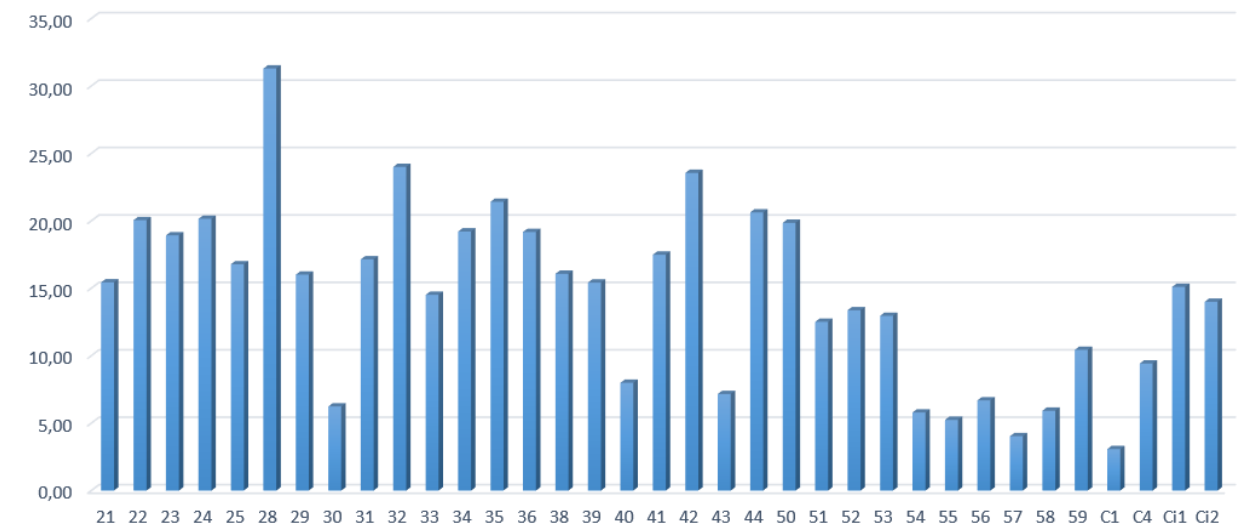


Ilustración 18. Longitud de las líneas de autobús de Zaragoza (km)

La línea C1 (Plaza Canteras – Complejo Funerario) es la que tiene el recorrido más corto y la línea 28 (Coso – Montañana – Peñaflores) es la que tiene el recorrido más largo.

#### 4.7.2.2. Línea 1 de tranvía

También se ha codificado e introducido en el modelo la línea 1 del tranvía.

#### 4.7.3. HORARIOS

##### 4.7.3.1. Líneas de autobús urbano

En el modelo de simulación se han introducido las frecuencias de las líneas en la hora punta procedentes de la web de Auzsa.

Tabla 21. Frecuencias de las líneas de autobús en la hora punta. Fuente: Urbanos de Zaragoza

LÍNEA	NOMBRE DE LÍNEA	FRECUENCIA (min)	
		IDA	VUELTA
21	PLAZA MOZART - OLIVER	7	7
22	COMPROMISO DE CASPE - BOMBARDA	8	8
23	PARQUE VENECIA - ACTUR-REY FERNANDO - CIUDAD DE LA JUSTICIA	7	7
24	LAS FUENTES - VALDEFIERRO	6	6
25	LA CARTUJA - PASEO PAMPLONA	10	10
28	COSO - MONTAÑANA-PEÑAFLO	30	30
29	CAMINO DE LAS TORRES - SAN GREGORIO	9	9
30	LAS FUENTES - PLAZA PARAÍSO	9	/
31	PUERTO VENECIA - ALJAFERÍA	11	11
32	SANTA ISABEL - BOMBARDA	7	7
33	VENECIA - DELICIAS	6	6
34	ESTACIÓN DELICIAS - CEMENTERIO	6	6
35	PARQUE GOYA - VÍA HISPANIDAD	7	7
36	PICARRAL - VALDEFIERRO	11	11
38	BAJO ARAGÓN - VÍA HISPANIDAD - ESCUELA PIGNATELLI	6	6
39	VENECIA - LA JOTA - VADORREY	5	5
40	SAN JOSÉ - PLAZA PARAÍSO	7	7
41	PUERTA DEL CARMEN - ROSALES DEL CANAL	15	15
42	LA PAZ - VALLE DE BROTO	7	7
43	JUSLIBOL - MARÍA ZAMBRANO	30	30
44	MIRAFLORES - ACTUR-REY FERNANDO	11	11
50	VADORREY - SAN GREGORIO	15	15
51	PABELLÓN PRÍNCIPE FELIPE - ESTACIÓN DELICIAS	11	11
52	MIRALBUENO - PUERTA DEL CARMEN	14	14
53	PLAZA EMPERADOR CARLOS V - MIRALBUENO	8	8
54	ROSALES DEL CANAL - TRANVÍA	9	/
55	MONTECANAL - TRANVÍA	8	/
56	VALDESPARTERA - TRANVÍA	22	/
57	CASABLANCA - TRANVÍA	7	/
58	FUENTE DE LA JUNQUERA - TRANVÍA	30	/
59	ARCOSUR - TRANVÍA	30	/
C1	PLAZA CANTERAS - COMPLEJO FUNERARIO	15	15
C4	FRAY JULIÁN GARCÉS - PUERTO VENECIA	15	15
Ci1	CIRCULAR 1	8	8
Ci2	CIRCULAR 2	7	7

La frecuencia promedio de las líneas urbanas de autobús que operan en Zaragoza es aproximadamente de unos 12 minutos.

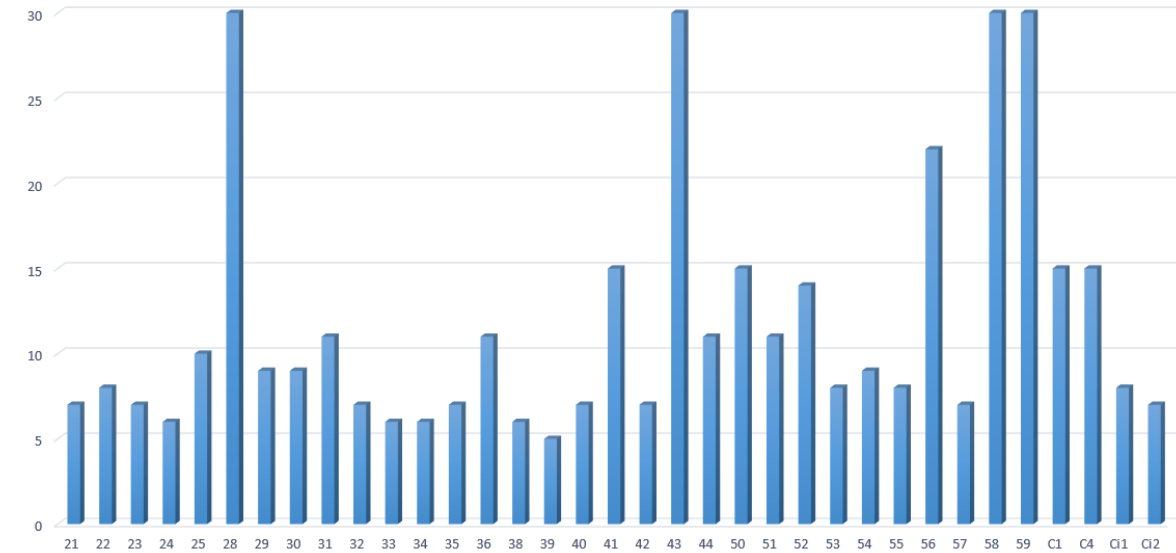


Ilustración 19. Frecuencias de las líneas de autobús de Zaragoza (min)

Las líneas de autobús que tienen mayor frecuencia en hora pico (aproximadamente cada 6 minutos) son las siguientes:

- 24. Las Fuentes – Valdefierro
- 33. Venecia – Delicias
- 34. Estación Delicias – Cementerio
- 38. Bajo Aragón – Vía Hispanidad – Escuela Pignatelli
- 39. Pinares de Venecia – La Jota - Vadorrey

Por otro lado, las líneas que tienen menor frecuencia en hora punta son:

- 28. Coso – Montañana – Peñaflo
- 43. Juslibol – María Zambrano
- 58. Fuente de la Junquera – Tranvía
- 59. Arcosur – Tranvía

#### 4.7.3.2. Línea 1 del tranvía

Asimismo, se han introducido en el modelo la frecuencia de la línea 1 del tranvía, que, para la hora punta en días laborables, es de 5 min en ambos sentidos, como se indica en la página web de la SEM Los Tranvías de Zaragoza ([www.tranviasdezaragoza.es](http://www.tranviasdezaragoza.es)).

#### 4.7.4. VELOCIDADES COMERCIALES ACTUALES

##### 4.7.4.1. Líneas de autobús urbano

En el modelo de simulación se han introducido las velocidades comerciales actuales proporcionadas por el Ayuntamiento de Zaragoza para un día laborable medio del año 2015.

Tabla 22. Velocidades comerciales de las líneas de autobús (km/h). Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza

LINEA Nº	VELOCIDAD COMERCIAL
21	11,15
22	12,11
23	12,32
24	11,98
25	19,86
28	21,66
29	13,45
30	10,73
31	13,94
32	13,64
33	10,83
34	12,16
35	12,30
36	13,71
38	10,70
39	12,07
40	10,04
41	17,77
42	13,46
43	14,41
44	16,26
50	14,96
51	11,78
52	14,00
53	15,13
54	19,68
55	20,28
56	19,77
57	18,01
58	12,11
59	20,42
C1	12,16
C4	18,68
Ci1	13,78
Ci2	14,19

La velocidad promedio de las líneas de autobús urbanas que operan en Zaragoza es aproximadamente de unos 15 km/h.

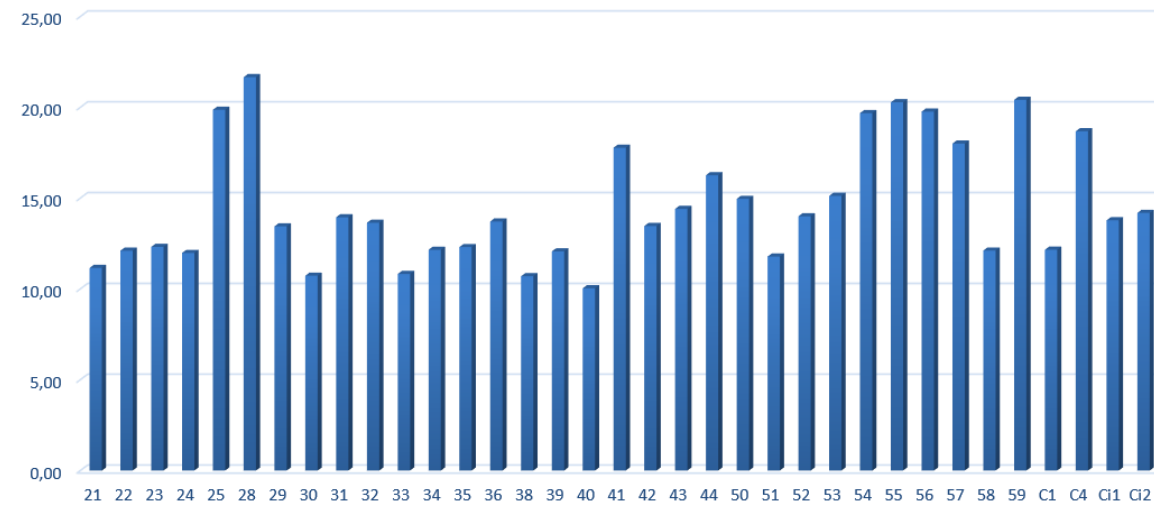


Ilustración 20. Velocidad comercial de las líneas de autobús de Zaragoza (km/h)

La línea 40 (San José – Plaza Paraíso) es la que tiene la velocidad comercial más baja, mientras la línea 28 (Coso – Montañana – Peñaflo) es la que tiene una mayor velocidad comercial ya que gran parte de su recorrido discurre fuera de las vías más congestionadas de la ciudad.

#### 4.7.4.2. Línea 1 del tranvía

Se han introducido en el modelo la velocidad comercial de la línea 1 de tranvía que corresponde a 19,73 km/h, de acuerdo con información facilitada por el Ayuntamiento de Zaragoza.



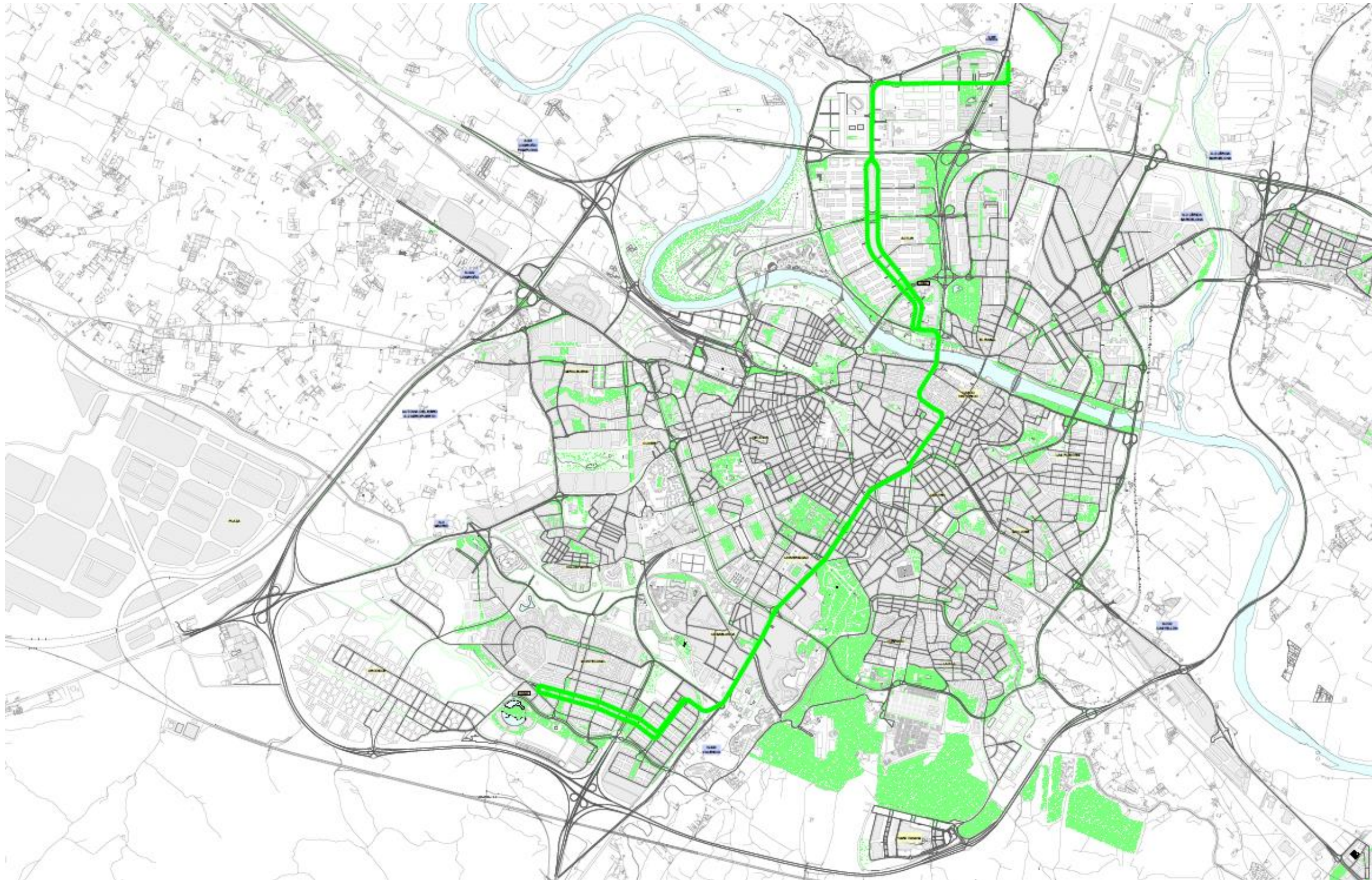


Ilustración 21. Línea 1 de tranvía y red codificada en el modelo de macrosimulación de Visum



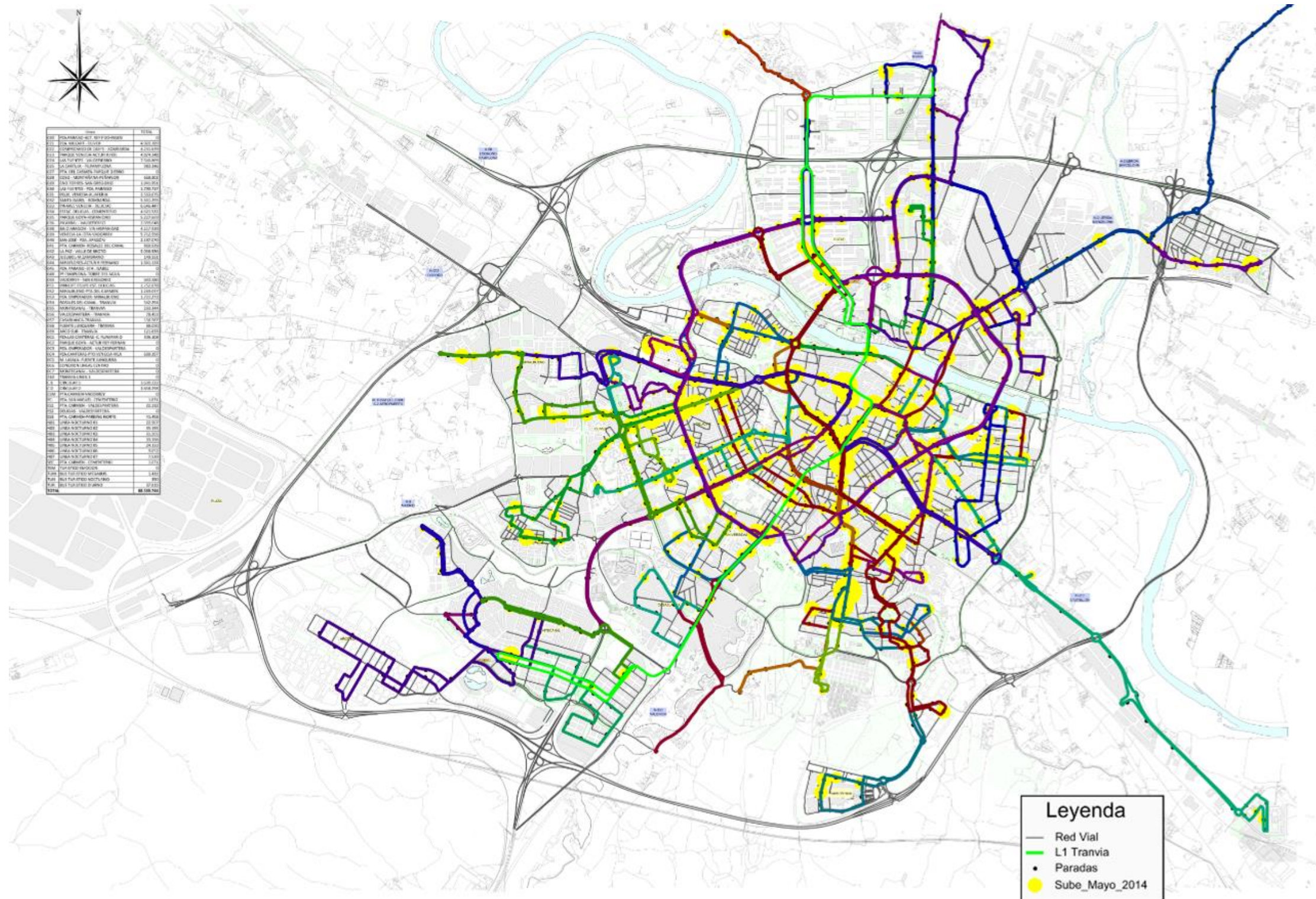


Ilustración 22. Líneas de autobús y tranvía codificadas en el modelo de macrosimulación de Visum



#### 4.8. CORRECCIÓN DE RED

Una vez definida la tipología de arcos, se corrige la red importada, es decir, se da continuidad y lógica a la red vial. Al proceder la red base de una exportación de otro software de simulación, en este caso Aimsun, se producen ciertos errores como pueden ser el solapamiento de nodos, incoherencia en la continuidad de la red, arcos duplicados, inexistencia de red vial, etc. Por esta razón se debe comprobar y depurar la red.

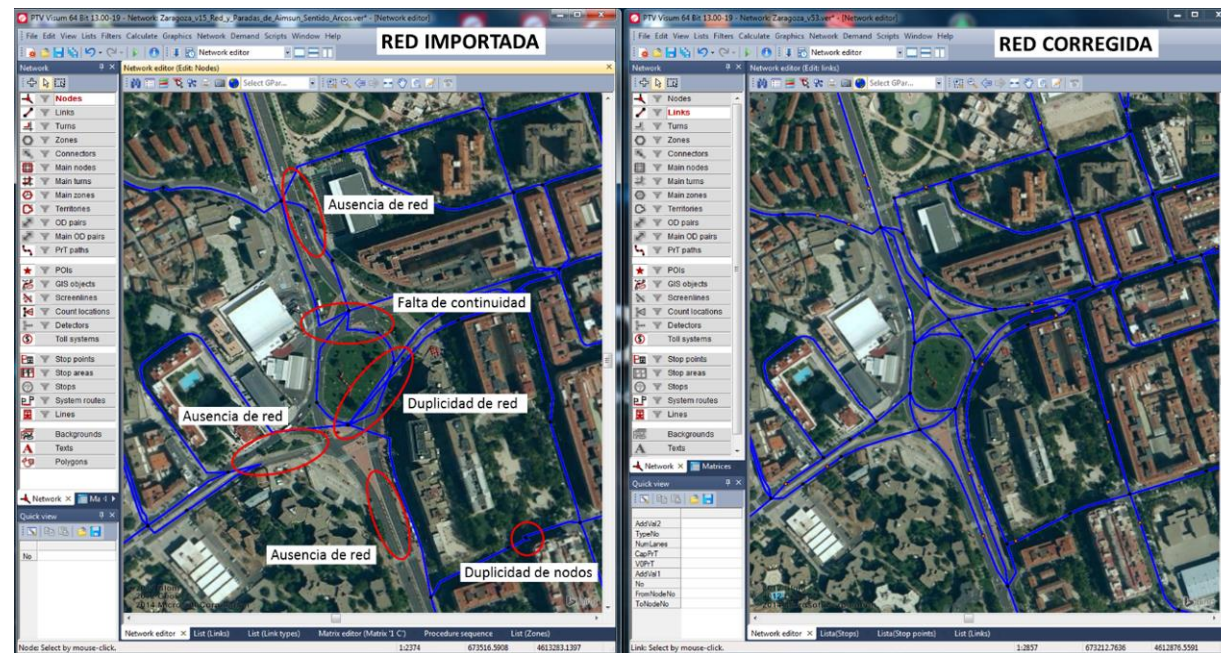


Ilustración 23. Ejemplo de correcciones requeridas por la red importada

#### 4.9. DATOS PARA LAS MATRICES OD

Con la zonificación propuesta, se introducen las matrices procedentes de los modelos previos de transporte privado (año 2007) y transporte público (2011), adecuando dichas matrices a la zonificación actual.

La información recogida en los estudios anteriores ha constituido la base para determinar el flujo de viajes generados y atraídos en la actualidad en la gran mayoría de las zonas del ámbito de estudio.

Se han creado matrices de viajes OD, lo que en ocasiones conlleva que existan relaciones de movilidad en las que no se conozca el flujo de vehículos para todos los modos de transporte.

Sin embargo, estos datos básicos sobre viajes, que en terminología matricial supone el conocimiento de la suma por filas y por columnas de las matrices de movilidad actuales y de algunas de las relaciones zonales, permite obtener mediante modelos de estimación de matrices, una estimación de la posible distribución de los totales de viajes entre las distintas zonas. Los métodos de estimación más frecuentemente empleados pertenecen a la tipología de los métodos de máxima verosimilitud, sin embargo, existen posibilidades más simples de conseguir esta primera aproximación. El software VISUM proporciona los programas de soporte necesarios para llevar a cabo esta tarea.

El tráfico de la red base se emplea para reajustar la primera estimación de la matriz base, en un proceso iterativo de reajuste mediante la asignación en la red base hasta conseguir la reproducción, con un cierto margen de error de los aforos en los arcos de la red. El resultado final son las matrices de viajes entre zonas (O/D) totales.

#### 4.10. MODELOS DE ASIGNACIÓN DE VIAJES PARA TRANSPORTE PRIVADO

Para realizar la asignación del tráfico a la red se ha utilizado el método de Multiequilibrio, que se basa en un proceso iterativo en el que por medio de la comparación del coste generalizado del transporte entre diferentes itinerarios (pares Origen/Destino), se va asignando en cada iteración una intensidad de tráfico a cada arco. El modelo incluye una función de impedancia que limita la capacidad de los arcos (función de restricción de la capacidad), de modo que cuando un arco se satura se eleva el coste generalizado de transporte y el tráfico se vuelve a reasignar para que el sistema global se encuentre en equilibrio.

Considerando un punto inicial de origen del viaje, un punto final de destino, y los distintos itinerarios posibles, el método de asignación se apoya en las distancias y tiempos de recorrido como variables fundamentales para evaluar el coste total del recorrido.

Con objeto de representar la realidad de la manera más fiel posible, se define para cada tramo del recorrido unas funciones de restricción de capacidad o de impedancia, que representan la dificultad de la circulación a medida que aumenta el tráfico, según las cuales la velocidad de circulación a lo largo de un arco disminuye a medida que el tráfico se va congestionando en dicho arco.

La función utilizada en el presente estudio está tomada del American Bureau of Public Roads (BPR):

$$t_{act} = t_o \left[ 1 + a \left( \frac{q}{q_{max} c} \right)^b \right]$$

siendo,

- $t_0$  Tiempo de recorrido en condiciones normales, medido in situ
- $q$  Intensidad de tráfico en el arco
- $q_{max}$  Capacidad del arco
- $a, b, c$  Parámetros constantes que definen la función de restricción de capacidad.

## 4.11. MODELOS DE ASIGNACIÓN DE VIAJES PARA TRANSPORTE PÚBLICO

### 4.11.1. PROCEDIMIENTO DE ASIGNACIÓN

Se realiza una asignación tipo Headway-based. Este procedimiento, basado en frecuencias, es ideal para redes urbanas con intervalos de tiempo cortos y para la planificación conceptual a largo plazo.

Para este tipo de asignación cada línea se describe mediante la ruta de la línea, los tiempos de recorrido entre las paradas, y la frecuencia.

El procedimiento basado en frecuencias determina el tiempo de espera en transbordos en paradas para una frecuencia media de las sucesivas líneas. Los tiempos de espera en transbordos son generalmente considerados a nivel global, lo que significa que las salidas de las diferentes líneas son independientes entre sí. Procediendo sin el horario, a nivel de viajes individuales, se consigue reducir los tiempos de cálculo, incluso para grandes redes.

La asignación tipo Headway-based, se compone de tres pasos.

- cálculo de la frecuencia
- búsqueda y elección de ruta
- cargado de rutas

En el segundo paso, se detectan los posibles caminos entre dos zonas de tráfico y simultáneamente se especifica una distribución entre ellos. Los caminos no representan conexiones, sino rutas, ya que el cálculo no se realiza en el eje de tiempo,

sino que simplemente se refiere al tiempo de viaje y las frecuencias. En el tercer paso, las rutas encontradas en la búsqueda se cargan con la demanda de la matriz y se almacenan en memoria (si se desea).

Este procedimiento no sólo determina las rutas óptimas, sino también aquellas que son lo suficientemente buenas. Sin embargo, el tiempo de espera en transbordos lo considera de forma global.

### 4.11.2. CÁLCULO DE LAS FRECUENCIAS

Se realiza el cálculo de acuerdo al tiempo de espera medio según los horarios.

La frecuencia de una línea  $\tau^{a,b}$  se define como el doble del tiempo de espera estimado para la próxima salida de la línea en el caso de acceso aleatorio en el intervalo de tiempo  $[a, b)$ .

$F_l = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  es el conjunto de horas de salida de la línea en el intervalo  $l = [a, b)$ . La primera salida después de la hora  $b$  se indica como  $x'$ . Puesto que tal salida no tiene por qué existir o puede ocurrir más tarde, se considera también la salida ficticia  $x'' = x + (b - a)$ , que resulta de la continuación cíclica del horario en  $l$ . Para el cálculo del tiempo de espera al final de  $l$  se usa la salida  $x_{n+1} = \min\{x', x''\}$ .

La frecuencia se define con la siguiente fórmula:

$$\tau^{a,b} = \frac{1}{b-a} \sum_{i=0}^n \Delta_i$$

Donde se aplica:  $\Delta_0 = (x_1 - a)^2$ ,  $\Delta_i = (x_{i+1} - x_i)^2$  y  $\Delta_n = (x_{n+1} - x_n)^2 - (x_{n+1} - b)^2$

$\hat{i}\{1, \dots, n-1\}$ .  $\Delta_i$  es el tiempo de espera estimado en cada subintervalo.

### 4.11.3. COSTES GENERALIZADOS E IMPEDANCIA

Para la búsqueda y elección de rutas, los caminos se evalúan por su impedancia o costes generalizados respectivamente. Incluyen un tiempo de viaje percibido (Perceived Journey Time, PJT) y un componente en base a la tarificación (tarifa o cuota de puntos de tarifas).

$$IMP = PJT * FacPJT + Puntos\ tarifarios\ o\ Tarifas * FacTarifa$$

#### 4.11.3.1. Tiempo de viaje percibido PJT

El tiempo de viaje percibido PJT, tiene la unidad "Minutos" y consta de los siguientes tiempos:

The screenshot shows a software window with the following parameters and values:

- Impedancia**: = 1.0000 \* TVP[**min**]
- + 0.0000 \* Puntos tarifarios
- Tiempo de viaje**: = 1.0000 \* Tiempo En-vehículo = 1.0
- + 1.0000 \* Tiempo de viaje PuTAdic
- + 1.0000 \* Tiempo de Entrada
- + 1.0000 \* Tiempo de Salida
- + 1.0000 \* Tiempo de caminata
- + 1.0000 \* Tiempo espera inicial = Fórmula
- + 1.0000 \* Espera en transbordo = 1.0
- + 10min \* Núm.de transbordos
- + Penalidad de abordaje PuT = 0.0
- + Penalidad de abordaje PuT-Aux = 0.0
- + Demora media = 0.0

Ilustración 24. Impedancia y tiempo de viaje

Los tiempos de viaje, los costes, etc. son deterministas. El tiempo de espera en origen y el tiempo de espera en transbordos son el resultado de las frecuencias previamente determinadas para la línea de transporte público en la que el pasajero se sube en la parada de origen o en la parada del transbordo. Dentro de los límites de sus frecuencias, dependen de forma aleatoria de la posición relativa entre las líneas de transbordo.

El tiempo de cálculo se puede multiplicar si se usa un atributo del perfil de tiempo seleccionado por el usuario con el fin de modelizar la relación vol/cap (por ejemplo la disponibilidad de asientos) u otros aspectos de la facilidad de uso (por ejemplo el nivel de confort) de una línea.

También puede haber otras sanciones de tiempo individuales y factores de ponderación para embarques o transbordos que se pueden tomar en consideración.

Con las penalizaciones de tiempo se puede, por ejemplo, modelizar que los pasajeros prefieren algunas líneas sobre otras debido a su mejor calidad de viaje, o porque por lo general son puntuales. Con las penalizaciones de tiempos de espera se puede modelizar que los pasajeros prefieren esperar en unas paradas más que en otras.

#### 4.11.3.2. Puntos tarifarios

Es el total de todos los puntos de tarificación que se recorren a lo largo de la ruta. Los puntos tarifarios se pueden definir para un perfil de tiempo o por el sistema de transporte para un arco. Para perfiles de tiempo, se proporcionan cuatro atributos: puntos tarifarios por elemento de perfil de tiempo, puntos tarifarios para embarque, para atravesar, y para bajarse en una parada.

#### 4.11.4. MODELOS DE ELECCIÓN DE EMBARQUES

En modelos de asignación basados en frecuencias es habitual suponer que los pasajeros conocen las frecuencias y las horas. La información adicional de la que disponen es esencial para estimar su comportamiento a la hora de decidir si realizan el embarque o transbordo.

En Visum se dispone de una opción según la cual en las paradas se dispone de información sobre la próxima salida de las líneas. Ésta se aplica, por ejemplo, cuando existen en las paradas sistemas dinámicos de información a pasajeros. Los pasajeros pueden entonces ver cuál de las líneas que salen próximamente les ofrece un menor tiempo de viaje hasta su destino. Como resultado, por ejemplo, no subirán a una línea si el sistema de información les indica que poco después de esta línea llegará otra línea mucho más rápida.

El pasajero no se limita a subir a la primera línea en llegar de un cierto conjunto. Debido a que todos los tiempos de espera  $w_i$  son conocidos, la decisión del pasajero no está sujeta a influencias estocásticas. El pasajero seleccionará exactamente la línea cuyos costes remanentes  $s_i + w_i$  son mínimos.

El conjunto de líneas óptimas se compone de todas las líneas que tienen el menor coste en ciertos puntos de horarios.

$$i^* = \max \{i: s_j < \min_j \{s_j + h_j\}\} \quad y \quad L^* = L_{i^*}$$

El conjunto óptimo de líneas incluye aquellas que son óptimas en casos de borde, ya que llegan sin tiempo de espera alguno, mientras que todas las otras líneas tienen que ser esperadas durante un intervalo de frecuencia completo.

#### 4.11.5. BÚSQUEDA DE RUTAS

La demanda de viajes de un par OD se introduce en la zona de origen. Varias alternativas que tienen diferentes frecuencias e impedancias pueden estar disponibles con la elección de la primera línea ya realizada. Toda la demanda está ahora dividida - como es el caso en todos los puntos de decisión posteriores - entre todas las alternativas razonables. Cómo sucede esto exactamente, depende del modelo de elección utilizado, que en este caso supone que el pasajero conoce las frecuencias de las líneas y dispone de información de las horas de salida en las paradas.

La imprecisión estocástica implica que todas las líneas utilizadas tienen una frecuencia y un tiempo de espera para una línea aleatoria. Incluso una línea que es menos atractiva para los pasajeros debido a su mayor impedancia puede tener un cierto porcentaje de la demanda. Cuando la información sobre las salidas está disponible en las paradas, esto puede ocurrir, por ejemplo, si la línea con alta probabilidad sale mucho antes que otras alternativas cualitativamente mejores, de manera que esta ventaja de tiempo compensa su impedancia superior.

Como resultado de esta suposición fundamental de la modelización, la búsqueda de la ruta en la asignación basada en frecuencias no se basa en las rutas más cortas, sino que crea un gráfico de decisión dirigida para cada zona de destino. Las paradas en las que los pasajeros tienen varias alternativas representan los nodos de este gráfico de decisiones, los cuales son conocidos como puntos de decisión. Los caminos en este gráfico representan las diversas opciones para llegar a la zona de destino.

El factor decisivo es la asunción de que, entre las diversas opciones disponibles, los pasajeros podrán hacer su elección para continuar su viaje en cada parada sobre la base de este gráfico de probabilidad - independientemente de cómo llegasen a esta parada.

En el proceso de búsqueda, únicamente se mantienen (lo que significa que se cargan en el gráfico de decisión) las rutas que son evaluadas positivamente por el modelo de elección seleccionado. En el caso con información a pasajeros, esto significa que en cada punto de decisión atravesado, una ruta es probablemente la mejor opción entre todas las alternativas disponibles.

## 5. CALIBRACIÓN

El objetivo de la calibración es doble. Por una parte obtener las matrices OD de viajes para todos los modos; y por otra, obtener las herramientas necesarias que permitan llevar a cabo una prognosis de las matrices OD de movilidad futura para los años horizonte y en su caso, para cada uno de los escenarios considerados.

A fin de calibrar el modelo, se comparan las intensidades de tráfico que resultan de la asignación de las matrices O/D obtenidas, con los aforos.

En una primera iteración, cuando las cifras obtenidas en algunos arcos no coinciden con los resultados esperados, se analiza con mayor detalle el modelo utilizado, la información específica de cada arco y el funcionamiento general del grafo, para realizar las modificaciones pertinentes.

Este proceso iterativo se realiza sucesivamente hasta que el modelo está calibrado, permitiendo un margen de error entre el 3% y el 20% (en función del valor absoluto de la intensidad) con respecto a los valores reales.

Se utilizan para la calibración los datos de aforos: conteos para el transporte privado y billeteaje para el transporte público (sube por parada y carga de pasajeros por línea).

Para ello se utiliza el módulo TFlowFuzzy de PTV-Vision, el cual se describe a continuación.

La metodología empleada para la corrección de la matriz previa de viajes se basa en la regeneración o "actualización" de una matriz base a partir de unos aforos.

Desde los años ochenta, principalmente en los países de habla inglesa, las llamadas técnicas de corrección de la matriz (o actualización de la matriz) se han utilizado para producir una matriz de demanda actual a partir de una matriz de demanda previa (matriz semilla) utilizando los valores actuales de conteo de tráfico. Basada en la investigación de Van Zuyten/Willumsen (1.980), Bosserhoff (1.985) y Rosinowski (1.994), tradicionalmente esta metodología se ha aplicado a matrices de transporte privado, pero estas técnicas se han extendido a modelos de transporte público.

El flujo de información sigue el siguiente orden:

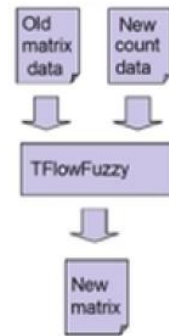


Ilustración 25. Flujo de información para la obtención de la matriz corregida.

El procedimiento de trabajo para la calibración de la matriz sigue el esquema representado en la siguiente imagen:

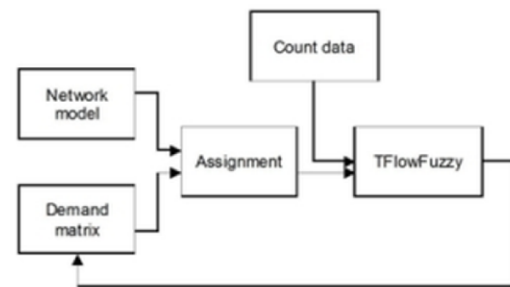


Ilustración 26. Proceso de calibración de la matriz

En comparación con otros procedimientos, el TFlowFuzzy destaca por las siguientes características:

- Puede combinar diferentes datos de entrada para la corrección de la matriz: tráfico origen/destino, volúmenes de arcos, giros, aforos pantalla, viajes de pasajeros por línea, pasajeros que suben/bajan, y distribuciones (por ejemplo, distancia de viaje).
- No es necesario que estén disponibles los valores de conteos para todos los objetos de la red.
- La incertidumbre estadística de las cifras de conteo se puede modelizar de forma explícita.
- Se puede especificar que la distribución de la matriz resultado debe coincidir con la distribución de una matriz de demanda existente.

- Se pueden utilizar los datos de conteos que sólo cubran una parte de las líneas de transporte público. En este caso, sólo se tienen en cuenta para el cálculo los volúmenes o datos de sube/baja de pasajeros referentes a los elementos de las líneas de ruta activas.

La aproximación que establece Rosinowski considera que los aforos disponibles no son fiables al 100%, sino que pueden fluctuar hasta un 20% respecto al día en el que se tomaron los datos.

Por ello, considera que los  $m$  aforos empleados para la actualización de la matriz se sitúan dentro de un intervalo tal que:

$$\hat{v}_s \in [\underline{s}, \bar{s}]$$

Siendo:

$$\underline{s} = v - \underline{v}$$

$$\bar{s} = \bar{v} - v$$

Se parte de una matriz O/D de pasajeros base y de un vector de aforos  $\hat{v}_s$ , donde cada valor se sitúa dentro de un intervalo determinado.

$$\begin{pmatrix} 0 & \dots & t_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1} & \dots & 0 \end{pmatrix} = \tilde{t}_{ij}$$

Donde  $\tilde{t}_{ij}$  es la demanda de pasajeros entre las zonas  $i$  y  $j$ .

En el proceso de corrección de matrices el principal problema surge de que habitualmente  $m \ll n^2$  por lo que existe una gran combinación de matrices  $t_{ij}$  que convergen a los aforos.

Con el fin de obtener la mejor matriz OD, esto es, la que difiera menos de la matriz base, se resuelve el siguiente problema, basado en la máxima entropía:

$$\text{maximize } q(t) + q(\bar{s}) + q(\underline{s})$$

Tal que:

$$A \cdot t + \bar{s} = \bar{v}$$

$$A \cdot t - \underline{s} = \underline{v}$$



$$\bar{s} \geq 0$$

$$\underline{s} \leq 0$$

Siendo:

$$q(t) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij} \cdot \ln \frac{t_{ij}}{\tilde{t}_{ij}} - t_{ij}$$

$$q(\bar{s}) = - \sum_{l=1}^m \bar{s}_l \cdot \ln \frac{\bar{s}_l}{\bar{\tilde{s}}_l} - \bar{s}_l$$

$$q(\underline{s}) = - \sum_{l=1}^m \underline{s}_l \cdot \ln \frac{\underline{s}_l}{\underline{\tilde{s}}_l} - \underline{s}_l$$

Donde:

$t_{ij}$  es la demanda entre las zonas i y j en la nueva matriz y  $\tilde{t}_{ij}$  es la demanda entre las zonas i y j en la matriz base.

$\bar{s}$  son las variables consideradas para incorporar dentro de la formulación de la entropía del intervalo en el que se encuentran los aforos, de manera que se amplía el espacio donde encontrar las matrices, logrando mejores resultados para la obtención de la función q.

“A” es una matriz de combinación lineal entre la demanda O/D y los aforos.

Con esta aproximación de Rosinowky, que permite la actualización de matrices, se ha determinado la matriz de desplazamientos de los usuarios de transporte de la ciudad de Zaragoza.

El software VISUM permite la realización del proceso anterior basándose en los aforos disponibles para la red partiendo de una matriz base que en este caso es la matriz de pasajeros.

Los parámetros empleados en este proceso son:

- Factor de corrección de la matriz  $\Delta = 20$ . Este factor garantiza que en el caso de que no se encuentre solución dentro del rango de aforos el proceso se vuelva inestable y no encuentre solución.

- Número máximo de iteraciones 30.

- Parámetros de convergencia: Se ha establecido que se alcanza la convergencia cuando todo par origen destino en la iteración n es igual al de la iteración anterior n-1. Cuando se alcanza la convergencia el proceso iterativo se detiene.

A partir de la matriz de desplazamientos, se pueden conocer las principales relaciones OD en la actual red de transporte de la ciudad, que tal y como se conocía previamente (de estudios previos consultados), se producen principalmente desde y hacia el centro de la ciudad.

Para la validación de la calibración y del modelo de tráfico se utiliza el estadístico GEH. La fórmula del estadístico GEH es utilizada en la ingeniería de tráfico, previsión de tráfico y modelización de tráfico para comparar 2 conjuntos de volúmenes de tráfico. La fórmula GEH recibe su nombre de Geoffrey E. Havers, quien lo inventó en la década de 1970, mientras trabajaba como planificador de transporte en Londres, Inglaterra. Aunque su formulación matemática es similar a un test chi-cuadrado, no es una verdadera prueba estadística. Más bien, es una fórmula empírica que ha demostrado ser útil para una variedad de propósitos en el terreno del análisis de tráfico.

La fórmula del estadístico GEH es:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

Donde M es el volumen de tráfico horario del modelo de tráfico (o conteo nuevo) y C es el conteo de tráfico horario real (o conteo de referencia)

Utilizando el estadístico GEH se superan algunos escollos que se encuentran al utilizar porcentajes simples para comparar dos conjuntos de volúmenes. Esto es debido a que los volúmenes de tráfico en los sistemas de transporte del mundo real varían en rango muy amplio. Por ejemplo, la línea principal de una autopista/autovía podría llevar a 5.000 vehículos por hora, mientras que uno de los carriles de aceleración que conducen a la misma podría llevar tan solo 50 vehículos por hora (en esa situación no sería posible seleccionar un porcentaje único de variación que sea aceptable para ambos volúmenes). El estadístico GEH reduce este problema ya que siendo no lineal, un solo umbral de aceptación basado en GEH se puede utilizar en una gama bastante amplia de los volúmenes de tráfico. El uso del GEH como criterio de aceptación para los modelos de previsión de demanda de viajes está reconocido en la sección 2 del volumen 12 del *Design Manual for Roads and Bridges (DMRB)* de la UK Highways Agency, las directrices de modelización de microsimulación de Wisconsin, y otras referencias.

Para el trabajo de modelización de tráfico en el escenario de referencia, un GEH inferior a 5,0 se considera un buen ajuste entre los volúmenes horarios modelizados y observados (flujos de mayores o menores duraciones deben convertirse a equivalentes por hora para poder utilizar estos umbrales). Según el DMRB mencionado, el 85% de los volúmenes en un modelo de tráfico debe tener una GEH menor de 5,0. Los GEH entre 5,0 y 10,0 pueden justificar una investigación al respecto. Si el GEH es superior a 10,0 hay una alta probabilidad de que haya un problema ya sea con el modelo de la demanda o con los datos (esto podría ser algo tan simple como un error de entrada de datos, o tan complicado como un serio problema de calibración del modelo).

### 5.1. CALIBRACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PRIVADO

Este proceso consiste en el “volcado” de la matriz de viajes en la red modelizada, mediante el cual se asigna un volumen vehicular en cada arco que representa el tráfico real en las vías.

A partir de la matriz en el año base y de los aforos de la red viaria se utilizan diversos procedimientos mediante los cuales se verifica la convergencia entre la realidad y el modelo.

El proceso de calibrado seguido consta de los pasos siguientes:

1. Elaboración de la matriz de partida, generada por las fuentes mencionadas anteriormente.
2. Identificación de los arcos soportes de la calibración con los datos de los aforos.
3. Asignación.
4. Estimación de las desviaciones entre los tráficos asignados y los medidos en los arcos soportes: esta estimación se refiere tanto a la suma del tráfico pasando por el arco, como a su distribución geográfica.
5. Calibración de la red y la matriz.

La calibración se ha hecho con una matriz única de transporte privado y con 304 puntos de control, cubriendo toda la red viaria municipal:

- 45 aforos de estaciones permanentes de que dispone el Ayuntamiento de Zaragoza para el 28 de mayo de 2015.
- 259 aforos de estaciones anuales para el año 2014, suministrados por el ayuntamiento de Zaragoza. Se han utilizado en la calibración los aforos anuales disponibles con valores superiores a 168 veh/hora, ya que este es el valor de la

estación permanente con menor aforo y se considera que con este conjunto de aforos se puede llevar a cabo una buena calibración del modelo.

Los datos disponibles de los aforos de las estaciones permanentes son datos reales del 28 de mayo de 2015. Sin embargo, los datos disponibles de las estaciones de aforo anuales corresponden a diversas fechas de 2014 y para poder utilizarlos junto con los anteriores es necesario obtener los valores equivalentes de los aforos de las estaciones anuales para el 28 de mayo de 2015. Este proceso se ha llevado a cabo de la siguiente forma:

1. De los datos suministrados por el Ayuntamiento de Zaragoza (Informe de Aforos Año 2014, realizado por U.T. de Programación y Estudios Básicos, Sección Centro de control de Tráfico) se obtiene la Intensidad Media Laborable Anual (IML) para cada estación de aforo, la cual se define para cada sección como el cociente entre la suma de las intensidades de todos los días laborables de un año y el número de días laborables del mismo.

$$IML = \sum \text{Intensidad días laborables de todo el año} / n^{\circ} \text{ días laborables del año}$$

2. Se estiman los coeficientes de semana (S) y de día (D) para cada estación anual, para el martes 27 de mayo de 2014.
3. Teniendo en cuenta la IML, estos coeficientes y las siguientes formulaciones se obtiene la Intensidad Diaria Laborable (IDL) para el 27 de mayo de 2014 para cada estación de aforo anual.

Intensidad Diaria Laborable (IDL): La IDL de una sección de una vía para un día laborable determinado se define como el número de vehículos contados en dicha sección durante las 24 horas del día.

$$IML = IDL * S_{ij} * D_{ijk}$$

Intensidad Semanal (ISL): Se define como ISL para una sección de una vía y una semana determinada, el cociente entre el total de vehículos que atravesaron dicha sección durante los días laborables de la semana y el número de estos días.

$$ISL = \sum \text{Intensidad días laborables de una semana} / n^{\circ} \text{ días laborables de la semana}$$

Coficiente de semana (S): cociente que se obtiene para una cierta semana del año y una estación permanente.

$$S_{ij} = IML / ISL$$



Siendo:

*i*: número de la estación permanente

*j*: número de orden de la semana del año

**Coefficiente de día (D)**: cociente que se obtiene para un cierto día laborable del año y una estación permanente.

$$D_{ijk} = ISL/IDL$$

Siendo:

*i*: número de la estación permanente

*j*: número de orden de la semana del año

*k*: número de orden del día laborable dentro de la semana

- Con los datos de las estaciones permanentes de aforo de 2014 y 2015 para la hora punta (8:00-9:00), que es la que se va a modelizar, se estima un coeficiente de paso que se utiliza para obtener finalmente los datos de los aforos anuales para el 28 de mayo de 2015.

Con todo ello se estima que el error en los datos equivalentes obtenidos para los aforos de las estaciones anuales puede ser de un 10% aproximadamente.

## 5.2. CALIBRACIÓN DEL MODELO DE TRANSPORTE PÚBLICO

Para la calibración del modelo de transporte público se han utilizado los datos de las cargas de pasajeros por línea de la red de transporte en autobús urbano de Zaragoza. En el caso de la Línea 1 de tranvía, se han utilizado los datos de las 50 paradas que componen dicha línea.

El proceso seguido para la calibración del transporte público es similar al del transporte privado.

Se parte de una matriz semilla, la cual se actualiza en base a la carga de pasajeros por línea para el transporte público en autobús. Para el caso del tranvía se actualiza dicha matriz en base al sube por parada.

## 6. VALIDACIÓN DEL MODELO

### 6.1. TRANSPORTE PRIVADO

Se han tomado 304 aforos, de los cuales 45 pertenecen a estaciones permanentes y 259 a estaciones anuales. Para las estaciones anuales se han tomado todas aquellas que tenían un flujo superior al menor flujo de las estaciones permanentes, es decir, todos los aforos superiores a 168 vehículos/hora.

Con estos 304 aforos se calibra la red de tráfico privado y se obtienen los siguientes datos:

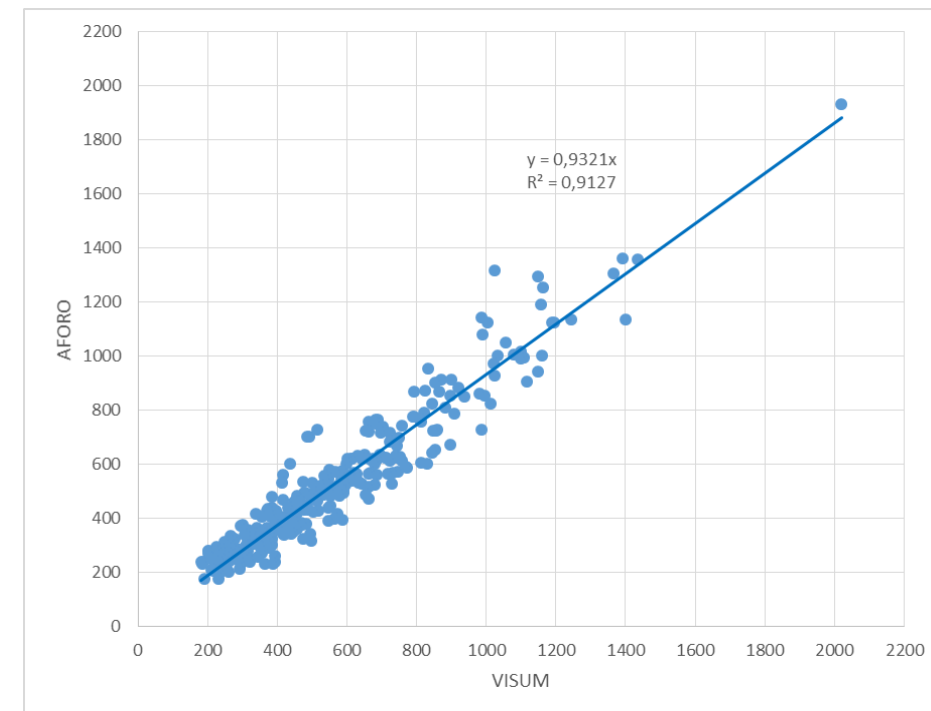


Ilustración 27. Calibración por conteos del tráfico privado

Se obtiene un GEH máximo de 8,95. El 87,3 % de los datos tienen un GEH inferior a 5.

Tabla 23. GEH en calibración de tráfico privado

Máximo GEH	GEH > 5	GEH > 10
8,95	12,7%	0,0%

Los 259 aforos de las estaciones anuales se obtuvieron en diferentes días de 2014. Al convertir dichos datos al día medio laborable de 2015 se acumulan errores, que se estiman inferiores al 10%. Es por ello que se obtiene un  $R^2 = 0.9127$ , ya que parte de los aforos llevan asociado un error de partida. Sin embargo se ha ajustado el modelo para que el  $GEH > 10$  sea 0 y para que el  $GEH > 5$  sea inferior al 15%, en nuestro caso, el  $GEH > 5$  es del 12,7%.

## 6.2. TRANSPORTE PÚBLICO

### 6.2.1. TRANVÍA

Se ha realizado un calibrado por parada, para el cual se ha introducido el sube para las 50 paradas del tranvía, obteniéndose los siguientes datos:

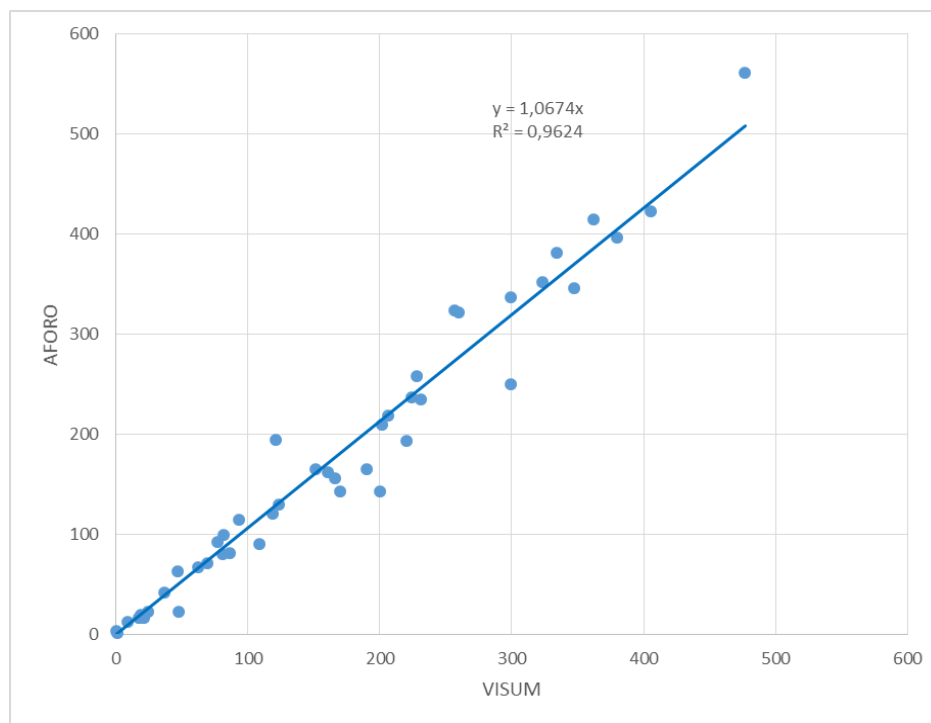


Ilustración 28. Calibración por parada del tranvía

Se obtiene un GEH máximo de 5,82. El 97,8% de los datos tienen un GEH inferior a 5.

Tabla 24. GEH en calibración de tranvía

Máximo GEH	GEH > 5	GEH > 10
5,82	2,2%	0,0%

### 6.2.2. BUS

Se ha realizado un calibrado por línea, para el cual se ha introducido la demanda de viajes por línea, obteniéndose los siguientes datos:

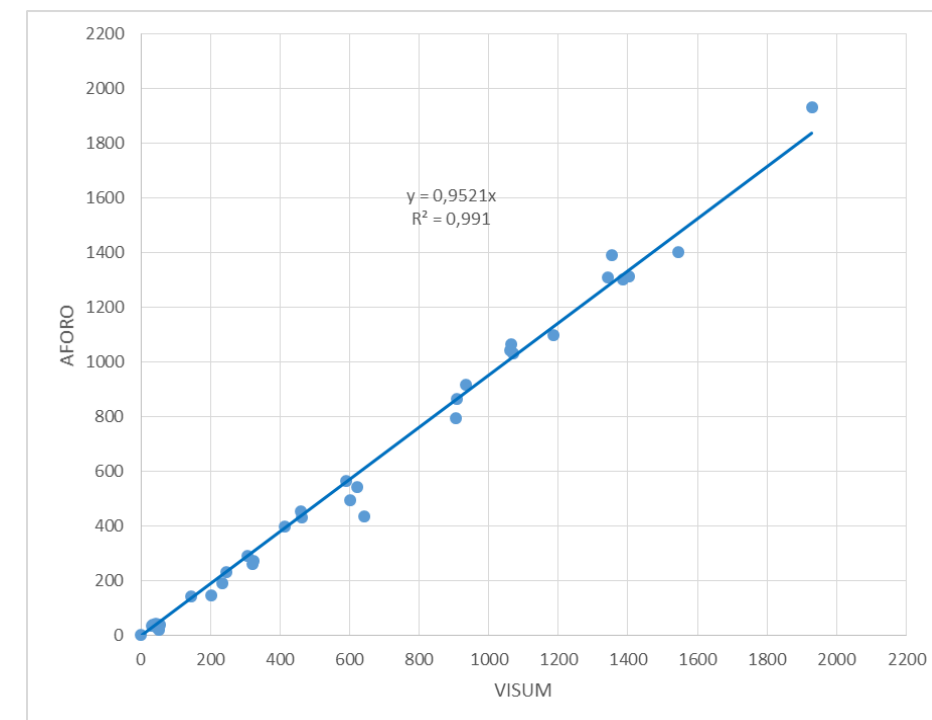


Ilustración 29. Calibración por zona del bus

Se obtiene un GEH máximo de 8,92. El 94,3% de los datos tienen un GEH inferior a 5.

Tabla 25. GEH en calibración de bus

Máximo GEH	GEH > 5	GEH > 10
8,92	5,7%	0,0%

## 7. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

### 7.1. ALTERNATIVAS DE TRAZADO PARA LA LÍNEA 2 DEL TRANVÍA DE ZARAGOZA

Tal y como se describe en la memoria del presente documento, se han introducido en el modelo y por tanto analizado las siguientes alternativas de trazado:

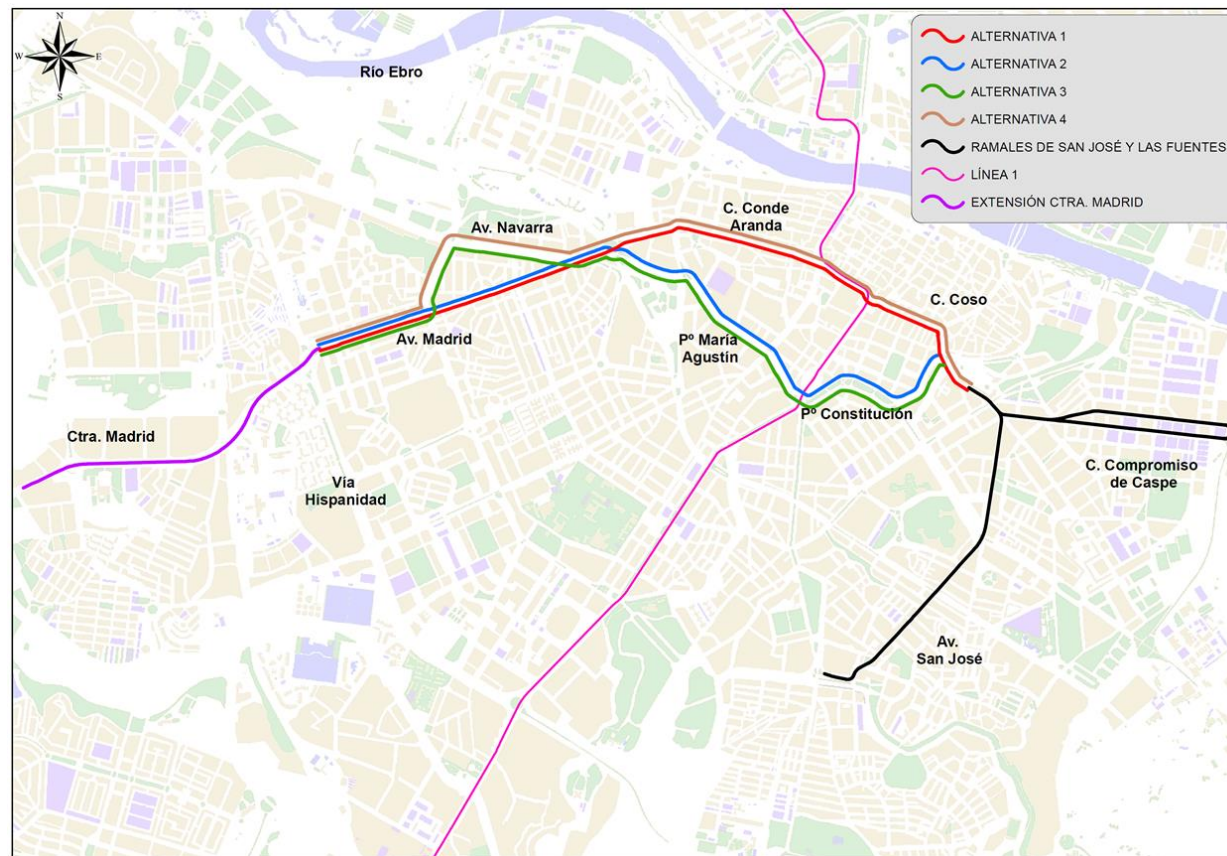


Ilustración 30. Plano de alternativas

Tabla 26. Descripción básica de alternativas analizadas

Alternativa		Itinerario	Longitud en operación (km)	Nº paradas
Abreviatura	Descripción			
Alt_1	Alternativa 1	Los Enlaces – Avda. Madrid – c/ Conde Aranda – c/ Coso – Pza. España – c/ Coso – Plaza San Miguel – c/ Espartero – c/Miguel Servet + ramal 1 (c/ Compromiso de Caspe – c/Rodrigo Rebolledo) + ramal 2 (Avda. San José – Pº del Canal)	Común: 3,92 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Total: 8,56	19
Alt_2	Alternativa 2	Los Enlaces – Avda. Madrid – c/ Escrivá de Balaguer – Pº María Agustín – Pº Pamplona – Pº Constitución – Pº de la Mina – c/Miguel Servet + ramal 1 (c/ Compromiso de Caspe – c/Rodrigo Rebolledo) + ramal 2 (Avda. San José – Pº del Canal)	Común: 4,18 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Total: 8,82	19
Alt_3	Alternativa 3	Los Enlaces – Avda. Madrid – c/Rioja – Avda. Navarra – c/ Escrivá de Balaguer – Pº María Agustín – Pº Pamplona – Pº Constitución – Pº de la Mina – c/Miguel Servet + ramal 1 (c/ Compromiso de Caspe – c/Rodrigo Rebolledo) + ramal 2 (Avda. San José – Pº del Canal)	Común: 4,44 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Total: 9,08	20
Alt_4	Alternativa 4	Los Enlaces – Avda. Madrid – c/Rioja – Avda. Navarra – Avda. Madrid – c/ Conde Aranda – c/ Coso – Pza. España – c/ Coso – Plaza San Miguel – c/ Espartero – c/Miguel Servet + ramal 1 (c/ Compromiso de Caspe – c/Rodrigo Rebolledo) + ramal 2 (Avda. San José – Pº del Canal)	Común: 4,18 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Total: 8,82	20
Alt_1_A	Alternativa 1A	Ídem Alternativa 1 con extensión desde la glorieta de Los Enlaces por Ctra. de Madrid (N-Ila) hasta su intersección con Ronda Ibón de Plan	Común: 3,92 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Extensión: 1,99 Total: 10,55	22
Alt_2_A	Alternativa 2A	Ídem Alternativa 2 con extensión desde la glorieta de Los Enlaces por Ctra. de Madrid (N-Ila) hasta su intersección con Ronda Ibón de Plan	Común: 4,18 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Extensión: 1,99 Total: 10,81	22
Alt_3_A	Alternativa 3A	Ídem Alternativa 3 con extensión desde la glorieta de Los Enlaces por Ctra. de Madrid (N-Ila) hasta su intersección con Ronda Ibón de Plan	Común: 4,44 Ramal 1: 2,70 Ramal 2: 1,94 Extensión: 1,99 Total: 11,07	23
Alt_4_A	Alternativa 4A	Ídem Alternativa 4 con extensión desde la glorieta de Los Enlaces por Ctra. de Madrid (N-Ila) hasta su intersección con Ronda Ibón de Plan	Común: 4,18 Ramal 1: 2,7 Ramal 2: 1,94 Extensión: 1,99 Total: 10,81	23

## 7.2. CÁLCULO DE LA DEMANDA

La demanda evaluada se estima correspondiente al año 4 de explotación del tranvía, es decir, una vez que la movilidad urbana se ha adaptado a la nueva configuración de la red de transporte.

## 7.3. REORGANIZACIÓN DE LÍNEAS DE AUTOBÚS PARA LAS ALTERNATIVAS

Para cada una de las alternativas analizadas se ha efectuado una reorganización de las líneas de autobús de la ciudad de Zaragoza utilizando el modelo de transporte desarrollado. Los criterios empleados para la reordenación introducida en el modelo han sido los siguientes:

- Supresión de las líneas con solape superior al 40% con línea 2 del tranvía
- Mantenimiento de las líneas sin solape con el tranvía o ligera modificación para dotar de intermodalidad con línea 2
- Generación de dos líneas N-S por fusión de líneas existentes afectadas por la puesta en funcionamiento de la línea 2, con conexión con línea 1 y línea 2 del tranvía
- Creación de nuevas líneas que cubran los ámbitos excluidos
- Mantenimiento de las paradas de la red actual
- Mantenimiento de frecuencias existentes en la red actual
- Mantenimiento de la accesibilidad a los centros atractores
- Tiempo medio de recorrido en transporte público equivalente al actual
- Homogeneidad en la reordenación de las diferentes alternativas para permitir una comparativa sin penalizaciones.

Debe reseñarse que el objeto de la reordenación de la red de autobús urbano incluida en el modelo a este nivel de desarrollo del estudio es exclusivamente permitir comparar entre las diferentes alternativas y determinar la viabilidad del proyecto, a través de:

- Evaluación de la demanda potencial de cada una de las alternativas de trazado de la línea 2 del tranvía una vez modificada la red de bus

- Evaluación de la repercusión económica de la reducción de kilómetros en la red bus.

En fases posteriores del estudio se incrementará el nivel de detalle del análisis de la reordenación de la red de autobús urbano.

## 7.4. REORGANIZACIÓN DE LA RED VIARIA

La implantación del tranvía no sólo supone la reducción del número de carriles hábiles para el tráfico de vehículo privado en las vías por la que éste discurre, sino que también implica otras actuaciones sobre la reordenación del tráfico en la propia vía por la que circula el tranvía, en las vías adyacentes, así como otras actuaciones de reordenación del tráfico de carácter estructurante.

En los planos de planta, así como en las secciones transversales puede observarse la reordenación de carriles para tráfico privado incluida en el modelo de demanda. Debe reseñarse que, al igual que la posición de paradas y la disposición de la vía en la sección transversal de la calle, la reordenación propuesta para el tráfico privado será objeto de desarrollo con un mayor nivel de detalle en fases posteriores del estudio, y por tanto puede sufrir modificaciones sobre los esquemas en este documento recogidos. En cualquier caso la reordenación del tráfico privado garantizará la accesibilidad a residentes, así como a carga y descarga.

A continuación se describen las principales modificaciones sobre la reordenación de la red viaria recogidas en el modelo de demanda.

### 7.4.1. AVENIDA DE MADRID

#### 7.4.1.1. Tramo Los Enlaces – calle Rioja

Todas las alternativas evaluadas contemplan la supresión del tráfico de paso a lo largo del tramo de la avenida de Madrid en el tramo comprendido entre la calle Rioja y Los Enlaces en sentido salida ciudad, manteniendo un carril entre la calle Garcilaso de la Vega y Los Enlaces que permitirá el tráfico local. Se elimina el tráfico rodado en sentido entrada ciudad. Por tanto queda suprimido todo el tráfico rodado en la avenida de Madrid entre la calle Garcilaso de la Vega y la calle Rioja.

#### 7.4.1.2. Tramo calle Rioja – avenida de Navarra

Las Alternativas 1, 1A, 2 y 2A contemplan una situación en este tramo de la avenida de Madrid análoga a la anteriormente descrita, suprimiendo todo el tráfico rodado en sentido entrada ciudad y en el tramo de la Plaza Huesca en ambos sentidos. En

los tramos adyacentes a la plaza de Huesca se mantiene un carril en sentido salida ciudad, a la vez que se reordenan las calles aledañas a la plaza para permitir la continuidad del tráfico local.

En el caso de las alternativas 3, 3A, 4 y 4A se mantiene en este tramo una disposición del tráfico rodado similar a la actual, con algún movimiento adicional permitido de conexión entre la avenida de Madrid y vía Universitäts.

#### **7.4.1.3. Tramo avenida de Navarra – plaza de la Ciudadanía**

En este tramo de la avenida Madrid todas las alternativas evaluadas contemplan la reducción del tráfico a dos carriles en sentido entrada ciudad, mientras que en sentido salida ciudad se mantienen los tres carriles de circulación actuales.

#### **7.4.1.4. Plaza de la Ciudadanía**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A atraviesan la plaza en dirección suroeste-noreste, manteniendo las disposición actual para el tráfico rodado.

Las alternativas 2, 2A, 3 y 3A bordean la plaza por el margen sur, reduciendo a dos carriles el anillo de la glorieta en ese tramo, eliminando la salida hacia la calle Escrivá de Balaguer y añadiendo una nueva conexión con la calle Escoriaza y Fabro en sentido entrada ciudad (ver epígrafe 7.4.18. Área de Intervención G-19/1 del PGOUZ).

#### **7.4.1.5. Tramo plaza de la Ciudadanía – P<sup>o</sup> María Agustín**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A contemplan la eliminación de un carril de circulación por sentido en este tramo de la avenida de Madrid, siendo esta reducción de dos carriles en sentido entrada en el tramo en el que se sitúa la parada de tranvía. Las alternativas 2, 2A, 3 y 3A no afectan a este tramo de la avenida de Madrid.

#### **7.4.2. CALLE RIOJA**

Las alternativas 1, 1A, 2 y 2A no afectan a la reordenación del tráfico rodado en la calle Rioja. Las alternativas 3, 3A, 4 y 4A contemplan la reducción de un carril de circulación en ambos sentidos, así como la eliminación de las bandas laterales de estacionamiento. Se suprimen, en sentido sur, el giro a la izquierda hacia la calle San Antonio Abad y el giro a la derecha hacia la avenida de Madrid.

#### **7.4.3. AVENIDA DE NAVARRA**

Las alternativas 1, 1A, 2 y 2A no afectan a la reordenación del tráfico rodado en la avenida de Navarra. Las alternativas 3, 3A, 4 y 4A contemplan la eliminación de un carril de circulación en ambos sentidos, así como la eliminación de la banda lateral de estacionamiento situada en sentido salida ciudad.

#### **7.4.4. CALLE DEL CONDE ARANDA**

Las alternativas 2, 2A, 3 y 3A no implican reordenación del tráfico rodado en la calle del Conde Aranda.

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A suprimen el tráfico en sentido este (entrada ciudad), reduciendo a un único carril en sentido oeste (salida ciudad). En el tramo situado frente a la iglesia del Portillo se adiciona un segundo carril en sentido oeste.

#### **7.4.5. CALLE DEL COSO Y PLAZA DE ESPAÑA**

Las alternativas 2, 2A, 3 y 3A no implican reordenación del tráfico rodado en la calle del Coso ni en la Plaza de España.

##### **7.4.5.1. Tramo avenida de César Augusto – plaza de España**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A mantienen la situación actual de restricción al tráfico rodado en este tramo de la calle del Coso.

##### **7.4.5.2. Plaza de España**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A atraviesan la plaza en sentido noroeste-sureste, manteniendo las actuales condiciones para el tráfico rodado. Sin embargo, el paso del tranvía por la plaza de España puede implicar un incremento de la restricción al tráfico rodado en la calle Don Jaime I.

##### **7.4.5.3. Tramo plaza de España – calle Espartero**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A mantienen un carril para el tráfico en sentido este a lo largo del tramo de la calle del Coso comprendido entre la plaza de España y la calle Espartero, eliminando el tráfico en sentido oeste. Se suprime, al final del tramo en sentido este, el giro a la derecha hacia la calle Espartero.

La implantación del tranvía en este tramo de la calle del Coso puede suponer una restricción al tráfico rodado en la calle San Vicente de Paúl.

#### **7.4.6. CALLE ESPARTERO - PLAZA SAN MIGUEL**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A implican la supresión de la circulación de vehículos en la calle Espartero sentido sur, reduciéndolo a un único carril en sentido norte.

En la Plaza San Miguel se mantiene un carril en sentido norte, y se incluye un carril en sentido suroeste hacia la calle San Miguel (cruce desde la calle de Antonio Agustín), pero sin continuidad hacia la calle Miguel Servet.

#### **7.4.7. CALLE ESCRIVÁ DE BALAGUER**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A no suponen afección alguna a la configuración del tráfico rodado en la calle Escrivá de Balaguer.

Las alternativas 2, 2A, 3 y 3A contemplan la supresión del tráfico de vehículos a lo largo de este tramo en sentido entrada ciudad, manteniendo el tráfico en sentido salida ciudad. Esta supresión está vinculada a la puesta en funcionamiento parcial de la actuación descrita en el epígrafe 7.4.18. Área de Intervención G-19/1 del PGOUZ.

#### **7.4.8. PASEO MARÍA AGUSTÍN**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A no suponen afección alguna a la configuración del tráfico rodado en el paseo María Agustín.

Las alternativas 2, 2A, 3 y 3A contemplan la reducción del tráfico a dos carriles por sentido a lo largo del paseo María Agustín ente la calle Anselmo Clavé y la Puerta del Carmen.

#### **7.4.9. PASEO PAMPLONA**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A no suponen afección alguna a la configuración del tráfico rodado en el paseo Pamplona.

Las alternativas 2, 2A, 3 y 3A contemplan la reducción del tráfico a dos carriles por sentido a lo largo del paseo Pamplona ente la Puerta del Carmen y la plaza Basilio Paraíso.

#### **7.4.10. PLAZA PARAÍSO**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A no suponen afección alguna a la configuración del tráfico rodado de la plaza Basilio Paraíso.

Las alternativas 2, 2A, 3 y 3A cruzan la plaza Paraíso desde el paseo Pamplona hacia el paseo de la Constitución. Al nivel de detalle del presente estudio no se define la configuración final de la plaza, si bien, en función del trazado final de la solución, sea necesaria la eliminación de algunos de los movimientos permitidos actualmente.

#### **7.4.11. PASEO CONSTITUCIÓN**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A no suponen afección alguna a la configuración del tráfico rodado del paseo de la Constitución.

Las alternativas 2, 2A, 3 y 3A contemplan la reducción del tráfico a un carril por sentido a largo de todo el paseo de la Constitución, eliminando todos los giros a izquierdas, a excepción de las calles Isaac Peral y Hernando de Aragón, así como el giro de 180º al final del paseo.

#### **7.4.12. PASEO DE LA MINA**

Las alternativas 1, 1A, 4 y 4A no suponen afección alguna a la configuración del tráfico de vehículos en el paseo de la Mina.

Las alternativas 2, 2A, 3 y 3A contemplan la reducción de la sección a un carril por sentido a lo largo de todo el paseo de la Mina.

#### **7.4.13. CALLE MIGUEL SERVET**

##### **7.4.13.1. Tramo paseo de la Mina – camino de las Torres**

Todas las alternativas contemplan la supresión del tráfico en ambos sentidos a lo largo del tramo de la calle Miguel Servet comprendido entre la calle Concepción y el camino de las Torres, manteniendo un carril en cada sentido en el puerto sobre el río Huerva y eliminando el tráfico de entrada ciudad entre la calle de Salvador Madariaga y la calle Concepción. Asimismo, se impide la incorporación desde la calle Asalto hacia la calle Miguel Servet en sentido salida ciudad. Se invierte el sentido de circulación de la calle Concepción.

##### **7.4.13.2. Tramo camino de las Torres – Calle Reina Fabiola**

Todas las alternativas contemplan la supresión del tráfico sentido entrada ciudad a lo largo del tramo de la calle Miguel Servet comprendido entre el camino de las Torres y la calle Reina Fabiola, manteniendo un único carril en sentido salida ciudad.



#### 7.4.14. AVENIDA SAN JOSÉ

Todas las alternativas contemplan la supresión del tráfico a lo largo de la avenida San José en sentido entrada ciudad, reduciendo a un único carril en sentido salida ciudad. Dicho carril tendrá consideración de vía pacificada (velocidad máxima permitida 30 km/h)

#### 7.4.15. PASEO DEL CANAL

Todas las alternativas contemplan la reducción del tráfico en este tramo a un carril por sentido.

#### 7.4.16. COMPROMISO DE CASPE Y RODRIGO REBOLLEDO

##### 7.4.16.1. Tramo calle Miguel Servet – calle Monasterio de Samos (Compromiso de Caspe)

Todas las alternativas contemplan la supresión del tráfico a lo largo de este tramo en ambos sentidos. La calle Monasterio de Samos se transforma en bidireccional, permitiendo el acceso desde la calle Jorge Cocci.

##### 7.4.16.2. Tramo calle Monasterio de Samos – Ronda Hispanidad

Todas las alternativas contemplan la reducción a un único carril de circulación en las calles Compromiso de Caspe, Rodrigo Rebolledo y Monasterio de Ntra. Sra. del Pueyo, manteniendo el sentido actual de circulación.

##### 7.4.16.3. Calle Jorge Cocci – Ronda Hispanidad (Rodrigo Rebolledo)

Todas las alternativas mantienen el tráfico rodado actual en este tramo.

#### 7.4.17. PROLONGACIÓN DE TENOR FLETA Y CONEXIÓN CON Z-30

Dado que en todas las alternativas limitan el tráfico de salida ciudad por avenida de San José, el estudio contempla, como obra complementaria, la ejecución parcial de la obra programada para la calle Tenor Fleta, consistente en una ampliación de la misma hasta el tercer cinturón (Z-30), constituyendo así una entrada y salida más hacia la parte sureste de Zaragoza.

El punto de inicio de la ejecución se encuentra aproximadamente en la intersección de la calle Tenor Fleta y la calle José Galiay y en el punto final de la misma se realiza un enlace con el tercer cinturón (Z-30) de Zaragoza, con un total de aproximadamente 650 metros de intervención.

La ejecución de esta obra no es coincidente en todos los aspectos con la del proyecto constructivo, pero sí es compatible para la futura ejecución del proyecto constructivo.

Respecto a los viales sólo se ha contemplado la ejecución de tres carriles (2 de salida y uno de entrada), coincidentes con los proyectados. Respecto al enlace con el tercer cinturón (Z-30) se ejecutará la conexión y el cambio de sentido según proyecto.

#### 7.4.18. ÁREA DE INTERVENCIÓN G-19/1 DEL PGOUZ

En las alternativas 2 Y 3, dado que se suprime el tráfico de entrada ciudad en la calle Escrivá de Balaguer, se incluye la ejecución de parte de las obras contempladas en el Área de Intervención G-19/1 del Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza, Entorno del Portillo.

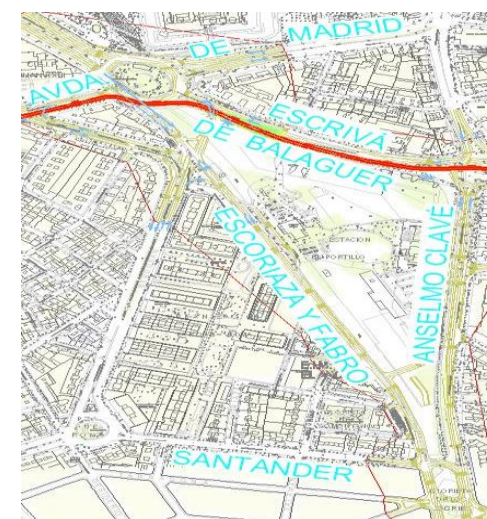


Ilustración 31. Plano de la actuación G-19/1

En esta ejecución se han valorado las siguientes actuaciones:

- Ampliación de la calle Sádaba a tres carriles y conexión con la Plaza de la Ciudadanía.
- Ejecución de tres carriles de circulación en sentido sur en la calle Manuel Escoriaza y Fabro.
- Modificación de la glorieta situada en la conexión de las calles Escoriaza y Fabro, Anselmo Clavé, Avenida de Valencia, calle Santander y paseo de Teruel.
- Configuración de la calle Anselmo Clavé como bidireccional.

- Ejecución de una glorieta en la intersección del paseo María Agustín con la calle Anselmo Clavé.

### 7.5. CÁLCULO DE LA DEMANDA EN HORA PUNTA

Para las alternativas evaluadas en el modelo de demanda se ha considerado una explotación en Y para la línea 2 de tranvía, con frecuencia en hora punta de 5 minutos para el tramo común (Los Enlaces y calle San Miguel) de 10 minutos para las patas. La demanda en hora punta para la extensión hasta la Ctra. de Madrid es de 10 minutos, así como la reordenación de la red de bus urbano coherente con la implantación del tranvía.

### 7.6. CÁLCULO DE LA DEMANDA EN EL AÑO DE PUESTA EN SERVICIO

A partir de la información en las estaciones de aforo y el billeteo de transporte público se realiza el paso del periodo de hora punta a demanda diaria y anual.

La metodología seguida para el paso de la hora punta simulada al día medio laborable es la siguiente:

1. Se parte de la información desagregada por hora del día medio laborable, en este caso, el 28 de mayo de 2015.

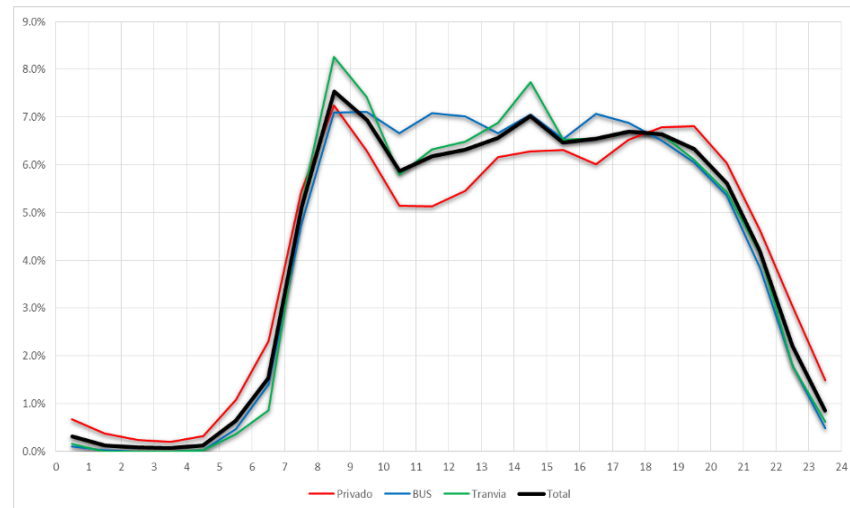


Ilustración 32. Distribución horaria de los modos de transporte para el día medio laborable

Tabla 27. Distribución horaria de los modos de transporte para el día medio laborable

Hora	Privado	Bus	Tramvia	Total
Hora 1	0.7%	0.1%	0.2%	0.31%
Hora 2	0.4%	0.0%	0.0%	0.13%
Hora 3	0.2%	0.0%	0.0%	0.08%
Hora 4	0.2%	0.0%	0.0%	0.07%
Hora 5	0.3%	0.0%	0.0%	0.12%
Hora 6	1.1%	0.5%	0.4%	0.63%
Hora 7	2.3%	1.4%	0.9%	1.53%
Hora 8	5.4%	4.8%	5.2%	5.12%
Hora 9	7.2%	7.1%	8.3%	7.54%
Hora 10	6.3%	7.1%	7.4%	6.95%
Hora 11	5.1%	6.7%	5.8%	5.87%
Hora 12	5.1%	7.1%	6.3%	6.18%
Hora 13	5.5%	7.0%	6.5%	6.32%
Hora 14	6.2%	6.7%	6.9%	6.57%
Hora 15	6.3%	7.1%	7.7%	7.03%
Hora 16	6.3%	6.5%	6.5%	6.46%
Hora 17	6.0%	7.1%	6.6%	6.55%
Hora 18	6.5%	6.9%	6.7%	6.70%
Hora 19	6.8%	6.5%	6.6%	6.65%
Hora 20	6.8%	6.1%	6.1%	6.33%
Hora 21	6.0%	5.4%	5.4%	5.61%
Hora 22	4.6%	3.8%	4.1%	4.20%
Hora 23	3.0%	1.8%	1.8%	2.21%
Hora 0	1.5%	0.5%	0.6%	0.86%

2. Para cada modo se tiene el porcentaje de viajes que representa cada hora a lo largo del día medio laborable. Para la hora punta de 8:00 a 9:00 se obtienen los coeficientes de paso para cada modo. Estos coeficientes de paso son la inversa del porcentaje de viajes de la hora punta.

Coeficiente de paso Diario para Privado

$$CDP = 1/0.072 = 13.89$$

Coeficiente de paso Diario para Bus

$$CDB = 1/0.071 = 14.08$$

Coeficiente de paso Diario para Tranvía

$$CDT = 1/0.083 = 12.05$$



Coefficiente de paso Diario Global (para todos los modos)

$$CDG = 1/0.0754 = 13.26$$

Para el paso del día medio laborable al año se obtiene un coeficiente de paso para cada modo. Para el caso del transporte público, este coeficiente se obtiene de la relación entre la demanda anual y la demanda en el día medio laborable. Para el caso del transporte privado, se considera un coeficiente de paso de 282, que se obtiene de considerar la demanda media de los 253 días laborables del año 2015, más un 25% de la demanda del día medio laborable para el resto de días del año, es decir, para los 116 días restantes.

Coefficiente de paso Anual para Privado

$$CAP = 282$$

Coefficiente de paso Anual para Bus

$$CAB = 289$$

Coefficiente de paso Anual para Tranvía

$$CAT = 303$$

Por lo tanto, el paso de la demanda horaria a la demanda anual se obtendrá de:

$$\text{Demanda anual para Privado} = \text{Demanda horaria para Privado} * CDP * CAP$$

$$\text{Demanda anual para Bus} = \text{Demanda horaria para Bus} * CDB * CAB$$

$$\text{Demanda anual en Privado} = \text{Demanda horaria para tranvía} * CDT * CAT$$

Tabla 28. Coeficientes de paso para día medio laborable y para año.

	Día	Año
Privado	13,89	282
Bus	14,08	289
Tranvía	12,05	303

Con estos cálculos puede obtenerse la demanda anual para la situación actual en el año 2015.

Tabla 29. Demanda año 2015. Situación actual.

	TRAYECTOS		
	COCHES	BUS	TRANVÍA
HORA PUNTA	57.701	21.929	7.353
AÑO	226.013.982	89.231.924	26.848.118

## 7.7. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos para para la demanda en hora punta son los siguientes:

Tabla 30. Demanda horaria en hora punta para las alternativas analizadas.

HORA PUNTA	TRAYECTOS				
ALTERNATIVA	COCHES (*)	BUS	TRANVÍA	TRANVÍA L1	TRANVÍA L2
<b>Situación Actual</b>					
Actual	69.241	21.929	7.353	7.353	
<b>Alternativas sin extensión</b>					
Alternativa 1	68.095	19.102	12.362	8.055	4.307
Alternativa 2	67.532	18.250	13.314	8.436	4.878
Alternativa 3	67.390	18.248	13.298	8.237	5.062
Alternativa 4	67.983	19.085	12.354	7.829	4.525
<b>Alternativas con extensión (**)</b>					
Alternativa 1A	67.959	18.910	12.685	8.068	4.616
Alternativa 2A	67.396	18.057	13.636	8.449	5.187
Alternativa 3A	67.254	18.055	13.620	8.250	5.371
Alternativa 4A	67.847	18.893	12.676	7.841	4.835

(\*) Nota 1: los trayectos en coche son el resultado de aplicar al número de vehículos una ocupación media de 1,2 pasajeros/vehículo (fuente: Ayuntamiento de Zaragoza).

(\*\*) Nota 2: los datos indicados para las alternativas con extensión hasta la Ctra. de Madrid son el resultado de la suma de los datos obtenidos para las alternativas sin extensión y la variación producida por la extensión

Debe reseñarse que se ha considerado que el 75% de los usuarios actuales de transporte público son usuarios cautivos.

Aplicando los coeficientes de paso definidos anteriormente, se obtienen los siguientes resultados de demanda anuales:

Tabla 31. Demanda anual para las alternativas analizadas.

AÑO	TRAYECTOS				
ALTERNATIVA	COCHES (*)	BUS	TRANVÍA	TRANVÍA L1	TRANVÍA L2
<b>Situación Actual</b>					
Actual	271.216.778	89.231.924	26.848.118	26.848.118	
<b>Alternativas sin extensión</b>					
Alternativa 1	266.728.232	77.730.271	45.136.948	29.411.382	15.725.565
Alternativa 2	264.523.276	74.260.671	48.610.575	30.801.916	17.808.659
Alternativa 3	263.966.076	74.253.078	48.553.822	30.073.088	18.480.734
Alternativa 4	266.289.939	77.660.742	45.106.227	28.583.309	16.522.918
<b>Alternativas con extensión (**)</b>					
Alternativa 1A	266.192.950	76.945.419	46.313.607	29.458.464	16.855.143
Alternativa 2A	263.987.994	73.475.819	49.787.235	30.848.997	18.938.238
Alternativa 3A	263.430.794	73.468.226	49.730.481	30.120.169	19.610.312
Alternativa 4A	265.754.657	76.875.890	46.282.887	28.630.390	17.652.496

Los resultados indicados corresponden a trayectos. Para transformar el dato de trayectos a viajeros sería necesario reducir el número de trayectos teniendo en cuenta los transbordos realizados, que alcanzan valores medios del 13,1% en el bus y del 8,5% en el caso del tranvía. Las alternativas con mayor porcentaje de trasbordos son las Alternativas 1A y 4A en el caso del bus (14,2% y 13,9% respectivamente) y 1A y 1 en el caso del tranvía (10,1% y 9,8% respectivamente).

### 7.7.1. DEMANDA DE LÍNEA 2 DEL TRANVÍA. DEMANDA INDUCIDA SOBRE LÍNEA 1.

El análisis de los resultados que arroja el modelo de simulación para las alternativas sin extensión, indica que el mayor número de trayectos en la línea 2 de tranvía se produce en el caso de la Alternativa 3, con un +7,9% sobre el promedio de alternativas sin extensión, seguida de la Alternativa 2, con un +3,9% sobre el citado promedio. Las alternativas 1 y 4 presentan demandas con valores -8,2% y -3,6% inferiores al promedio de las alternativas sin extensión respectivamente.

Idéntica situación se produce en el caso de las alternativas con extensión hasta la intersección de la Ctra. de Madrid con la Ronda Ibón de Plan. La Alternativa 3A presenta una demanda de viajeros en línea 2 de un +7,4% sobre el promedio de alternativas con extensión, seguida de la Alternativa 2A, con un +3,7% sobre el citado promedio. Las alternativas 1A y 4A presentan demandas con valores -7,7% y -3,3% inferiores al promedio de las alternativas sin extensión respectivamente.

Tabla 32. Demanda horaria tranvía para las alternativas analizadas

HORA PUNTA	TRAYECTOS		
ALTERNATIVA	TRANVÍA	TRANVÍA L1	TRANVÍA L2
<b>Situación Actual</b>			
Actual	7.353	7.353	
<b>Alternativas sin extensión</b>			
Alternativa 1	12.362	8.055	4.307
Alternativa 2	13.314	8.436	4.878
Alternativa 3	13.298	8.237	5.062
Alternativa 4	12.354	7.829	4.525
<b>Alternativas con extensión</b>			
Alternativa 1A	12.685	8.068	4.616
Alternativa 2A	13.636	8.449	5.187
Alternativa 3A	13.620	8.250	5.371
Alternativa 4A	12.676	7.841	4.835

Debe reseñarse que la demanda obtenida tiene cierta sensibilidad a la reordenación de la red de bus urbano, y por tanto estará afectada por la reordenación final que se realice. La sensibilidad es mayor en el caso de las alternativas 3, 3A, 2 y 2A.

Por otro lado, la puesta en funcionamiento de la línea 2 del tranvía genera una demanda inducida en la línea 1, debido a que muchos de los viajeros realizan su viaje transbordando entre las líneas de tranvía. Los incrementos oscilan, en el caso de las alternativas sin extensión, entre el 6,5% y el 14,7% (promedio de 10,7%). El mayor incremento (14,7%) se produce para la Alternativa 2, siendo el menor incremento en de la alternativa 4 (6,5%).

La extensión a la glorieta de intersección Ctra. de Madrid/Ronda Ibón de Plan no tiene repercusión significativa sobre la demanda de la línea 1.

Para el conjunto de las líneas 1 y 2 de tranvía, el mayor número de trayectos se produce para la Alternativa 2, seguido de forma muy próxima por la Alternativa 3 (en el caso de alternativas sin extensión), y Alternativa 2A, seguida de la alternativa 3A (en caso de contemplar la extensión).

## 7.7.2. DEMANDA BUS

Para el caso del autobús, se analizan los siguientes parámetros para todas las alternativas:

- Demanda en hora punta
- Kilómetros anuales

Tabla 33. Demanda horaria y kilómetros anuales bus para las alternativas analizadas

ALTERNATIVA	BUS		
	DEMANDA (hora punta)	KILÓMETROS ANUALES MODELO	KILÓMETROS ANUALES ESTIMACIÓN REAL (+5%)
<b>Situación Actual</b>			
Actual	21.929	18.464.753	18.464.753
<b>Alternativas sin extensión</b>			
Alternativa 1	19.102	14.470.982	15.194.531
Alternativa 2	18.250	14.316.108	15.031.913
Alternativa 3	18.248	14.302.110	15.017.215
Alternativa 4	19.085	14.457.944	15.180.842
<b>Alternativas con extensión</b>			
Alternativa 1A	18.910	14.470.982	15.194.531
Alternativa 2A	18.057	14.316.108	15.031.913
Alternativa 3A	18.055	14.302.110	15.017.215
Alternativa 4A	18.893	14.457.944	15.180.842

Para las alternativas sin extensión, la demanda en hora punta del bus se ve reducida un promedio del -14,9% al introducir la línea 2 de tranvía. La mayor reducción (-16,8%) corresponde a las alternativas 2 y 3, mientras que las alternativas 1 y 4 presentan reducciones con valores -12,9% y -13,0% respectivamente.

En el caso de las alternativas con extensión, la demanda en hora punta del bus se ve reducida en torno al -15,7% al introducir la línea de tranvía. La mayor reducción (-17,7%) corresponde a las alternativas 2 y 3, mientras que las alternativas 1 y 4 presentan por igual reducciones del -13,8%.

Los kilómetros anuales calculados en el modelo se reducen un promedio del 22,15%, sin grandes oscilaciones entre las alternativas. Sin embargo, a efectos de evaluación de coste de kilometraje anual se contemplará un 5% adicional en previsión de modificaciones sobre las líneas planteadas, variaciones de frecuencia o implantación de líneas adicionales.

### 7.7.3. TIEMPOS EN TRANSPORTE PÚBLICO

El tiempo medio de recorrido en transporte público en hora punta es de 22 minutos y 13 segundos. La introducción de la línea 2 del tranvía en combinación con la reordenación de la red de bus efectuada mantiene tiempos de recorrido en transporte público similares al actual.

### 7.7.4. MODIFICACIONES EN EL COMPORTAMIENTO DEL VEHÍCULO PRIVADO

#### 7.7.4.1. Demanda y recorridos globales

Para el caso del vehículo privado, se analizan los siguientes parámetros para todas las alternativas:

- Demanda en hora punta
- Kilómetros anuales

Tabla 34. Demanda horaria (ocupantes) y kilómetros anuales en vehículo privado para las alternativas analizadas

ALTERNATIVA	VEHÍCULO PRIVADO	
	DEMANDA (*) (hora punta)	KILOMETROS ANUALES
<b>Situación Actual</b>		
Actual	69.241	896.751.439
<b>Alternativas sin extensión</b>		
Alternativa 1	68.095	888.879.472
Alternativa 2	67.532	885.886.516
Alternativa 3	67.390	888.308.792
Alternativa 4	67.983	891.520.077
<b>Alternativas con extensión</b>		
Alternativa 1A	67.959	887.671.523
Alternativa 2A	67.396	884.678.566
Alternativa 3A	67.254	887.100.842
Alternativa 4A	67.847	890.312.127

(\*) Nota 1: los trayectos en coche son el resultado de aplicar al número de vehículos una ocupación media de 1,2 pasajeros/vehículo (fuente: Ayuntamiento de Zaragoza).

En caso de las alternativas sin extensión, al introducir la línea 2 de tranvía, se reduce el número de vehículos en hora punta respecto a la situación actual en un 2,2% de promedio, equivalente a unos 1.523 vehículos. La alternativa 3, con un -2,7%, es la que mayor reducción presenta, seguida muy de cerca por la alternativa 2, con una reducción del -2,5%. Las alternativas 1 y 4 presentan reducciones muy similares con valores -1,7% y 1,8% respectivamente. En cuanto a los kilómetros anuales recorridos, se reducen entorno a un -0,9% de media.

La extensión supone una reducción adicional de vehículos en hora punta del -0,2%, tanto sobre el promedio como sobre cada alternativa en particular. Los kilómetros anuales se reducen entorno al -1,0% sobre la situación actual en las alternativas con extensión.

#### 7.7.4.2. Comportamiento por ejes y alternativas

Se procede a analizar a continuación el comportamiento del vehículo privado en hora punta para las alternativas 1, 2, 3 y 4. El comportamiento de las alternativas con extensión es similar a las correspondientes sin extensión.



Ilustración 33. Malla de tráfico de vehículo privado. Situación actual

La eliminación del tráfico de salida ciudad en la Avenida de Madrid, común en todas las alternativas entre la calle Rioja y Los Enlaces, genera un incremento volumen del tráfico de salida en la Avenida de Navarra, siendo éste más significativo en el caso de las alternativas 1 y 2, así como en la calle Duquesa de Villahermosa. En ambos casos, los incrementos de tráfico no suponen alcanzar la capacidad máxima de las vías.

Respecto a la calle Rioja, a pesar de la implantación del tranvía, no se detectan variaciones significativas de tráfico en sentido sur-norte en ninguna de las alternativas, incrementándose ligeramente en sentido contrario en el caso de las alternativas 1 y 2.

La reducción de carriles en la calle Conde de Aranda, en el caso de las alternativas 1 y 4, no supone una reducción significativa del tráfico de vehículo privado en la misma, aunque sí resulta relevante la eliminación del tráfico de bus urbano. Por el contrario en la calle del Coso, la reducción a un carril en sentido oeste-este y la eliminación de tráfico en sentido contrario sí supone una reducción muy relevante del tráfico de vehículo privado, además del bus urbano. En el caso de las alternativas 2 y 3 se produce también una reducción del tráfico en estas calles, si bien menos significativa que en las otras dos alternativas.

La implantación del tranvía en el eje del paseo María Agustín, paseo Pamplona y paseo de la Constitución en el caso de las alternativas 2 y 3 supone una reducción del tráfico en estos ejes que alcanza valores de hasta el 35%. La mayor parte del tráfico emplea el nuevo eje de conexión plaza de la Ciudadanía – Escoriaza y Fabro hasta conectar con la avenida de Goya, vía que también incrementa su nivel de tráfico. En el caso de las alternativas 1 y 4 también se detecta reducción en el eje paseo María Agustín, paseo Pamplona y paseo de la Constitución, pero de menor magnitud.

Respecto al eje paseo de la Mina – calle Asalto, las alternativas 2 y 3 no afectan a la intensidad del tráfico en las mismas, pero las alternativas 1 y 4 suponen un incremento muy relevante del mismo al establecerse como ruta alternativa a la calle del Coso.

La supresión del tráfico rodado en el tramo inicial de la calle Miguel Servet hace preciso que el acceso a los barrios de Las Fuentes y San José desde el centro deba realizarse, fundamentalmente desde el camino de las Torres.

Adicionalmente, la eliminación del tráfico rodado en el tramo inicial de la calle Compromiso de Caspe obliga a una reorganización significativa del tráfico en la zona. El acceso mayoritario al barrio de Las Fuentes se realiza por la calle Jorge Cocci, que ve duplicada su intensidad de tráfico, con salida, bien a través de la misma calle Jorge Cocci, de la Avenida de Tenor Fleta, o bien a través del camino de las Torres.

Se mantiene sin embargo el acceso a la calle Miguel Servet y la avenida de San José, si bien la entrada de la calle Miguel Servet hacia el centro de la ciudad deberá realizarse por la calle Reina Fabiola y avenida de Cesáreo Alierta.

La limitación del tráfico en la avenida de San José hace necesaria la ejecución de la conexión de Tenor Fleta con la ronda de la Hispanidad Z-30. Esta conexión absorbe parte del tráfico que actualmente circula por la avenida de Cesáreo Alierta al tratarse

de un eje que da continuidad al precedente de la avenida de Goya. Es por tanto que el eje Avenida de Goya – avenida de Tenor Fleta se transforma en el principal corredor que absorbe el tráfico este-oeste de la ciudad. También se detectan incrementos significativos en el eje Paseo de Calanda – calle Franco y López hasta Fernando el Católico.

Debe reseñarse que la implantación del tranvía en la calle del Coso (alternativas 1 y 4) puede requerir la limitación aún más significativa del tráfico en la calle Don Jaime I y la implantación de restricciones en la calle San Vicente de Paúl.

Asimismo, el cruce de las líneas 1 y 2 del tranvía en la plaza de Basilio Paraíso (caso de las alternativas 2 y 3) puede implicar la supresión de alguno de los movimientos que actualmente están permitidos en la plaza.

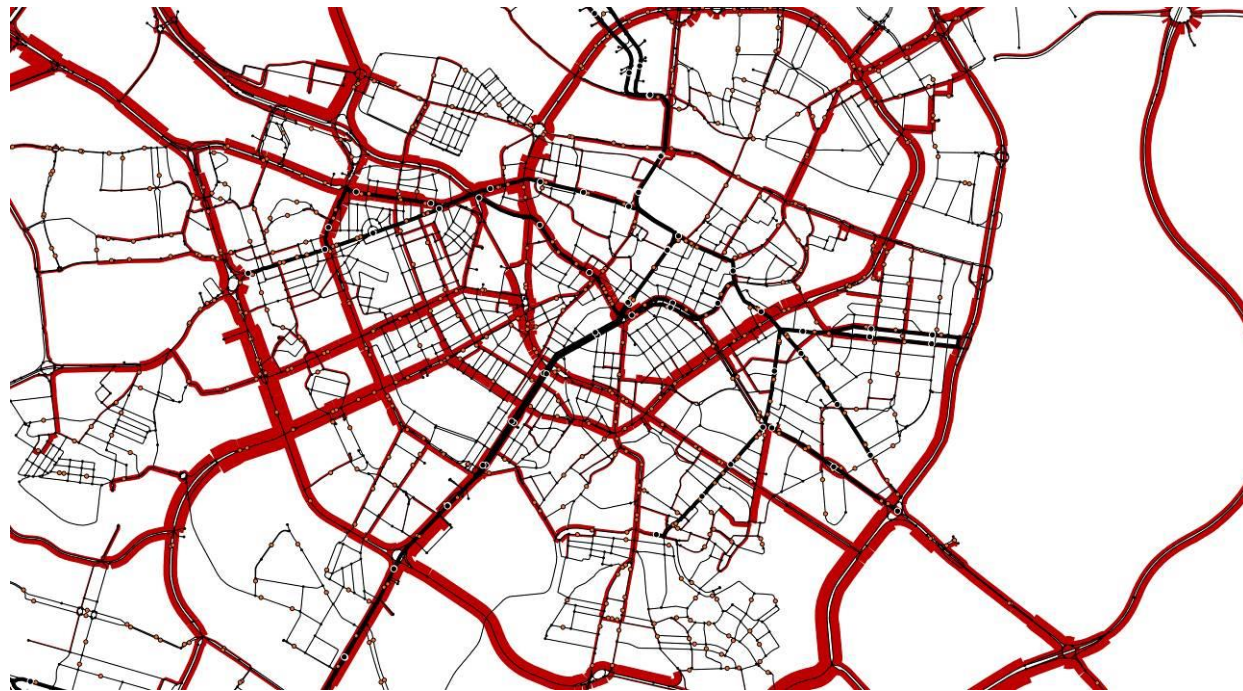




*Ilustración 34. Malla de tráfico de vehículo privado. Alternativa 1*



*Ilustración 36. Malla de tráfico de vehículo privado. Alternativa 3*



*Ilustración 35. Malla de tráfico de vehículo privado. Alternativa 2*



*Ilustración 37. Malla de tráfico de vehículo privado. Alternativa 4*



## 7.8. PROYECCIONES DE LA DEMANDA

Dado que la Línea 1 de tranvía lleva operativa desde 2012 no existen datos para generar un modelo robusto de series temporales, ya que serían necesarios, al menos, 20 años de datos históricos.

Para la realización del estudio se propone un modelo de crecimiento para la línea 2 de tranvía basado en alcanzar la demanda calculada en 4 años, con un crecimiento de 80%-87%-94%-100%. Tras este crecimiento se estima un crecimiento del 1% durante 10 años, y posteriormente un crecimiento del 0,5% hasta el fin de la concesión.

Por tanto, los valores evaluados para la demanda anual en cada año de la concesión serán los siguientes:

Tabla 35. Proyecciones de demanda. % sobre demanda calculada

AÑO	Tasa crecimiento interanual	% sobre demanda calculada
Año 1		80,0%
Año 2		87,0%
Año 3		94,0%
Año 4		100,0%
Año 5	1,0%	101,0%
Año 6	1,0%	102,0%
Año 7	1,0%	103,0%
Año 8	1,0%	104,1%
Año 9	1,0%	105,1%
Año 10	1,0%	106,2%
Año 11	1,0%	107,2%
Año 12	1,0%	108,3%
Año 13	1,0%	109,4%
Año 14	1,0%	110,5%
Año 15	0,5%	111,0%
Año 16	0,5%	111,6%
Año 17	0,5%	112,1%
Año 18	0,5%	112,7%
Año 19	0,5%	113,3%
Año 20	0,5%	113,8%
Año 21	0,5%	114,4%
Año 22	0,5%	115,0%
Año 23	0,5%	115,5%
Año 24	0,5%	116,1%
Año 25	0,5%	116,7%
Año 26	0,5%	117,3%
Año 27	0,5%	117,9%
Año 28	0,5%	118,5%