

# Trabajo Fin de Grado

## Ingeniería Civil

Desarrollo de un modelo de la red de transporte privado en la ciudad de Sevilla. Comparativa de asignaciones de tráfico.

Autor: Carlos Rodríguez Romero

Tutor: Luis Miguel Romero Pérez

**Dep. Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2016





**Trabajo Fin de Grado**  
**Grado en Ingeniería Civil**  
**Intensificación en Transportes y Servicios Urbanos**

**Desarrollo de un modelo de la red de transporte privado en la ciudad de Sevilla. Comparativa de asignaciones de tráfico.**

Autor: Carlos Rodríguez Romero

Tutor: Luis M. Romero Pérez

Área de conocimiento: Ingeniería e Infraestructura de los Transportes

Universidad de Sevilla

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2016



Trabajo Fin de Grado: Desarrollo de un modelo de la red de transporte privado en la ciudad de Sevilla.  
Comparativa de asignaciones de tráfico.

Autor: Carlos Rodríguez Romero

Tutor: Luis Miguel Romero Pérez

El tribunal nombrado para juzgar el Trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2016

El Secretario del Tribunal



*A mis Padres por su guía y apoyo.*

*A mi tutor Luis M. Romero, por su  
ayuda y colaboración.*



# Antecedentes

---

Este trabajo se enmarca en una de las líneas de investigación del departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte, en el Área de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes de la ETSI (Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Sevilla). Esta línea de investigación pretende, a través del software informático Transcad, realizar una macrosimulación de la red de transporte de la ciudad de Sevilla.

Para ello, bajo la coordinación del Profesor Luis Miguel Romero Pérez, se desarrolla la red tanto en la asignatura “Planificación del Transporte”, correspondiente al segundo curso del “Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos” como en los siguientes Trabajos Fin de Grado realizados por alumnos del Grado en Ingeniería Civil:

- Encinas Sánchez, Pablo; “Movilidad motorizada en la Isla de la Cartuja: Actual y prognosis con actividad de la Torre Pelli con/sin nuevo puente” (2015).
- Fernández Tejada, Javier; “Evaluación de la accesibilidad al transporte público en Sevilla mediante simulaciones macroscópicas” (2016).



El estudio y análisis de los flujos urbanos corresponde a una de las ramas principales de la Ingeniería del Transporte. Su correcta modelización facilita la labor de los ingenieros encargados de mejorar la red, ya que pueden analizar con detalle los flujos macroscópicos y realizar hipótesis futuras, analizando sus ventajas e inconvenientes.

Este trabajo pretende avanzar en esa línea de investigación, dotando de un mayor grado de detalle a la red de transporte privado modelada por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla.

Además, se desarrollarán diferentes asignaciones comparando los resultados, y se analizarán situaciones particulares de la red buscando sus causas y posibles soluciones.



<b>Antecedentes</b> .....	<b>ix</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>xi</b>
<b>Índice</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>xvi</b>
<b>Índice de Ilustraciones</b> .....	<b>xvii</b>
<b>1 Introducción</b> .....	<b>11</b>
1.1 Objetivo del documento.....	11
1.2 Herramientas de trabajo y datos de partida.....	12
1.3 Estructuración del trabajo.....	13
<b>2 Localización y análisis demoestructural</b> .....	<b>15</b>
2.1 Ámbito de estudio.....	15
2.2 Diagnóstico demográfico de la situación actual y tendencial.....	16
<b>3 Modificación de la red</b> .....	<b>19</b>
3.1 Introducción.....	19
3.2 Componentes de la red.....	19
3.2.1.1 Matriz de demanda.....	19
3.2.1.2 Red de arcos.....	19
3.2.1.3 Zonificación.....	20
3.2.1.4 Nodos y centroides.....	20
3.2.1.5 Conectores.....	21
3.2.1.6 Cruces CGM.....	22
3.2.1.7 Nodos de las macrozonas.....	22
3.3 Centroides y conectores.....	22
3.3.1 Introducción.....	22
3.3.2 Criterios adoptados sobre la red de conectores.....	23
3.3.3 Casos singulares.....	25
3.4 Red de transporte privado.....	27

3.4.1	Introducción.....	27
3.4.2	Modificaciones en la red.....	27
3.4.2.1	Ronda de circunvalación SE-30.....	27
3.4.2.2	Ronda de circunvalación SE-40.....	28
3.4.2.3	Soterramiento de la Avenida Cardenal Bueno Monreal.....	29
3.4.3	Giros prohibidos.....	30
3.4.4	Revisión de número de carriles.....	30
3.4.5	Designación de las vías.....	30
<b>4</b>	<b>Cálculo de la capacidad.....</b>	<b>31</b>
4.1	Introducción.....	31
4.2	Vías sin regulación semafórica.....	32
4.3	Vías con regulación semafórica.....	34
4.3.1	Ciclo semafórico.....	34
4.3.2	Vías principales.....	36
4.3.3	Vías secundarias.....	37
<b>5</b>	<b>Asignación de viajes.....</b>	<b>40</b>
5.1	Introducción.....	40
5.2	Matriz Origen-Destino.....	41
5.2.1	Matriz original.....	41
5.2.2	Matrices macroscópicas.....	42
5.2.2.1	Área metropolitana.....	43
5.2.2.2	Municipio de Sevilla.....	46
5.3	Tipos de asignación.....	49
5.3.1	Método de asignación “all-or-nothing” (AON).....	49
5.3.2	Método del equilibrio del usuario (UE).....	49
5.3.2.1	Resultados de la asignación.....	49
5.3.3	Método estocástico del equilibrio del usuario (SUE).....	50
5.3.3.1	Resultados de la asignación.....	51
5.3.4	Método del equilibrio óptimo del sistema (SO).....	51
5.3.4.1	Resultados de la asignación.....	52
5.4	Comparación de resultados.....	53
5.4.1	Niveles de servicio.....	53
5.4.2	Asignación de rutas.....	54
5.4.2.1	Desvíos entre SUE y SO.....	54

5.4.2.1.1	Aljarafe.....	55
5.4.2.1.2	Dos Hermanas y Alcalá de Guadaíra. ....	56
5.4.2.2	Desvíos entre SUE y UE.....	57
5.4.2.2.1	Accesos a Sevilla.....	58
5.4.3	Tiempos medios entre macrozonas a nivel metropolitano.....	58
5.5	Análisis del Aljarafe.....	63
5.5.1	Introducción. ....	63
5.5.2	Conexiones con la ciudad de Sevilla.....	64
5.5.2.1	Puentes Juan Carlos I y Reina Sofía.....	64
5.5.2.2	Avenida Expo'92 (puente de la A-49). ....	66
5.5.2.3	Puente de la SE-30 a su paso por la Cartuja (Puente del Alamillo). ....	67
<b>6</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>68</b>
6.1	Introducción.....	68
6.2	Análisis de la situación actual. ....	68
6.2.1	Red de transporte privado.....	69
6.2.2	Red de transporte público. ....	72
6.3	Propuestas. ....	74
6.3.1	Tráfico externo.....	75
6.3.2	Tráfico de la corona metropolitana.....	75
6.3.3	Tráfico en la capital.....	77
6.4	Líneas de actuación futuras. ....	78
6.5	Análisis personal.....	79
<b>7</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>81</b>
	<b>Anexo A. Tablas CGM.....</b>	<b>83</b>
	<b>Anexo B. cálculo de la capacidad de las vías principales.....</b>	<b>91</b>
	<b>Anexo C. Red de transportes metropolitanos de Sevilla. Situación futura. ....</b>	<b>95</b>

# Índice de Tablas

---

Tabla 1. Regulación de los ciclos en hora punta. ....	35
Tabla 2. Cálculo de capacidad.....	38
Tabla 3. Matriz macroscópica de viajes. ....	44
Tabla 4. Designación macrozonas (distritos). ....	47
Tabla 5. Matriz macroscópica de viajes (con distritos). ....	47
Tabla 6. Niveles de servicio (UE). ....	49
Tabla 7. Niveles de servicio (SUE).....	51
Tabla 8. Niveles de servicio (SO). ....	52
Tabla 9. Niveles de servicio (comparativa). ....	53
Tabla 10. Tiempo medio - flujo libre.....	59
Tabla 11. Tiempo medio - SUE. ....	59
Tabla 12. Tiempo medio - SO.....	60
Tabla 13. Tiempo medio - comparativa SUE/Flujo libre. ....	60
Tabla 14. Tiempo medio - comparativa SO/SUE. ....	61

# Índice de Ilustraciones

---

Ilustración 2.1. Red de transporte privado. ....	15
Ilustración 2.2. Ordenación de la zona metropolitana de Sevilla. ....	16
Ilustración 3.1. Zonificación del área de estudio. ....	20
Ilustración 3.2. Capa de nodos. ....	20
Ilustración 3.3. Detalle capa de centroides. ....	21
Ilustración 3.4. Detalle capa de conectores. ....	21
Ilustración 3.5. Macrozonas (distritos). ....	22
Ilustración 3.6. Macrozonas (provincia). ....	22
Ilustración 3.7. Modificación centroides externos. ....	24
Ilustración 3.8. Caso singular 1. Aeropuerto de Sevilla. ....	25
Ilustración 3.9. Caso singular 2. Estación de Santa Justa. ....	25
Ilustración 3.10. Proyecto de construcción SE-40. ....	28
Ilustración 3.11. Detalle de enlaces de la autovía SE-40. ....	29
Ilustración 3.12. Detalle soterramiento Bueno Monreal. ....	29
Ilustración 4.1. Cruces con fase semafórica conocida. ....	34
Ilustración 4.2. Cruce nº1 (Ctra. Su Eminencia – Ctra. Utrera) ....	35
Ilustración 5.1. Mapa de tráfico 2008. ....	41
Ilustración 5.2. Mapa de tráfico 2014. ....	42
Ilustración 5.3. Macrozonificación general. ....	44

Ilustración 5.4. Comparativa de flujos de entrada y salida del municipio de Sevilla. ....	45
Ilustración 5.5. Comparativa de flujos en el área metropolitana.....	46
Ilustración 5.6. Macrozonificación según distritos. ....	46
Ilustración 5.7. Máximos flujos interdistrito. ....	48
Ilustración 5.8. Asignación User's Equilibrium. ....	50
Ilustración 5.9. Asignación Stochastic User's Equilibrium. ....	51
Ilustración 5.10. Asignación System Optimum. ....	52
Ilustración 5.11. Diferencia de flujo entre SUE y SO. ....	54
Ilustración 5.12. Detalle Aljarafe. Fuente: elaboración propia (TransCAD). ....	55
Ilustración 5.13. Detalle corona sureste. ....	56
Ilustración 5.14. Diferencia de flujo entre SUE y UE. ....	57
Ilustración 5.15. Detalle accesos Aljarafe. ....	58
Ilustración 5.16. Accesos a A-4 desde Dos Hermanas. ....	61
Ilustración 5.17. SE-40 a su paso por Dos Hermanas.....	62
Ilustración 5.18. Máximos flujos entre Aljarafe y Sevilla.....	63
Ilustración 5.19. Puentes Juan Carlos I (abajo) y Reina Sofía (arriba).....	65
Ilustración 5.20. Puente A-49.....	66
Ilustración 5.21. Detalle desvíos SE-30.....	67
Ilustración 5.22. Puente SE-30.....	67
Ilustración 6.1. Trazado de la SE-40.....	70
Ilustración 6.2. Trazado del tranvía metropolitano de Alcalá de Guadaíra.....	76
Ilustración 6.3. Proyecto inicial de la pasarela ciclista sobre la SE-30.....	77





# 1 INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 OBJETIVO DEL DOCUMENTO.

El objetivo de este documento y trabajo final de grado es el desarrollo y corrección de la red de transporte privado simulada mediante el software informático TransCAD, así como el posterior estudio de los diferentes tipos de asignación de la matriz de viajes y comparación entre ellos.

Este trabajo, al englobarse dentro de una línea de trabajo superior dirigida por el departamento, no pretende ser un documento aislado con principio y final definidos. Por el contrario, se hacen uso de numerosas herramientas generadas en el pasado por otros alumnos de la ETSI y se espera que, en el futuro, sean otros alumnos los que desarrollen con mayor profundidad los aspectos tratados en este trabajo.

Este trabajo se ha centrado en la red de transporte privado para poder profundizar en sus atributos y generar una red final de calidad. Se ha dejado por tanto en segundo plano el transporte público, modo estudiado y desarrollado en otro trabajo paralelo coordinado por el mismo tutor.

## 1.2 HERRAMIENTAS DE TRABAJO Y DATOS DE PARTIDA.

Este proyecto se basa en una simulación macroscópica de la red de transporte privado de la provincia de Sevilla, para la cuál se necesitan diferentes bases de datos e información facilitada por el Grupo de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes de la ETSI. Estas herramientas de partida se recogen a continuación:

- Licencia del software informático TransCAD, aplicación profesional de macrosimulación basada en un sistema de información geográfica (SIG). Este programa sirve como matriz para unificar todos los datos de partida para su análisis y modificación.
- Encuesta domiciliaria de movilidad de 2007, EDM 2007, con alto grado de detalle y la cual contiene 82.313 registros de encuestados con diversos campos (zona de inicio de viaje, zona de destino, horas, medio de transporte, motivo, y situación familiar y personal).
- Ortofotos y mapas SIG (Sistema de Información Geográfica).
- Red de Sevilla de 2007. Esta red base, si bien está desactualizada y debe modificarse, supone un punto de partida de gran exactitud para la elaboración de simulaciones.
- Archivos en formato Shape de capas cartográficas, que incluyen centroides, zonificaciones, ríos parques y polígonos para la mejor visualización de los planos de TransCAD.

A su vez, se ha solicitado información a diferentes entidades con el objetivo de completar los datos de partida:

- Base de datos del ciclo de regulación semafórica de las intersecciones de la ciudad de Sevilla, así como su geolocalización en formato SIG. Estos datos han sido proporcionados por el Centro de Gestión de la Movilidad de Sevilla, enmarcado en la Delegación de Seguridad y Movilidad del Ayuntamiento de Sevilla.
- Datos de IMD de las principales autopistas y autovías, facilitados en los Mapas de Tráfico del Ministerio de Fomento de 2015 [1].
- Intensidades medias de las principales avenidas en días laborales, divididas en franjas horarias, correspondientes al año 2015. Estos datos han sido facilitados por la web del Centro de Gestión de Movilidad [2].

### **1.3 ESTRUCTURACIÓN DEL TRABAJO.**

El trabajo se ha estructurado de la siguiente forma: tras este primer capítulo introductorio, el siguiente se ha dedicado a crear un contexto sobre el que desarrollar los siguientes puntos, explicando tanto el ámbito de estudio como un breve diagnóstico demográfico de la situación actual y tendencial.

Los dos siguientes capítulos se han dedicado a analizar, desarrollar y perfeccionar la red de transporte proporcionada por el departamento. Para ello se ha dedicado un tiempo previo para el correcto aprendizaje de la herramienta TransCAD y sus diferentes funciones, tras lo cuál se ha realizado un análisis crítico de la red y se han designado las áreas a mejorar. Este proceso se ha dividido en un primer bloque de modificación general de la red, y un segundo bloque dedicado específicamente, dada su importancia, a la mejora de los datos de capacidad de las vías.

El quinto capítulo del trabajo se ha dedicado al estudio y comparación de las diferentes asignaciones que ofrece el software de macrosimulación. Se ha dividido este capítulo en tres grandes bloques.

En el primero de ellos se ha estudiado la matriz de demanda, analizando los flujos principales en dos selecciones de macrozonas, una dedicada al estudio de los viajes del área metropolitana y una segunda dedicada a los viajes dentro de los distritos de la ciudad de Sevilla.

En el segundo bloque se ha experimentado con los diferentes tipos de asignación, con especial énfasis en tres de ellos. Se han obtenido resultados de cada uno de ellos y realizado una comparación.

En el tercer bloque del quinto capítulo se realiza un análisis particular de la zona del Aljarafe, ya que durante la realización del trabajo se ha demostrado el impacto de sus viajes en las principales congestiones de la ciudad.

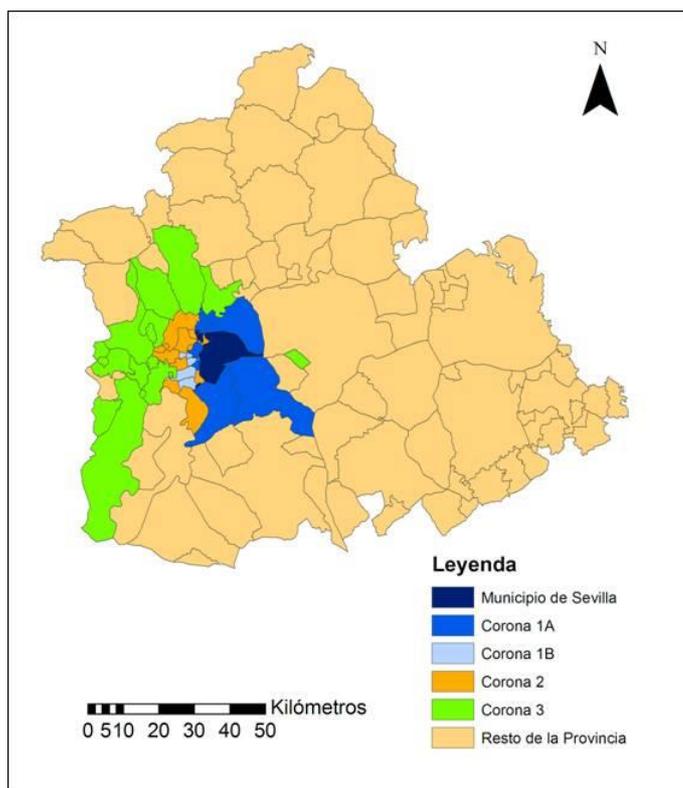
En el sexto y último capítulo se exponen las conclusiones y propuestas desarrolladas en el trabajo, así como un apartado incluyendo las líneas de actuación para un futuro proyecto que prosiga con el desarrollo de esta red.





El ámbito de estudio de este trabajo lo conforman el municipio de Sevilla y otros 46 municipios que forman su zona metropolitana, reuniendo un total de 1.538.625 habitantes (Instituto Nacional de Estadística, año 2005), lo que representa el 79,2% de la población total de la provincia (1.943.594 habitantes). Queda por tanto fuera del alcance de este estudio los viajes autonómicos que tienen en Sevilla su inicio o final del trayecto.

La población bajo estudio se concentra especialmente en el municipio de Sevilla, con 693.878 habitantes, lo que representa el 45,1% del total, correspondiendo los restantes casi 845.000 habitantes a la zona metropolitana.



*Ilustración 2.2. Ordenación de la zona metropolitana de Sevilla.*

*Fuente: Scripta Nova, revista electrónica de geografía y ciencias sociales.*

La Ilustración 2.2 muestra la distribución de la zona metropolitana en sus diferentes coronas. Son ámbito de estudio de este trabajo tanto el municipio de Sevilla como su primera y segunda corona. La tercera corona y el resto de la provincia no se encuentran dentro de la matriz de demanda generada a partir de la encuesta domiciliaria (EDM 2007) por lo que no tienen par origen-destino.

## 2.2 DIAGNÓSTICO DEMOGRÁFICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAL.

En términos de población, la ciudad de Sevilla (considerando su zona metropolitana) se encuentra entre las treinta mayores de Europa Occidental. Es la quinta mayor ciudad peninsular, cuarta española y primera de la Comunidad Autónoma Andaluza.

Según el PGOU [4], a finales de los 80 se llevó a cabo en Francia una investigación a cargo del grupo RECLUS de Montpellier por encargo de la DATAR para clasificar las ciudades europeas. Este estudio propone una jerarquía urbana para los núcleos de más de 300.000 habitantes. Se utilizan 16 indicadores de funcionalidad para clasificar a las ciudades, desde aspectos financieros e industriales hasta indicadores demográficos. Se dividen las ciudades en siete niveles, estando Sevilla situada en el quinto. En total, son veintiuna las ciudades que se sitúan en un plano funcional superior al de la ciudad de Sevilla, la cual se encuadra con otras 21 en el quinto nivel, caracterizado por tener un rango de influencia débil a escala europea, pero significativo en ámbitos inferiores. Dentro de este quinto nivel se encuentran, además de Sevilla, las siguientes ciudades: Valencia, Bolonia, Nápoles, Génova, Venecia, Florencia; Marsella, Toulouse, Estrasburgo, Birmingham, Glasgow, Edimburgo, Colonia, Dusseldorf, Basilea, Ginebra, La Haya, Utrecht, Amberes, Viena y Lisboa.

Según este estudio, en la jerarquía urbana europea, Sevilla se encuadra dentro de un grupo significativo de ciudades, que sin ser las más destacadas y mayores en población y dimensión funcional sí representan núcleos relevantes en el marco europeo.

Las referencias anteriores pretenden contextualizar la ciudad de Sevilla en el ámbito internacional, así como hacer explícito el hecho de que la dimensión metropolitana no es un elemento casual o singular en estos niveles de la jerarquía urbana, sino que forma parte de su naturaleza sustancial y constituye una condición necesaria para su propio desarrollo.

Un área metropolitana, según [4], *“no es sino un área polinuclear que conforma un mercado unitario de residencia y trabajo”*. Con los avances alcanzados en materia de transporte en el último siglo, el concepto tradicional de ciudad debe modificarse, ya que los procesos urbanos adquieren una dimensión mayor y superan los límites administrativos municipales para englobar, mediante diferentes formas de articulación espacial, territorios y asentamientos de población cada vez más amplios.

Analizando de forma individual la ciudad de Sevilla, la distribución en la corona metropolitana muestra una clara jerarquización y articulación espacial. A efectos prácticos, se ha dividido el área metropolitana en 8 sectores: Sevilla, Sevilla Norte, Aljarafe norte, centro y sur, Ribera del Río, Alcalá de Guadaíra y Dos Hermanas.

El municipio de Sevilla conforma el mayor núcleo urbano, con 693.878 habitantes. La ciudad con mayor población del área metropolitana es Dos Hermanas, con casi 110.000 habitantes, siendo la segunda ciudad por tamaño Alcalá de Guadaíra, con 64.000 habitantes. Ciudades de tamaño intermedio (25.000-40.000 habitantes) se pueden identificar en todos los sectores del Área: la Rinconada, en Sevilla Norte; Camas en el Aljarafe Norte; Mairena, en el Aljarafe Sur; y Coria del Río en la Ribera del Río.

La evolución de la distribución espacial del Área de Sevilla sigue el mismo patrón que otras Áreas Metropolitanas españolas, y se caracteriza por dos elementos clave: el estancamiento o regresión poblacional

de la ciudad central, y el aumento de población de la corona metropolitana, mediante procesos de urbanización residencial ligados inicialmente a la búsqueda de suelo más barato y, en una segunda fase, a la búsqueda de una mejor calidad de la vivienda y el entorno.

La evolución de la población de Sevilla es por tanto el resultado de un proceso de crecimiento del ámbito metropolitano caracterizado por la expulsión de población de la capital, debido a diferentes causas y con distinta intensidad, según el período de conformación.

Este proceso genera un volumen de población residente en el Área Metropolitana pero cuya actividad laboral o estudiantil se desarrolla en el municipio de Sevilla. A su vez, debido a la proximidad y mayor oferta sociocultural, dichos residentes invierten en Sevilla su tiempo de ocio. Esta coyuntura origina el concepto de “ciudad-dormitorio”, que acuñan todos los municipios de la zona metropolitana. Sus habitantes desarrollan las funciones principales de su vida diaria en el núcleo principal y vuelven a su domicilio únicamente para dormir.

Esta casuística genera un volumen de viajes, la mayoría en transporte privado, que constituyen el principal flujo de tráfico de acceso a la ciudad en el período estudiado en este trabajo (hora punta de la mañana, 7:00-10:00 am).

# 3 MODIFICACIÓN DE LA RED

---

## 3.1 INTRODUCCIÓN.

La red base de este trabajo es la facilitada por el departamento [5]. Dicha red ha sido desarrollada tanto en este trabajo como en el del compañero Javier Fernández Tejada [3].

Al realizar ambos trabajos a la par, la mayoría de las modificaciones realizadas en un trabajo no están en el otro, centrándose este trabajo en mejorar la red de transporte privado y el del compañero en el desarrollo de la red de transporte público, implementándola en el modelo y sacando conclusiones en torno a ella.

## 3.2 COMPONENTES DE LA RED.

La red sobre la que se va a trabajar contiene diferentes archivos. Algunos de ellos han sido facilitados por el departamento, mientras que otros se han creado a lo largo de este trabajo para posibilitar las diferentes tareas llevadas a cabo.

### 3.2.1.1 Matriz de demanda.

Esta matriz se basa en un estudio de movilidad realizado en la provincia de Sevilla en el año 2007 (EDM 2007). Para este estudio se realizó una encuesta domiciliaria la cual contiene 82.313 registros de encuestados con diversos campos (zona de inicio de viaje, zona de destino, horas, medio de transporte, motivo, y situación familiar y personal).

Sobre esta matriz base se realizó un proceso de distribución [5] para contemplar los viajes atraídos y generados por el nuevo complejo empresarial alrededor de la Torre Pelli. La matriz utilizada en este trabajo considerará por tanto la influencia de esta nueva construcción en los flujos de viajeros.

### 3.2.1.2 Red de arcos

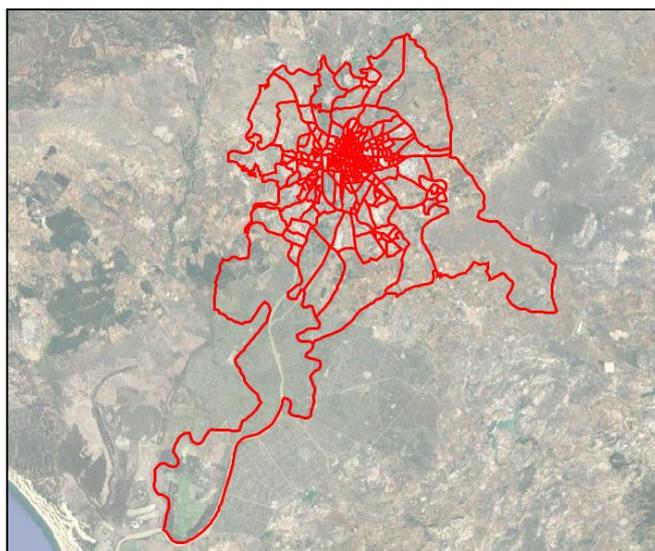
La red de tráfico facilitada por el departamento incluye tanto tráfico privado como público. Se realizará una división entre ambas redes para poder trabajar únicamente con los viales de tráfico privado y poder asignar correctamente sin utilizar la red vial de transporte público.

La red de arcos es la encargada de modelar los viales del ámbito de estudio, por lo que cada uno de ellos tiene propiedades asignadas como número de carriles, capacidad, velocidad máxima permitida, etc. Estos valores serán unos de los grandes ámbitos de trabajo de este estudio, modificándose y añadiendo nuevos campos con el objetivo de mejorar la modelización de la red real.

### 3.2.1.3 Zonificación.

El ámbito de estudio viene definido por una zonificación de la red. El municipio de Sevilla y su corona metropolitana se dividen en 271 zonas de transporte, de las cuales 164 corresponden al municipio de Sevilla y sus distritos y las restantes 107 a la corona metropolitana.

Esta partición de la red forma parte de la metodología de cualquier estudio macroscópico de movilidad basado en demandas. Cada una de estas zonas llevará asignada un centroide y sus correspondientes conectores.

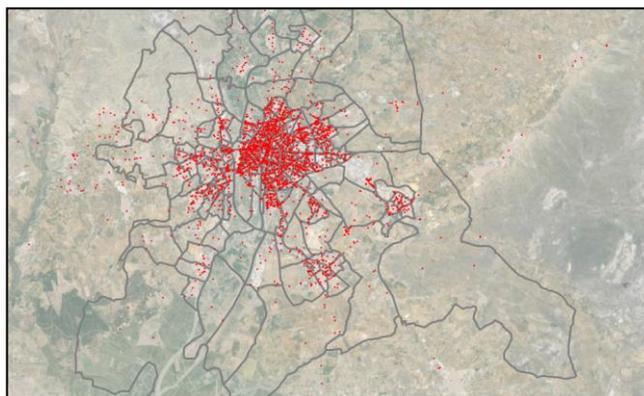


*Ilustración 3.1. Zonificación del área de estudio.*

*Fuente: elaboración propia (TransCAD)*

### 3.2.1.4 Nodos y centroides.

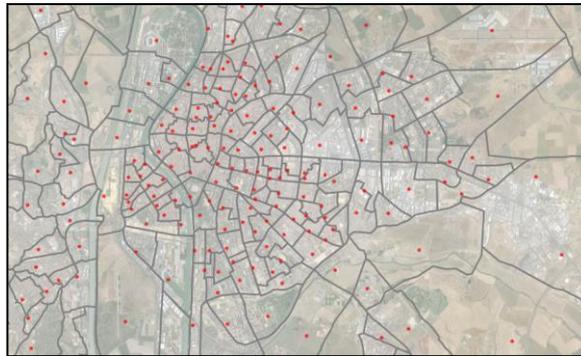
Esta capa, facilitada por el departamento, se ha dividido en dos grupos, nodos generales y centroides. Los nodos generales son necesarios para delimitar el inicio y fin de los arcos de la red, y se crean automáticamente cuando se añaden o modifican los arcos. Estos nodos no tienen propiedades individuales y no tienen importancia más allá de su función como soporte de los arcos.



*Ilustración 3.2. Capa de nodos.*

*Fuente: elaboración propia (TransCAD)*

Por otro lado, los centroides son los puntos de origen y destino de todo el flujo generado por la matriz de demanda. Cada centroide está asociado a una zonificación de la red y funcionará como elemento de transición entre la matriz y la red de arcos.

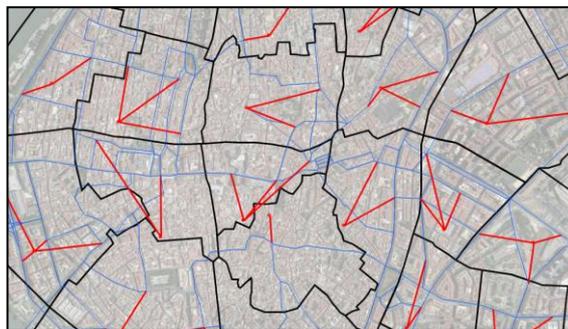


*Ilustración 3.3. Detalle capa de centroides.*

*Fuente: elaboración propia (TransCAD).*

#### 3.2.1.5 Conectores.

Los conectores, a pesar de formar parte de la red de arcos, se han colocado aparte dada su singularidad. Estos arcos no representan ninguna vía de la red real, sino que son meros enlaces entre los centroides, que generan y atraen viajes, y la red de transporte privado, representada en la capa de arcos.



*Ilustración 3.4. Detalle capa de conectores.*

*Fuente: elaboración propia (TransCAD).*

La red facilitada por el departamento incluye un grupo de conectores. Sin embargo, se han eliminado para generar un nuevo grupo de conectores que introduzcan el flujo de tráfico de forma más congruente en la red vial.

Esta generación de nuevos conectores se ha realizado para eliminar, en la medida de lo posible, el llamado efecto conector. Este efecto es fruto de la estructura de implementación del tráfico en la red, que sintetiza todos los hogares de una zona en un punto concreto (centroide). A su vez, este centroide se conectará a la red mediante una serie de conectores, que introducen un tráfico irreal en su punto de unión. El arco al que se une el conector sufrirá un sobredimensionamiento de su flujo que lo congestionará en exceso.

Este efecto puede limitarse si se analizan de forma individual los centroides y se conectan de forma eficiente a la red. Este proceso se describe más detalladamente en el punto “3.3. *Centroides y conectores*”.

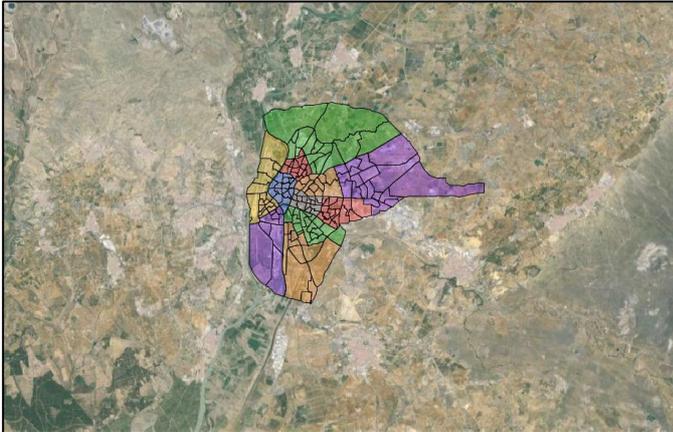
#### 3.2.1.6 Cruces CGM.

Esta capa ha sido facilitada por el Centro de Gestión de Movilidad del Ayuntamiento de Sevilla. Este fichero fue solicitado con el objetivo de analizar los ciclos semafóricos de las intersecciones del municipio de Sevilla. La red de arcos contiene un campo destinado a introducir un factor de regulación para considerar la disminución de capacidad debido a la fase semafórica. Sin embargo, los datos existentes en la red base eran valores aproximados, introducidos según la jerarquización de la red, por lo que este fichero aporta un enfoque realístico a este coeficiente.

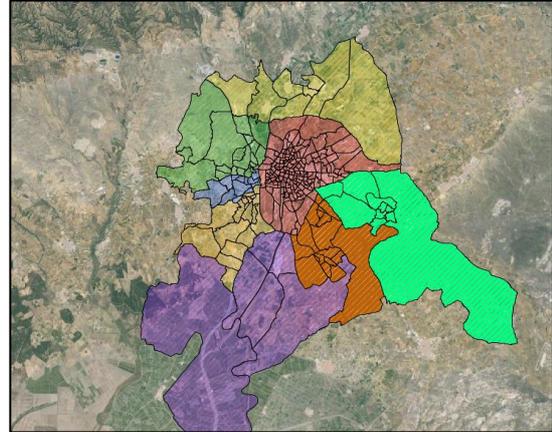
#### 3.2.1.7 Nodos de las macrozonas.

Con el objetivo de analizar la red de manera sintetizada, se han llevado a cabo dos agrupaciones de zonas en grandes grupos, llamados macrozonas. Cada uno de estos grupos representa una capa de nodos en el fichero.

La primera agrupación sintetiza las 271 zonificaciones en 8 macrozonas que representan al municipio de Sevilla y su corona metropolitana. Por otra parte, la segunda agrupación realiza un análisis más exhaustivo y divide el municipio de Sevilla en sus 11 distritos, conteniendo un total de 18 macrozonas.



*Ilustración 3.5. Macrozonas (distritos).*  
Fuente: elaboración propia (TransCAD)



*Ilustración 3.6. Macrozonas (provincia).*  
Fuente: elaboración propia (TransCAD)

## 3.3 CENTROIDES Y CONECTORES

### 3.3.1 Introducción.

Al modelar una ciudad en un software de simulación, esta se divide en varios distritos, que a su vez se subdividen en zonas más pequeñas. Los criterios para esta división deben estar basados en las áreas censales de la ciudad.

El proceso de asignación de viajes establece la hipótesis de que todos los viajes originados y atraídos en una zona de transporte lo hacen teniendo como origen y destino un único punto. El punto de carga para cada zona se denomina centroide y se localiza en el centro de actividad de la zona. Para una zona cien por ciento residencial, el centroide puede coincidir con el centro de gravedad poblacional de la zona. Sin embargo, para zonas de uso de suelo mixto, la ubicación del centroide se basará en el número de viajes que genere cada uso.

El trabajo realizado por los alumnos del máster [6] se basó en este criterio y generó una red de centroides para la zonificación existente.

Una vez generados los centroides de cada zonificación, se deben conectar a la red para que puedan descargar el flujo de viajes generados y absorber el de viajes atraídos. Estos arcos se denominan conectores, y poseen una capacidad muy elevada o infinita, para no influir en el cálculo de los costes de viaje.

La red de transporte inicial tiene generados unos conectores básicos. Cada centroide tiene asignado un conector a la red, excepto algunos casos aislados en los que tiene dos o incluso tres. Esta conexión a la red está realizada sin un criterio definido, por lo que no consigue una representación correcta de la realidad.

Se han modificado los conectores con el objetivo de ajustar lo máximo posible a la realidad el modelo de red. En un principio se crearon nuevos conectores de manera global, pero la necesidad de adoptar diferentes criterios según la densidad urbana, así como el análisis de casos concretos, hizo que finalmente se creasen de forma manual. Este proceso, aunque trabajoso, facilita la creación de una red lógica de conectores al haberse analizado caso por caso, creándose conectores según los criterios adoptados y modificando aquellos existentes que no los cumplieren.

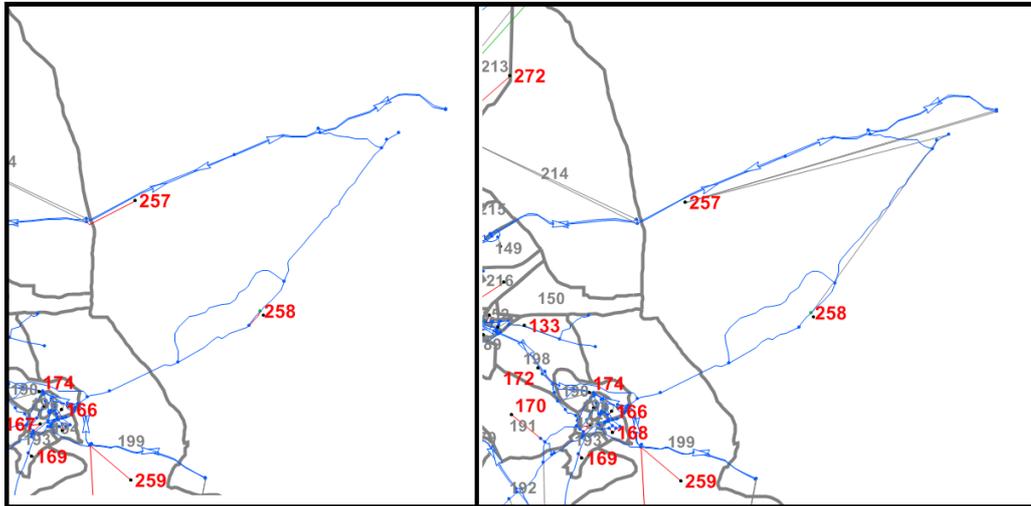
La red básica contaba con 356 conectores, que se han modificado y ampliado hasta un total de 588 en la red definitiva. Esta mejora, sin embargo, no eliminará del todo el llamado efecto conector. Este fenómeno, debido a la carga puntual de tráfico en ciertos arcos, provoca una sobrecarga y colapso irreal en estos puntos. Este problema, inherente a toda simulación macroscópica, no supone impedimento para el análisis que se lleva a cabo en este proyecto, al ser de carácter cualitativo, y no cuantitativo. El objetivo será por tanto encontrar los principales problemas de la red, sin entrar a considerar el valor exacto de la congestión o tiempo de viaje.

### **3.3.2 Criterios adoptados sobre la red de conectores.**

El primer criterio responde a la separación existente en la red entre los arcos que representan la red de transporte público y privado. Existen arcos que representan a las líneas ferroviarias, los carriles bus o el metro. Estas líneas están presentes ya que pueden ser usadas en las diferentes asignaciones para ver como influye en la congestión del tráfico el uso del transporte público, pero a priori los conectores deben unirse a la red básica de transporte privado.

Por otro lado, resulta ilógico conectar un centroide directamente a una vía de alta velocidad, ya que los accesos a las autovías son puntos de la red donde se originan retenciones a menudo. Por lo tanto, eliminar este flujo de

acceso y colocarlo directamente en la autovía no tiene sentido. Por ello se han omitido las vías con jerarquía de primer orden, es decir, la ronda de circunvalación SE-30, las autovías A-4, A-49, A-66 y A-92. También se omiten los ramales de acceso, conectando los centroides al arco inmediatamente anterior. Esta directriz tiene una excepción, ya que los centroides exteriores representan el flujo que viene de las poblaciones más allá de la zonificación, siendo su acceso a la ciudad principalmente por autovía, por lo que estos centroides se conectan al inicio del arco de la autovía más cercana.



*Ilustración 3.7. Modificación centroides externos.*

*Fuente: elaboración propia (TransCAD).*

Los centroides, cuanto mayor sea la zona y su densidad, son menos representativos de la realidad, ya que simplifican una zona colocando un único nodo receptor y emisor de tráfico en la zona. Además, en la red base los centroides están en su mayoría conectados a la red por un único conector, lo que provoca que esa vía se colapse al tener que asumir todo el tráfico de la zona. Por tanto, se han colocado entre 2 y 4 conectores por centroide, en función del tamaño y densidad de la zona, así como la densidad de la red. Como se ve en el siguiente apartado, esta regla tendrá ciertas excepciones según la singularidad de la zona.

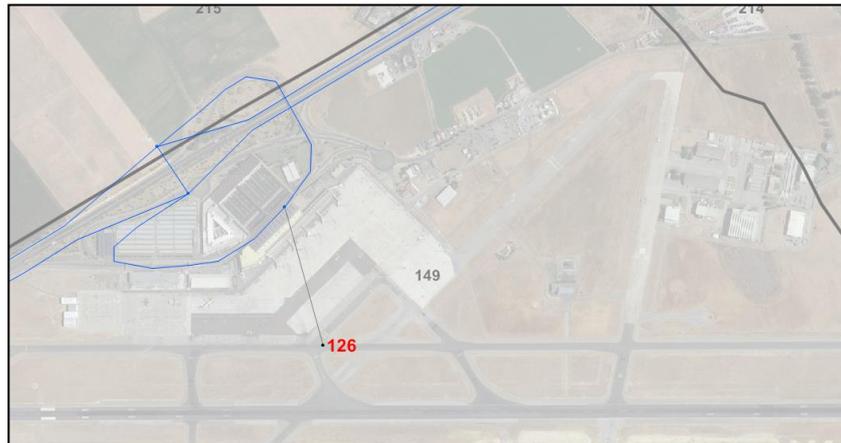
Otra medida que se ha tratado de adoptar de manera general es la de conectar los centroides a arcos contenidos dentro de su zona correspondiente. Esto podría resultar banal, pero la poca densidad de arcos en ciertas zonas de la red hace que resulte complicado cumplir este criterio y el inmediatamente anterior. Por tanto, existen excepciones en las que se han creado conectores externos a fin de evitar colapsar un único arco de la zona. Estas excepciones se han realizado utilizando arcos externos que no modifiquen excesivamente la realidad de la red.

Durante la creación de conectores se observó que, si se conectaban dos centroides al mismo nodo de la red, el flujo asignado de un centroide a otro nunca entraba en la red de tráfico privado, sino que pasaba de un conector a otro sin tener incidencia en el modelo. Por tanto, se han modificado dichos conectores a fin de volcar todo el flujo de tráfico a la red.

### 3.3.3 Casos singulares.

Existen zonas en la ciudad que, por su singularidad, necesitan unos criterios alternativos a las directrices básicas para amoldarse correctamente a la realidad.

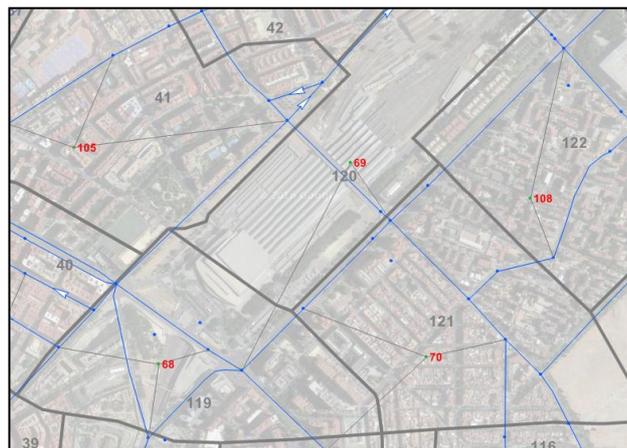
El primer ejemplo claro de ello es el aeropuerto, situado en la zona 149, a las afueras de la ciudad y sin ningún núcleo de población cercano. Siguiendo los criterios expuestos en el apartado anterior, se debería conectar el centroide a varias vías de la zona. Sin embargo, sólo se ha creado un conector, estando unido a la red en la terminal, no en los accesos a la autovía, ya que los viajes de esta zona se dirigen íntegramente a ella.



*Ilustración 3.8. Caso singular 1. Aeropuerto de Sevilla.*

*Fuente: elaboración propia (TransCAD).*

La estación ferroviaria de Santa Justa resulta un caso similar. La zona 120 incluye a la estación y algunas vías colindantes. En esta ocasión se han colocado dos conectores, uno representando al tráfico que enlaza con la glorieta de acceso a la fachada principal y otro en el lateral de la estación, conectando con la Avenida Kansas City.



*Ilustración 3.9. Caso singular 2. Estación de Santa Justa.*

*Fuente: elaboración propia (TransCAD).*

Según el caso anterior, podría deducirse un tratamiento similar para las estaciones de Plaza de Armas (autobuses) y San Bernardo (cercanías y metro). Sin embargo, ambas se encuentran situadas en zonas que

engloban a más edificios con influencia en la generación y atracción de viajes (Centro Comercial Plaza de Armas y Facultades de la Universidad de Sevilla, respectivamente).

Por último, el impacto de la Torre Pelli es algo a tener en cuenta, ya que la matriz O-D utilizada para este trabajo recoge los viajes que podrá generar la torre a través de una distribución sobre la matriz original. Por tanto, los conectores de la zona donde está incluida la torre están distribuidos dando prioridad a los viajes que generará el nuevo edificio.

## **3.4 RED DE TRANSPORTE PRIVADO**

### **3.4.1 Introducción.**

La red base de este trabajo ha sido facilitada por el departamento y corresponde al último TFG elaborado [5]. Dicha red sirve de base tanto para este trabajo como para el del alumno Javier Fernández Tejada [3]. Se han realizado modificaciones conjuntas que se reflejan en ambos trabajos, si bien estas modificaciones se centran en la red general.

El trabajo del compañero está centrado en el estudio de la red de transporte público. Este trabajo, por otro lado, se centra en la red de transporte privado, por lo que se ha estudiado en detalle los puntos conflictivos de la red, así como aquellos que no están actualizados según las últimas actuaciones llevadas a cabo por el ayuntamiento.

La red no puede considerarse perfecta tras las modificaciones explicadas a continuación, ya que semejante nivel de detalle escapa fuera del ámbito de trabajo de este TFG. Sin embargo, todos los cambios realizados se rigen bajo la idea de sólo actuar en aquellos puntos que vayan a tener una incidencia significativa sobre el resultado final de la red, ya que al tratarse de una simulación macroscópica y de análisis cualitativo, muchos cambios podrían no tener peso sobre el resultado final.

### **3.4.2 Modificaciones en la red.**

En este apartado se tratan aquellos puntos de la red que han sido analizados y modificados. Estas modificaciones responden mayoritariamente a un proceso de actualización de la red, si bien existen algunos casos en los que se ha modificado con objetivo de facilitar los cálculos posteriores.

#### **3.4.2.1 Ronda de circunvalación SE-30.**

La ronda de circunvalación tiene un gran nivel de detalle. Sin embargo, algunos accesos no están reflejados y ciertos arcos contienen a dos tramos de la vía con diferentes capacidades. Este trabajo se centra en el estudio del tráfico en la franja horaria de la mañana (7:00 – 10:00 am), si bien se han modificado indistintamente arcos que se usen principalmente por la mañana o por la tarde.

El primer caso tratado es el puente Reina Sofía, situado en el tramo oeste de la red. Este puente es uno de los elementos más conflictivos, ya que tiene una gran intensidad de trenzado. Este trenzado se produce en su mayoría en la primera mitad del puente, por lo que su capacidad se ve aumentada una vez se completa dicho tramo. Por tanto, se ha dividido en dos el arco que representaba al puente, dándole capacidades diferentes a los dos arcos. Esto se explicará posteriormente en el análisis de los cálculos de capacidad.

Otro tramo modificado ha sido el correspondiente al Puente del Quinto Centenario. Esta estructura es otro de los puntos críticos de la ronda de circunvalación, ya que supone un embudo para el tráfico al reducirse tanto la anchura como el número de carriles. Por ello, el carril central es reversible y está regulado según el momento

del día. En la red previa un sólo arco modelaba la totalidad del puente en cada sentido, por lo que no se tenían en cuenta estas variaciones.

Se ha realizado una división de los arcos según el trazado actual. El carril reversible se ha asignado al sentido antihorario, al ser dicho tráfico el de mayor peso en la hora punta estudiada en este trabajo (7:00-10:00 am). Además, se ha rebajado la capacidad de los arcos pertenecientes al puente debido a la disminución de la anchura del carril y su influencia en la percepción del conductor, haciendo que disminuya la velocidad y modifique su conducción.

### 3.4.2.2 Ronda de circunvalación SE-40.

La SE-40 es una autovía de circunvalación situada a unos 10 km del núcleo urbano. Esta autovía, aunque inacabada, tiene un tramo de 16,6 km activo en el arco sureste, entre la autovía del sur A-4 y la autovía autonómica andaluza A-376.

La segunda ronda de circunvalación de Sevilla viene a descongestionar en parte el colapsado tráfico de la SE-30, que actualmente cumple la función de articulador del área metropolitana, con una población de un millón y medio de habitantes, y distribuidor de tránsitos nacionales, regionales y urbanos.

El tramo activo sirve para conectar las poblaciones de Alcalá de Guadaíra y Dos Hermanas, principales núcleos urbanos en el este de la ciudad.

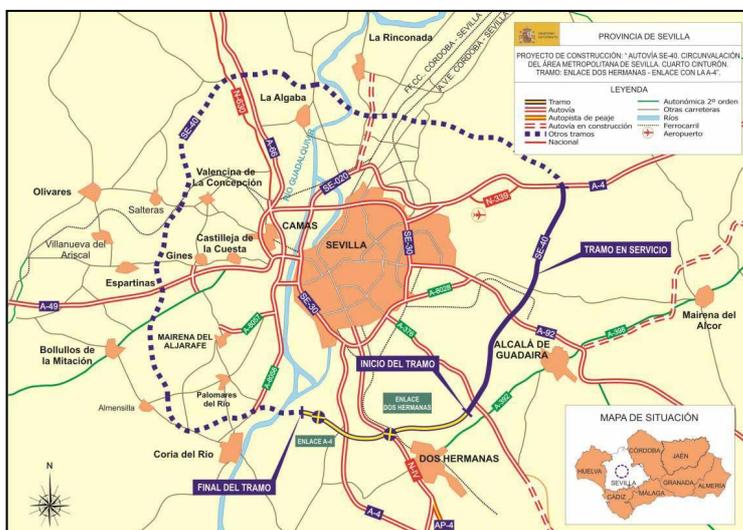


Ilustración 3.10. Proyecto de construcción SE-40.

Fuente: Ministerio de Fomento

Se ha introducido en la red el tramo en servicio, junto con sus enlaces inicial y final con la A-4 y A-376 respectivamente, y uno intermedio con la autovía A-92. Se prevé que este tramo soporte principalmente el tráfico entre las poblaciones de Dos Hermanas, Alcalá de Guadaíra, Montequinto y Mairena del Alcor. Sin embargo, su uso en el modelo estará subestimado ya que se prevé que la mayoría de sus usuarios sean tráfico

de paso. Estos viajes no tienen par origen-destino en el área de estudio, por lo que no están recogidos en la encuesta domiciliaria en la que se basa dicho estudio.



Ilustración 3.11. Detalle de enlaces de la autovía SE-40.

Fuente: elaboración propia (TransCAD)

### 3.4.2.3 Soterramiento de la Avenida Cardenal Bueno Monreal.

Esta actuación, de gran impacto en el tráfico de entrada a Sevilla por el lado oeste, no estaba recogida en la red. Se han modificado los arcos para simular el soterramiento, a la par que se han creado calles secundarias que no estaban modeladas pero que son necesarias para el correcto funcionamiento de la actuación, como la calle Salmedina, que recoge el tráfico proveniente de la Avenida de la Raza con destino al Puente de las Delicias.

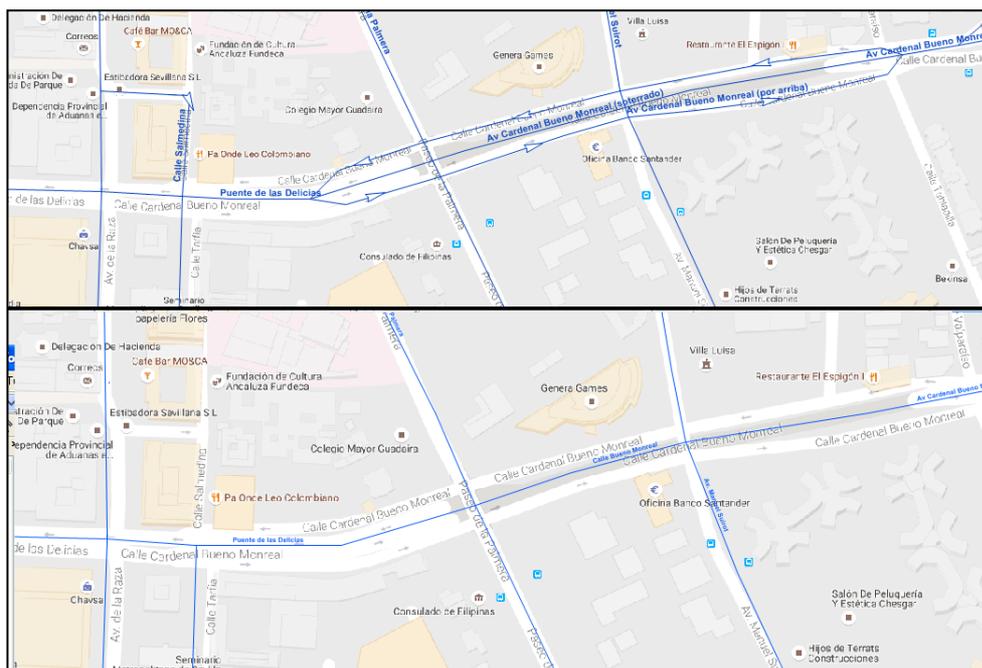


Ilustración 3.12. Detalle soterramiento Bueno Monreal.

Situación actual (arriba), situación previa (abajo).

Fuente: elaboración propia (TransCAD)

### **3.4.3 Giros prohibidos.**

El software TransCAD, por defecto, permite todos los giros posibles en una intersección de dos arcos que estén unidos por un nodo. Esto supone un problema ya que se crean movimientos que en la realidad están prohibidos específicamente o son directamente giros de menos de 90 grados.

El programa da la posibilidad de anular los giros en U a partir de un ángulo a determinar por el usuario. En este caso se ha indicado un ángulo de 40 grados.

También existe la posibilidad de crear una tabla de giros prohibidos. Este proceso se realiza de forma manual, por lo que únicamente se han estudiado los principales viales de la ciudad en busca de giros que afecten al tráfico de forma notable.

### **3.4.4 Revisión de número de carriles.**

Se han observado errores en la asignación de carriles en determinadas vías. Estos errores, aunque pocos, deforman la realidad modificando notoriamente la capacidad de dicha vía. Estos errores se han ido corrigiendo según se trabajaba con la red, realizando un último chequeo final.

Casos singulares son:

- La Avenida Juan Pablo II, que tenía asignados tres carriles en vez de dos, por lo que el modelo no reflejaba el colapso que sufre esta vía todas las mañanas.
- La Avenida José Laguillo tenía registrados tres carriles para cada sentido, siendo variable en número de carriles en función del tramo y sentido.

### **3.4.5 Designación de las vías.**

En trabajos anteriores [3] se han asignado nombres a la mayoría de los arcos principales del centro de Sevilla, así como a las principales carreteras de la zona metropolitana y autovías. Sin embargo, este procedimiento estaba incompleto ya que quedaban algunas vías de jerarquía principal sin nombrar. En este trabajo se han nombrado dichas vías, así como gran parte de las vías secundarias, tanto de la zona centro como del área metropolitana.

# 4 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

---

## 4.1 INTRODUCCIÓN.

La red facilitada en [3] tiene asignado un valor de la capacidad para cada arco. Estos valores se han otorgado en función de la jerarquización de la red, sin diferenciar entre vías a priori similares pero con una casuística propia muy diferente. Además, el factor de regulación propio de cada semáforo se ha creado de manera general.

Este capítulo pretende aportar un mayor grado de profundidad y detalle a estos coeficientes. Para ello se han llevado a cabo las siguientes actuaciones:

- Cálculo de la capacidad de vías sin regulación semafórica.
- Obtención de los ciclos semafóricos y su posterior implementación en la matriz.
- Cálculo de la capacidad de manera singular, realizado en las principales vías semafóricas de la red.
- Modificación de valores generales de la capacidad.

Al igual que en el punto anterior, las modificaciones anteriormente descritas no pretenden resultar en el cálculo exacto de la capacidad de la red, sino en una aproximación cercana a la realidad y con especial incidencia en eliminar aquellos datos que resulten incoherentes.

## 4.2 VÍAS SIN REGULACIÓN SEMAFÓRICA.

La red base posee unos valores generales de la capacidad establecidos según la jerarquización de las vías. Dicha jerarquía incluye, dentro de un rango determinado, vías de diferente capacidad pero misma importancia. Se procede a modificar los valores base según los parámetros impuestos en [7].

Para las vías sin regulación semafórica se establece que la capacidad por carril (C) viene dada por la Velocidad Libre, expresada en kilómetros por hora (km/h).

Para autopistas y autovías dicho valor viene dado por:

$$C=1.800+5\cdot VL$$

Mientras que para otras vías con calzadas separadas es:

$$C=1.200+10\cdot VL$$

Además, se indica que para vías de dos carriles con doble sentido de circulación la capacidad máxima será de 1700 coches/hora/carril.

De especial interés resulta el caso del Puente del Quinto Centenario. Esta estructura, integrada dentro de la autovía de circunvalación SE-30, es uno de los puntos críticos de la red debido al embotellamiento que sufren los vehículos. Este cuello de botella se forma por la propia condición del puente, diseñado insuficientemente para albergar dos carriles por sentido. En 1992, meses después de su inauguración, se eliminó la barrera de hormigón que separaba ambos sentidos y se introdujo un tercer carril reversible. Esta acometida redujo la anchura de los carriles al mínimo permitido de 3 metros.

Este carril reversible alterna su sentido según la hora del día y cuál sea el tráfico principal que lo recorre. En hora punta de la mañana este tráfico corresponde al sentido antihorario de la ronda de circunvalación, por lo que a la hora de modelar la estructura en el software TransCAD se ha designado con 3 carriles a dicho sentido, y con 2 al sentido horario de circulación.

Los cálculos correspondientes a este apartado son parte del “

*Anexo B. cálculo de la capacidad de las vías principales”.*

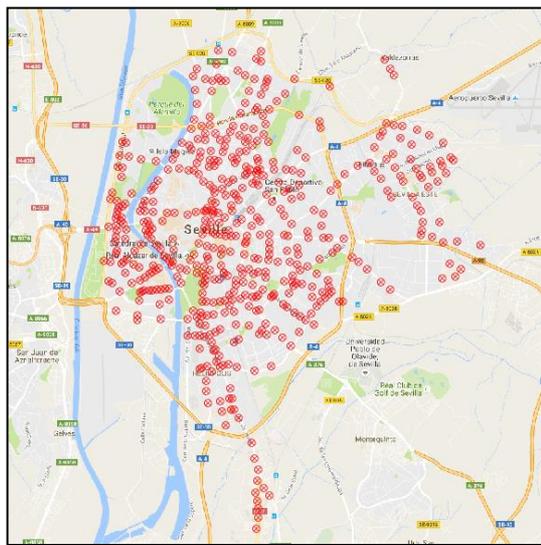
## 4.3 VÍAS CON REGULACIÓN SEMAFÓRICA.

Las vías con regulación semafórica se han dividido en dos bloques. El primero de ellos engloba a las principales arterias de la ciudad, que han sido analizadas una a una en el siguiente apartado, mientras que el segundo bloque contiene a las vías urbanas secundarias.

### 4.3.1 Ciclo semafórico.

Para el cálculo de la capacidad de las vías urbanas, se hace necesario conocer el ciclo semafórico de las intersecciones. Este ciclo se introduce en el programa a través del factor de regulación, introducido en la matriz de arcos que representan a cada vía, y que fue generado en [3] de forma aproximada, basándose en la jerarquía de las vías que se cruzaban. En este trabajo se introducen los ciclos semafóricos reales de cada intersección.

Para obtener dichos datos, se ha contactado con el Centro de Gestión de la Movilidad de Sevilla, enmarcado en la Delegación de Seguridad y Movilidad del Ayuntamiento de Sevilla. Dicho centro ha proporcionado datos de todas las intersecciones semafóricas de la ciudad, así como su geolocalización. La siguiente imagen, que sirve para mostrar el grado de exactitud de dicho archivo, se trata de una captura del software TransCAD en la que se ha introducido el archivo GIS facilitado con todos los cruces sobre una capa base.



*Ilustración 4.1. Cruces con fase semafórica conocida.*

*Fuente: Centro de Gestión de Movilidad (CGM).*

Trabajando sobre la base de datos, se ha realizado un excel definiendo los tiempos de paso de cada movimiento en las intersecciones. Este proceso previo a la introducción de los ciclos en TransCAD se hace necesario ya que, dentro de una intersección, un movimiento puede estar en fase verde durante varios ciclos. Este documento, adjunto en el “Anexo A. Tablas CGM”, servirá para definir con precisión la capacidad de las vías urbanas.

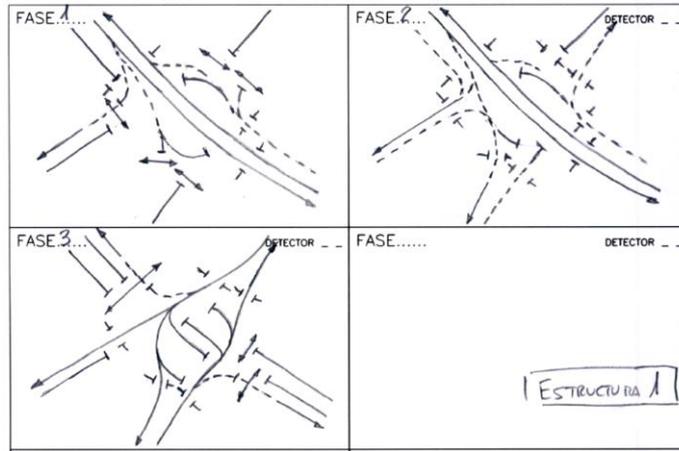


Ilustración 4.2. Cruce nº1 (Ctra. Su Eminencia – Ctra. Utrera)

Fuente: Centro de Gestión de Movilidad de Sevilla

La Ilustración 4.2 muestra un ejemplo de los ficheros proporcionados para definir los movimientos permitidos en las diferentes fases semafóricas de las intersecciones. Junto a estos ficheros gráficos se dispone de un listado con los datos de cada intersección, definidos según la regulación en hora punta por la mañana, establecida entre las 7:00 y las 10:00. Este listado define: el código del cruce (necesario para identificarlo en el fichero GIS); la duración del ciclo (en Sevilla existen dos tiempos, 90 o 112 segundos); el desfase (necesario para la coordinación entre semáforos continuos); el número de fases y por último la duración de cada una de éstas. En la tabla 1 se expone un extracto de dicho fichero.

D1	D2	D3	D4	D5
001	C112	D054	03	028036036
002	C112	D102	02	067033
003	C112	D090	03	036016048
004	C112	D013	03	051022027
005	C112	D090	04	021020038021
006	C112	D062	02	067033
007	C112	D033	03	049018033
008	C112	D083	02	065035
009	C112	D088	02	070030
010	C112	D090	02	070030

Tabla 1. Regulación de los ciclos en hora punta.

Fuente: Centro de Gestión de Movilidad de Sevilla

El porcentaje del ciclo que corresponde a la fase verde será el coeficiente de regulación a introducir en la matriz de la red de arcos en Transcad. Este proceso genera dos ventajas frente al planteamiento anterior: por un lado, se coloca el porcentaje exacto de fase verde (y no una aproximación general) y por otro se aplican diferentes coeficientes en una misma vía, según las diferentes intersecciones semafóricas y la magnitud de las vías que la cruzan, así como el sentido.

### 4.3.2 Vías principales.

El cálculo de la capacidad de las vías semafóricas se ha realizado según las indicaciones del libro “Ingeniería de carreteras, volumen I” [7], si bien la mayoría de los cálculos explicados en este libro se basan en el “Highway Capacity Manual” [8], referido en adelante como el Manual de Capacidad.

Este proceso requiere un grado de exactitud elevado, por lo que sólo se ha realizado en las principales vías de la red. Se han seleccionado por grupos, siendo los siguientes:

- Puentes correspondientes a la ronda de circunvalación SE-30.
- Vías de acceso a la ciudad en el lado oeste, correspondientes al barrio de Los Remedios.
- Vías de acceso a la ciudad en el lado este. Se han estudiado las avenidas de Kansas City, Andalucía y La Paz.
- Vías paralelas al río, desde la Avenida Concejal Jiménez Becerril hasta la Avenida de Jerez.
- Puentes de la dársena.
- Ronda de Sevilla, comenzando en la calle Resolana y terminando en la Avenida Menéndez Pelayo.
- Vial de acceso al barrio de Nervión, comenzando en el Puente de las Delicias y terminando en la calle Luis de Morales.

El cálculo se realiza basado en la intensidad de saturación y el ciclo semafórico, según la siguiente ecuación:

$$C=S \frac{V}{T} \quad (1-1)$$

Siendo:

C: Capacidad del acceso (veh/h)

S: Intensidad de saturación (veh/h)

V: Duración de la fase verde (s)

T: Duración del ciclo (s)

La intensidad de saturación de cada acceso de una intersección semafórica viene definida como el número máximo de vehículos por hora que puede pasar por el acceso mientras el semáforo está en su fase verde. El procedimiento del Manual de Capacidad permite calcular, para cada grupo de carriles, la intensidad de saturación según la siguiente fórmula:

$$S = 1900 \cdot N \cdot f_a \cdot f_{vp} \cdot f_i \cdot f_e \cdot f_b \cdot f_z \cdot f_{gd} \cdot f_{gi} \quad (1-2)$$

Siendo:

N: número de carriles en el grupo.

$f_a$ : factor de corrección por anchura del carril.

$f_{vp}$ : factor de corrección por vehículos pesados.

$f_i$ : factor de corrección por inclinación de la rasante.

$f_e$ : factor de corrección por estacionamiento.

$f_b$ : factor de corrección por paradas de autobuses.

$f_z$ : factor de corrección por situación geográfica.

$f_{gd}$ : factor de corrección por giros a la derecha.

$f_{gi}$ : factor de corrección por giros a la izquierda.

### 4.3.3 Vías secundarias.

Al realizar el cálculo de las vías principales se observa que la red está sobredimensionada, ya que las vías secundarias sin modificar tienen un valor de la capacidad mayor que las principales.

Las vías urbanas están divididas en cuatro jerarquizaciones según su importancia, teniendo una capacidad teórica asignada de 1400, 1600 o 1800 veh/hora/carril según su importancia. Estos valores se han corregido usando el mismo procedimiento que en el apartado anterior, aunque no de forma individual. Se han escogido tres viales al azar de cada una de las cuatro jerarquizaciones y se les ha calculado su capacidad, realizando posteriormente la media y dándole dicho valor a todos los arcos de cada jerarquía. A continuación, se exponen los viales analizados.

<b>JERARQUÍA</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>CAPACIDAD (veh/h/carril)</b>	<b>CAPACIDAD MEDIA (veh/h/carril)</b>
33	AVENIDA KANSAS CITY	1570	1384
	AVENIDA LUIS MONTOTO	1362	
	CALLE FELIPE II	1219	
32	AVENIDA REYES CATÓLICOS	1302	1117
	CALLE REPÚBLICA ARGENTINA	1078	
	CALLE REINA MERCEDES	970	
31	CALLE RAMÓN CARANDE	1102	924
	CALLE MORAIMA	795	
	CALLE CIAURRIZ	875	
30	CALLE GARCÍA DE VINUESA	947	838
	CALLE FERIA	617	
	CALLE SAN JACINTO	952	

*Tabla 2. Cálculo de capacidad.*

*Fuente: elaboración propia*

Con esta modificación se consigue otorgar a la red de viales secundarios capacidades en consonancia con los viales principales. Resulta evidente al analizar la Tabla 2 que existe cierta disparidad entre vías designadas con la misma jerarquía. Esto lleva a sobrecapacitar ciertos viales y a restringir otros, pero este margen resulta asumible dada la naturaleza del proyecto, que se centra en análisis cualitativos de la red, no cuantitativos.



# 5 ASIGNACIÓN DE VIAJES.

---

## 5.1 INTRODUCCIÓN.

La asignación de viajes es el proceso mediante el cuál se estiman las rutas y los volúmenes de viajeros de cada arco del sistema de transporte. Los resultados de una asignación pueden incluir velocidades y volúmenes de tráfico sobre la red, tiempos de recorrido entre zonas, número de usuarios del transporte público clasificado por rutas, etc.

También se pueden simular volúmenes en el sistema existente o sobre sistemas alternativos futuros. Con la asignación de viajes se pueden probar propuestas de actuaciones sobre la red para analizar su impacto sobre la red de transporte ya existente.

Existen dos grupos principales de modelos de asignación, estáticos y dinámicos. Los modelos estáticos asumen que tanto la demanda de tráfico como la capacidad de la red son independientes del tiempo, por lo que se mantienen constantes durante el período de tiempo considerado. Los modelos dinámicos usan un principio más realista, asumiendo que la matriz origen-destino y las características de la red variarán con el tiempo. Este tipo de modelos exigen una capacidad computacional mayor, así como requerimientos extra a la base de datos.

Este trabajo se ciñe a la investigación de los modelos de asignación estáticos. Los diferentes tipos de asignación usados se exponen a continuación, comparándose los resultados entre unos y otros.

## 5.2 MATRIZ ORIGEN-DESTINO.

### 5.2.1 Matriz original.

La matriz usada se basa en la encuesta domiciliar de movilidad de 2007, EDM 2007, con alto grado de detalle y la cual contiene 82.313 registros de encuestados con diversos campos (zona de inicio de viaje, zona de destino, horas, medio de transporte, motivo, y situación familiar y personal).

Se trata de una encuesta domiciliar, por lo que no están reflejados en la matriz los viajes generados y atraídos por focos como el puerto, el aeropuerto o los hospitales. Se ha considerado la posibilidad de modificar la matriz manualmente para introducir estos viajes, pero la idea ha sido desestimada. Los motivos son principalmente dos; por un lado, no se conocen estos datos de viajes ya que son variables según el día y la hora, y por otro lado el hecho de modificar la matriz manualmente hace que ésta pierda grado de realismo, por lo que al tratar de introducir estos datos podrían alterarse otros.

A pesar del alto grado de detalle, esta encuesta se realizó hace 9 años, por lo que podría estar desactualizada. A pesar de que el análisis de este trabajo será cualitativo, no cuantitativo, se debe comprobar qué relación guarda el tráfico actual con los niveles correspondientes al año de la encuesta.

Para realizar dicha comprobación se han usado los Mapas de Tráfico del Ministerio de Fomento [1], comparando las IMD facilitadas en los principales puntos de la ciudad.

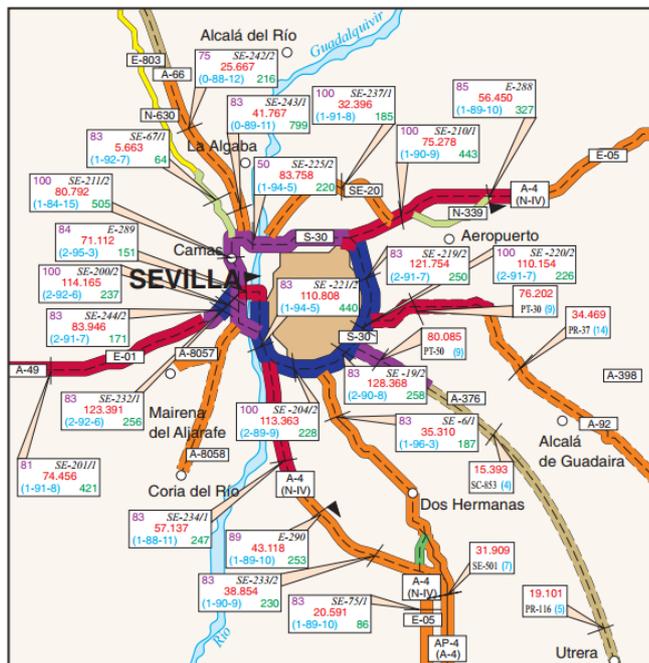


Ilustración 5.1. Mapa de tráfico 2008.  
Fuente: Ministerio de Fomento

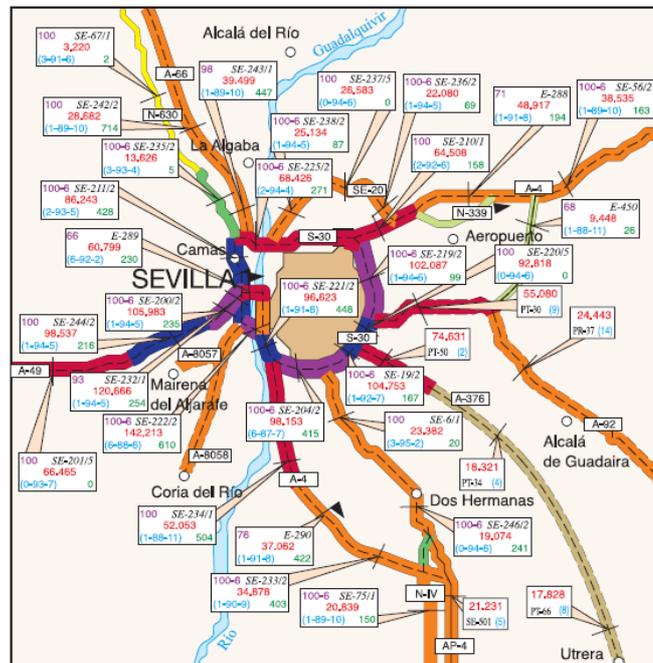


Ilustración 5.2. Mapa de tráfico 2014.

Fuente: Ministerio de Fomento

Se aprecia que, en general, el tráfico en 2008 tenía un volumen mayor que en 2014. Esto, en todo caso, dará unos resultados del lado de la seguridad para el tráfico actual, ya que estarán sobredimensionados. Sin embargo, la tendencia en los últimos años, con el inicio de la recuperación económica del país, hace indicar que el volumen de 2016, del que no disponemos datos, será mayor que el de 2014 y por tanto más ajustado a los datos de la matriz de 2007.

De cualquier forma, como ya se ha indicado, el análisis de este capítulo será cualitativo. Un mayor grado de exactitud en el volumen de tráfico, aunque positivo, no tendrá una gran incidencia sobre los resultados finales del estudio. Será más importante una correcta relación entre los diferentes flujos de la matriz, independientemente del volumen.

Cabe destacar también que la matriz utilizada ha sido distribuida para contemplar los viajes atraídos por el nuevo complejo empresarial en torno a la Torre Pelli. Esta distribución fue llevada a cabo por el Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y el Transporte y viene explicada en el TFG del alumno Pablo Encinas Sánchez [5].

### 5.2.2 Matrices macroscópicas.

La matriz original contiene 271 pares origen destino, por lo que la representación de ciertos mapas puede llegar a ser confusa. Para ello se han realizado dos divisiones en zonas macroscópicas para sintetizar los datos mostrados. Una primera división ha sido en torno al área metropolitana de Sevilla y la segunda se ha regido según los distritos urbanos de la ciudad de Sevilla.

Los datos analizados en este apartado responden únicamente a la información facilitada en la matriz de demanda, ya que aún no se ha realizado ningún tipo de asignación sobre ella. Por tanto, el análisis se centrará únicamente en los viajes realizados de una zona a otra, y no de su ruta o tiempo de viaje ya que estos valores se desarrollan en el apartado correspondiente a asignaciones.

#### 5.2.2.1 Área metropolitana.

Se han unificado los 271 centroides en 8 macrozonas, repartidas entre Sevilla y la corona metropolitana. La elección de las macrozonas se ha realizado en base al “Plan de transporte metropolitano del área de Sevilla” [9]. Esta división recoge la ciudad de Sevilla en una única zona, mientras que divide el Aljarafe en tres zonas debido a su peso demográfico, así como la corona sureste en dos, Alcalá de Guadaíra y Dos Hermanas. Las restantes zonas, con menor peso demográfico, son Sevilla norte y la ribera del río:

- 1 - Sevilla.

Incluye todo el núcleo urbano, dividido entre sus 11 distritos. Posteriormente se ha hecho una zonificación macroscópica exclusivamente para el término urbano de Sevilla, tema que se tratará más adelante. Consta de 164 centroides, siendo la zona con mayor número de ellos.

- 2 – Sevilla norte.

Esta zona recoge principalmente a las poblaciones de La Algaba y San José de la Rinconada. Consta de 7 centroides.

- 3 – Aljarafe norte.

Este corredor del Aljarafe se delimita por la autovía A-66 en el norte y la A-49 en el sur, con un total de 19 centroides.

- 4 – Aljarafe centro.

El corredor centro delimita con el corredor norte en la A-49, y con el corredor sur en la autovía variante de Mairena del Aljarafe (A-8057). Tiene un total de 14 centroides.

- 5 – Aljarafe sur.

El corredor sur del Aljarafe, con 18 centroides, delimita en el norte con la A-8057 y por el sur con la autovía de Coria y la ribera del río Guadalquivir.

- 6 – Ribera del río.

Esta macrozona, con un peso demográfico poco significativo, recorre toda la ribera del río Guadalquivir hasta su desembocadura en Sanlúcar de Barrameda, provincia de Cádiz. Tiene 6 centroides, lo que le convierte en la macrozona con menor división, aún siendo la de mayor área.

- 7 – Alcalá de Guadaíra.

Esta división tiene como núcleo fundamental a Alcalá, pero también recoge parte del tráfico de Mairena de Alcor y Utrera. Tiene 10 centroides.

- 8 – Dos Hermanas.

Con 18 centroides, la última zonificación contiene a las poblaciones de Montequinto y Dos Hermanas.

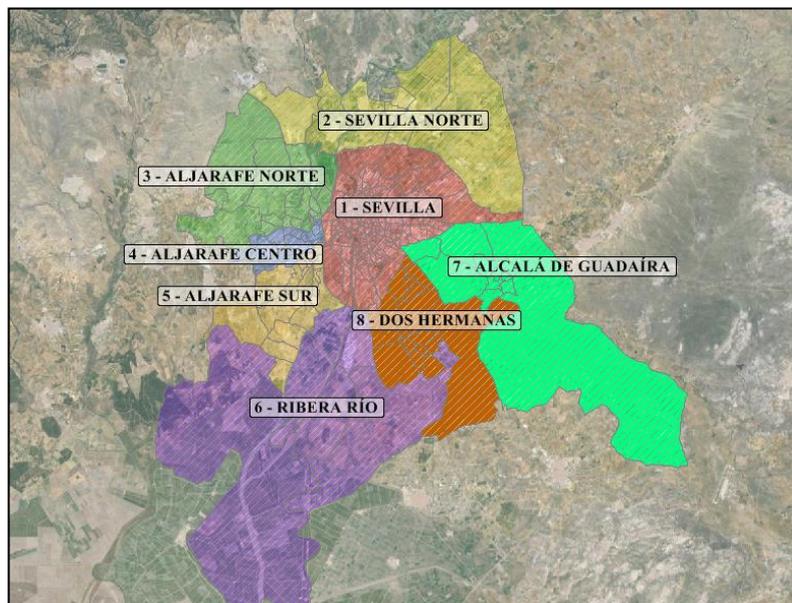


Ilustración 5.3. Macrozonificación general.

Fuente: elaboración propia (TransCAD)

MATRIZ MACROSCÓPICA DE VIAJES									
MACROZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	SUMA
1	43349	2384	3571	1878	1690	544	2394	5169	60979
2	3788	552	420	120	260	37	347	616	6140
3	6258	204	2205	164	129	75	721	2063	11819
4	4018	243	384	387	161	86	124	448	5851
5	4399	425	263	248	1152	109	302	821	7719
6	1260	36	70	41	63	71	52	439	2032
7	4052	116	291	65	149	14	339	379	5405
8	6965	503	941	415	764	305	276	2496	12665
SUMA	74089	4463	8145	3318	4368	1241	4555	12431	<b>112610</b>

Tabla 3. Matriz macroscópica de viajes.

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 3 muestra los viajes generados y atraídos por las macrozonas definidas en este apartado. El mayor foco generador y atractor de viajes es la zona de Sevilla capital, con 60979 viajes generados y 74089 atraídos. Sumando sus tres particiones, el Aljarafe se convierte en el mayor foco de la zona metropolitana con 25389 viajes generados y 15831 atraídos, seguido de Dos Hermanas, con 12665 y 12431 respectivamente.

Se debe resaltar el hecho de que esta matriz no refleja todos los viajes realizados durante el día, sino únicamente los que tienen lugar en la franja horaria de estudio (7:00-10:00 am). Por tanto no puede compararse con los datos reflejados en [9]. Como ya se ha expuesto con anterioridad, el objetivo de este

trabajo es un análisis cualitativo de la red, por lo que a continuación, en la Ilustración 5.4, se representa la relación entre los flujos de entrada y salida del municipio de Sevilla.

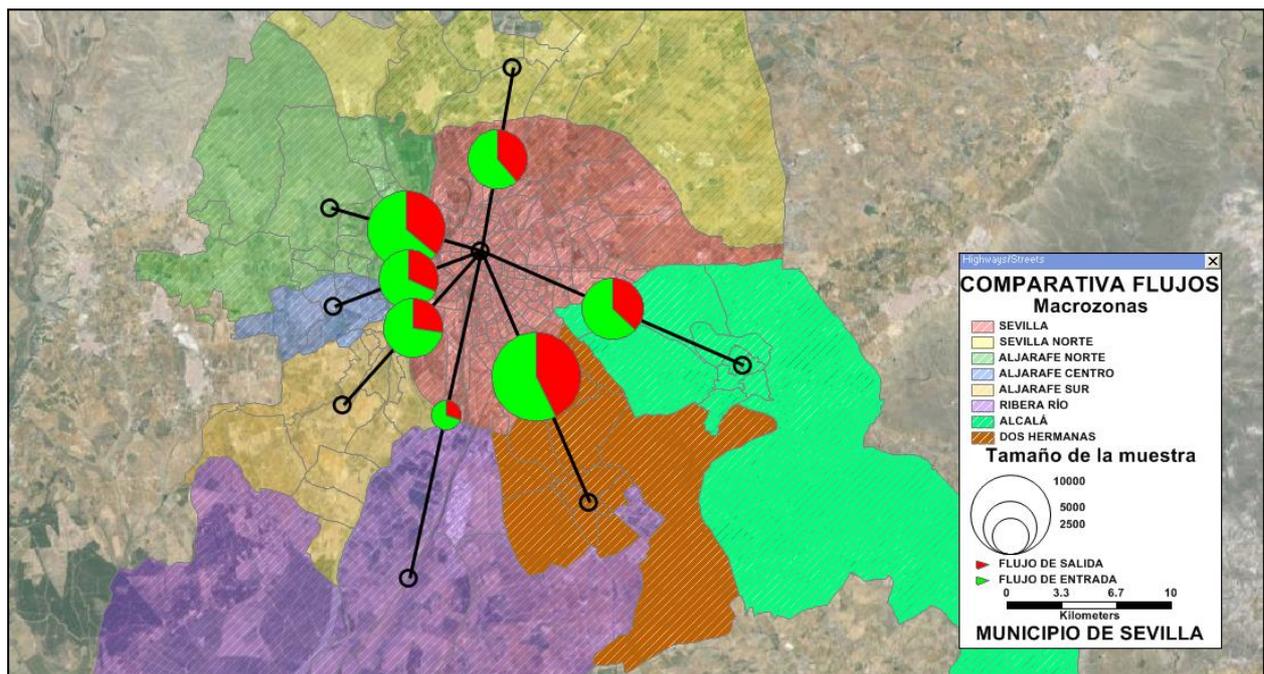


Ilustración 5.4. Comparativa de flujos de entrada y salida del municipio de Sevilla.

Fuente: elaboración propia (TransCAD)

Esta imagen sirve para analizar el ratio de viajes generados/atraídos en cada macrozona con respecto al municipio de Sevilla. Como era de esperar, éste atrae más viajes de los que genera con respecto al resto de macrozonas, si bien es cierto que existen diferencias en el ratio según la estructura demográfica de cada una.

El municipio de Dos Hermanas es el que mayor paridad de resultados genera ya que, a pesar de su gran densidad demográfica, también es un importante atractor de viajes dado su tejido empresarial. En el otro extremo se sitúan el Aljarafe sur y la ribera del río. El Aljarafe sur, si bien contiene a localidades con cierto tejido empresarial como Mairena del Aljarafe, está conformado en su mayoría por municipios residenciales y campos de cultivo. Una situación parecida se presenta en la ribera del río, que contiene a Coria del Río, pero la mayoría de su territorio está ocupado por los arrozales del río Guadalquivir y municipios con poca atracción de viajes.

A continuación, se exponen el resto de viajes de la matriz, excluyendo al municipio de Sevilla y representando únicamente los viajes realizados en la corona metropolitana. Se observa que el mayor foco atractor de viajes es, con diferencia, el municipio de Dos Hermanas, siendo sus mayores orígenes las tres zonas del Aljarafe y Sevilla Norte. Esta casuística supone un problema para el viario actual de la ciudad, ya que todos esos viajes se realizan a través de la ronda de circunvalación SE-30 al no existir actualmente una alternativa. La construcción de la SE-40 conseguiría alejar estos flujos de la ya de por sí saturada red de acceso al municipio de Sevilla. Se observa a su vez que un tráfico significativo proviene del municipio de Alcalá de Guadaíra, por lo que el tramo actualmente operativo de la SE-40 puede dar soporte a dichos viajeros.

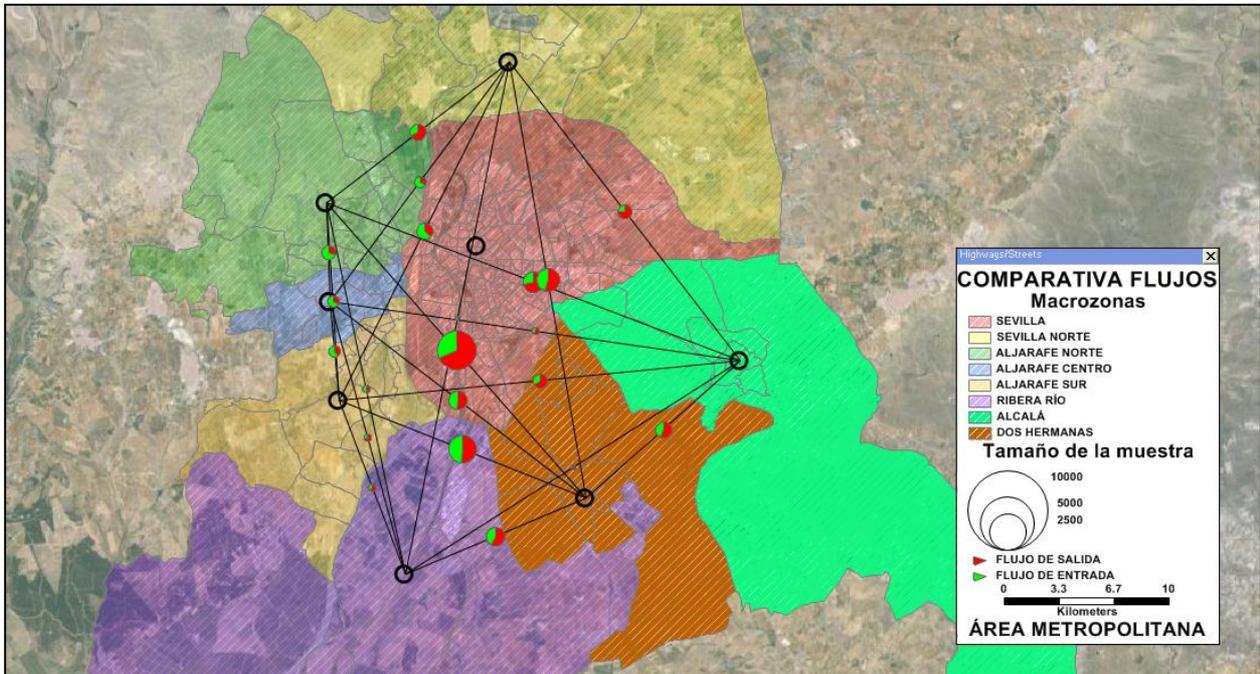


Ilustración 5.5. Comparativa de flujos en el área metropolitana.

Fuente: elaboración propia.

#### 5.2.2.2 Municipio de Sevilla.

Se ha dividido la ciudad en los 11 distritos que la componen. La zonificación realizada en TransCAD sigue un patrón que respeta los límites de los diferentes distritos, por lo que se ha conseguido un alto grado de exactitud en la división. Esta división tiene como objetivo analizar tanto los tráficos intrazonales de la ciudad de Sevilla como el destino exacto de los viajeros con origen en la zona metropolitana.

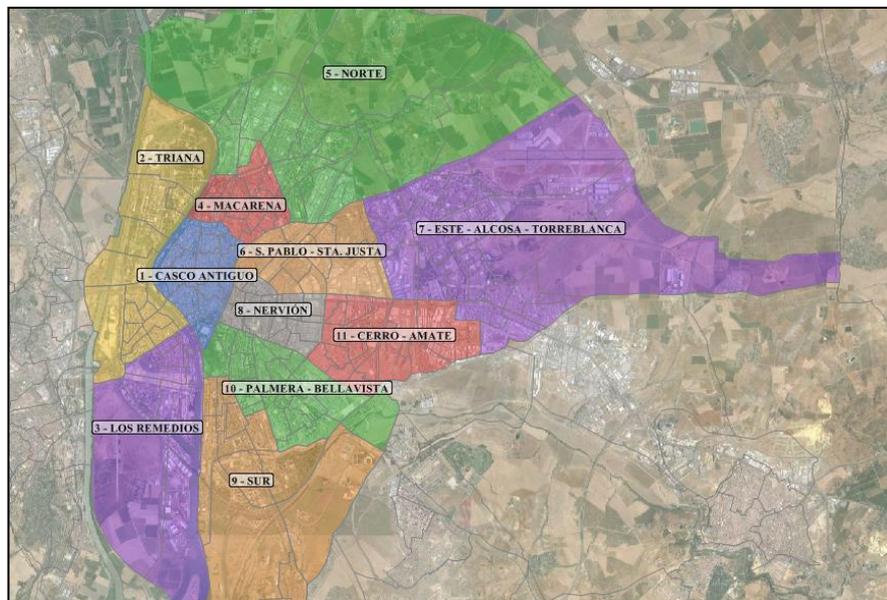


Ilustración 5.6. Macrozonificación según distritos.

Fuente: elaboración propia (TransCAD)

El análisis de los viajes intrazonales tiene como objetivo analizar los viajes que, realizándose en coche, podrían ser sustituidos por la red de metro (actual y planeada) o de autobuses. El análisis de la red de transporte público, tal y como se explica en los antecedentes, corresponde al trabajo realizado este mismo curso por el alumno Javier Fernández Tejada [3], si bien en este trabajo se pretende realizar un análisis complementario y más exhaustivo de la red de privado que aporte información sobre una potencial demanda de transporte público.

Por otro lado, la definición del destino exacto en la ciudad de Sevilla de los viajes con origen en la zona metropolitana es un complemento de gran valor para el análisis de la comparación de asignaciones. Conocer a qué punto exacto de la red se dirige un viajero proporciona una información muy útil a la hora de entender la ruta que elige.

Para realizar la división se ha seguido un patrón diferente al usado en el apartado anterior. En este caso se han enumerado del 1 al 11 los distritos de Sevilla y el resto de zonas se han designado, en el mismo orden, a partir del número 102.

MACROZONA	DESIGNACIÓN
1	CASCO ANTIGUO
2	TRIANA
3	LOS REMEDIOS
4	MACARENA
5	NORTE
6	S.PABLO-STA.JUSTA
7	ESTE-ALCOSA-TORREBLANCA
8	NERVIÓN
9	SUR
10	PALMERA-BELLAVISTA
11	CERRO-AMATE
102	SEVILLA NORTE
103	ALJARAFE NORTE
104	ALJARAFE CENTRO
105	ALJARAFE SUR
106	RIBERA RÍO
107	ALCALÁ DE GUADAÍRA
108	DOS HERMANAS

Tabla 4. Designación macrozonas (distritos).

Fuente: elaboración propia.

MATRIZ MACROSCÓPICA DE VIAJES																				
MACROZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	102	103	104	105	106	107	108	Σ DISTRITO	Σ GENERAL
1	2643	523	341	282	268	336	424	280	426	677	272	732	594	157	504	227	260	670	6472	9616
2	260	1102	248	301	581	324	699	388	328	115	318	152	223	81	86	16	161	309	4664	5692
3	36	275	266	193	269	127	134	183	58	0	138	130	70	53	24	0	76	128	1679	2160
4	76	752	216	326	743	252	478	371	245	83	208	106	183	173	96	57	357	406	3750	5128
5	230	1132	358	509	1058	329	655	380	458	61	483	291	341	501	128	0	318	326	5653	7558
6	55	377	142	132	217	309	256	181	150	20	176	86	160	46	236	77	139	291	2015	3050
7	199	1208	397	254	493	365	894	658	377	138	373	151	328	189	101	57	305	657	5356	7144
8	46	231	261	122	196	318	234	567	260	97	80	122	183	72	103	36	104	434	2412	3466
9	257	794	278	373	891	658	516	365	688	195	503	192	699	416	219	27	206	1042	5518	8319
10	285	473	412	220	470	537	283	196	358	236	348	231	414	81	34	44	370	635	3818	5627
11	24	181	185	157	451	189	216	124	91	112	225	186	372	101	155	0	92	265	1955	3126
102	552	703	132	354	455	376	206	215	279	125	386	551	419	120	259	36	347	616		6131
103	376	793	80	287	357	624	841	584	1003	676	632	204	2205	164	129	75	721	2063		11814
104	129	808	177	300	585	446	357	337	402	74	397	243	384	387	160	86	124	447		5843
105	395	592	161	196	357	765	619	329	429	170	382	424	263	248	1152	109	302	821		7714
106	392	115	0	120	33	340	41	70	58	20	68	36	70	41	63	71	52	438		2028
107	89	868	251	300	471	506	380	184	352	139	506	116	291	65	149	14	339	379		5399
108	429	1081	315	422	705	971	856	742	656	289	494	502	941	415	764	305	276	2496		12659
Σ DISTRITO	4111	7048	3104	2869	5637	3744	4789	3693	3439	1734	3124								43292	
Σ GENERAL	6473	12008	4220	4848	8600	7772	8089	6154	6618	3227	5989	4455	8140	3310	4362	1237	4549	12423		112474

Tabla 5. Matriz macroscópica de viajes (con distritos).

Fuente: elaboración propia.

A continuación se procede al análisis cualitativo de la Tabla 5.

Ésta indica que un 38,49 % (43292) de los desplazamientos producidos en hora punta por la mañana tiene como origen y destino la ciudad de Sevilla. Este porcentaje se antoja elevado, sobretodo teniendo en cuenta que esta matriz no recoge los viajes realizados a pie, bicicleta o en transporte público, siendo estos de mayor concentración que en otras zonas al tratarse del núcleo urbano.

Dentro de cada distrito, el casco antiguo es el que genera más viajes intrazonales con un total de 2643, suponiendo un 40,83% de los viajes generados y un 64,3% de los atraídos por dicho distrito. Este dato resulta también muy elevado, pues el viario en el casco antiguo es de baja capacidad y sufre una gran congestión por la mañana. Este gran número de viajes debe ser reducido transfiriéndose a otros modos de transporte. Al ser trayectos de corta distancia pueden ser fácilmente sustituidos por desplazamientos a pie o en bicicleta. Cabe destacar que la fiabilidad de la encuesta domiciliaria no es absoluta, por lo que es posible que este dato esté sobredimensionado.

El distrito que más viajes atrae es Triana, con un 16,3% (7048 viajes) de los viajes atraídos por el núcleo urbano y un 10,67% (12008 viajes) de los viajes totales. Esto se debe a que dicho distrito, de gran longitud y densidad, contiene a uno de los principales polos empresariales de la ciudad como es la Isla de la Cartuja. Además, debe considerarse también la distribución llevada a cabo sobre la matriz para ponderar los futuros viajes atraídos por la Torre Pelli.

A continuación, se exponen los viajes interdistrito en un mapa de flujos. Este representa las conexiones entre los diferentes distritos, eligiendo el sentido de mayor flujo. En la Tabla 5 se indica que los mayores viajes intrazonales tienen como destino el distrito Triana, hecho que se pone de manifiesto en la ilustración, siendo los orígenes con mayor flujo el distrito Norte y el distrito Este-Alcosa-Torreblanca. También existe un gran flujo de viajeros entre el distrito 9 (Palmera-Bellavista) y el 5 (Norte). Consultando de nuevo en la Tabla 5 se conoce que dicho flujo tiene origen en el distrito 9, mayoritariamente residencial, y destino el distrito 5, cuya área es principalmente ocupada por parques industriales.

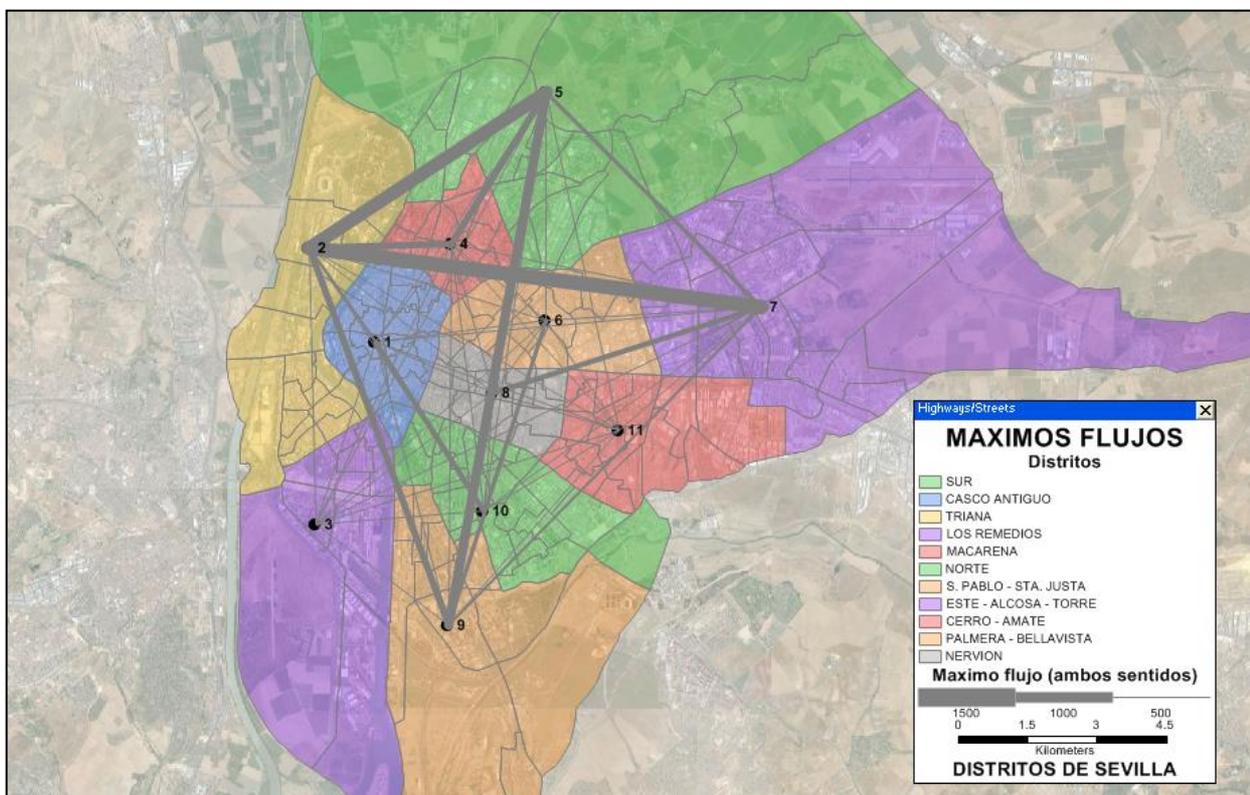


Ilustración 5.7. Máximos flujos interdistrito.

## 5.3 TIPOS DE ASIGNACIÓN.

### 5.3.1 Método de asignación “all-or-nothing” (AON).

Este método ignora el hecho de que el tiempo de recorrido de un arco varía según el flujo que esté soportando. Se asignan todos los viajes entre un par de zonas a la ruta óptima en un modelo singular, sin tener en cuenta el resto de viajes. Esta ruta será la ruta mínima en tiempo o distancia.

Este tipo de asignación no se utilizará en el análisis de la red, ya que sus resultados son completamente irreales, pero se ha explicado para poder entender mejor los siguientes métodos.

### 5.3.2 Método del equilibrio del usuario (UE).

Este método usa un proceso iterativo para lograr una solución convergente, en la que ningún viajero puede mejorar su tiempo de viaje cambiando de ruta. En cada iteración, TransCAD calcula el flujo en los arcos de la network, aplicando coeficientes de minoración a la capacidad y tiempo de recorrido de los mismos.

El algoritmo básico para obtener una solución del proceso iterativo es el de Frank-Wolfe (FW). Existe una modificación del algoritmo que obtiene mejores resultados, basada en una iteración biconjugada descendente, llamada algoritmo biconjugado de Frank-Wolfe (BFW). Este método obtiene convergencias más rápidas que FW y un margen relativo menor en el mismo tiempo de computación.

#### 5.3.2.1 Resultados de la asignación.

Esta asignación utiliza en exceso las rutas principales y asigna pocos viajes a rutas secundarias con un tiempo de viaje similar, aunque ligeramente superior. La siguiente tabla representa los niveles de servicio correspondientes a todos los arcos de la red de transporte privado

ASIGNACIÓN UE		
Nivel de servicio	nº arcos	% arcos
A	898	27,8
B	479	14,8
C	628	19,4
D	449	13,9
E	130	4,0
F	647	20,0

Tabla 6. Niveles de servicio (UE).

Fuente: elaboración propia

Se observa que un gran porcentaje de arcos están saturados (20%). Éste será el escenario más pesimista, ya que los viajeros buscan su propia ruta mínima y no tienen en cuenta alternativas similares.

La Ilustración 5.8 muestra un plano general de la ciudad de Sevilla, en el que los arcos tienen asignado un color en función de su nivel de servicio. Se observa que los puntos más colapsados se encuentran en la autovía de circunvalación SE-30 y en sus accesos radiales, así como en la ronda urbana que rodea al casco histórico. En general, existe una congestión en las principales vías de la ciudad, tanto de la zona oeste (Los Remedios-Triana) como en la este (Nervión, San Pablo, Amate, Bellavista). Esto se debe a la naturaleza de la asignación (ya comentada anteriormente) que asigna el mayor flujo posible a las vías principales sin tener en cuenta otras alternativas.

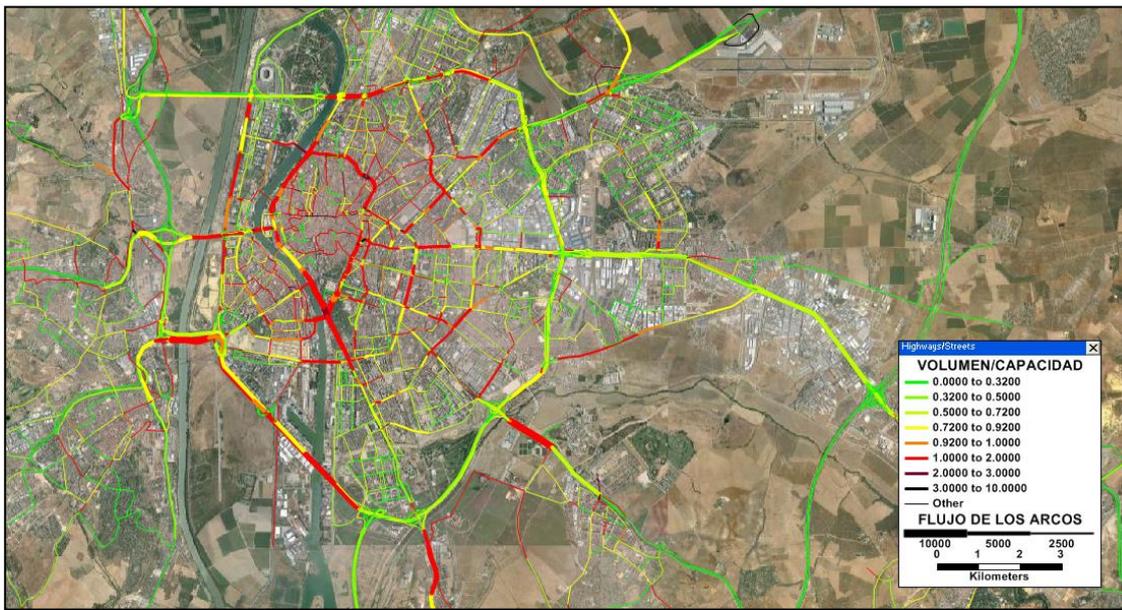


Ilustración 5.8. Asignación User's Equilibrium.

Fuente: elaboración propia (TransCAD).

### 5.3.3 Método estocástico del equilibrio del usuario (SUE).

Este método es una variación del UE que asume que los viajeros no tienen una perfecta información sobre los atributos de la network o la situación del tráfico, así como una percepción diferente del coste de viaje en diferentes rutas.

En ciertos casos, asignaciones mediante SUE pueden generar resultados más realistas que el modelo determinista UE, ya que SUE permite también el uso de rutas menos atractivas. Éstas tendrán un flujo menor que las rutas más atractivas, pero no será nulo como en UE.

El algoritmo utilizado es el método de las aproximaciones sucesivas (MSA), siendo un método convergente aunque de lenta convergencia. Por ello, se deberán usar un alto número de iteraciones.

### 5.3.3.1 Resultados de la asignación.

Este método es el que mejor aproxima los datos de la matriz al tráfico real, por lo que será el utilizado para el análisis de la red. La tabla de niveles de servicio muestra unos valores similares a la anterior asignación, aunque con pequeñas diferencias que se explicarán más adelante.

ASIGNACIÓN SUE		
Nivel de servicio	n° arcos	% arcos
A	860	26,6
B	475	14,7
C	619	19,2
D	468	14,5
E	142	4,4
F	667	20,6

Tabla 7. Niveles de servicio (SUE).

Fuente: elaboración propia

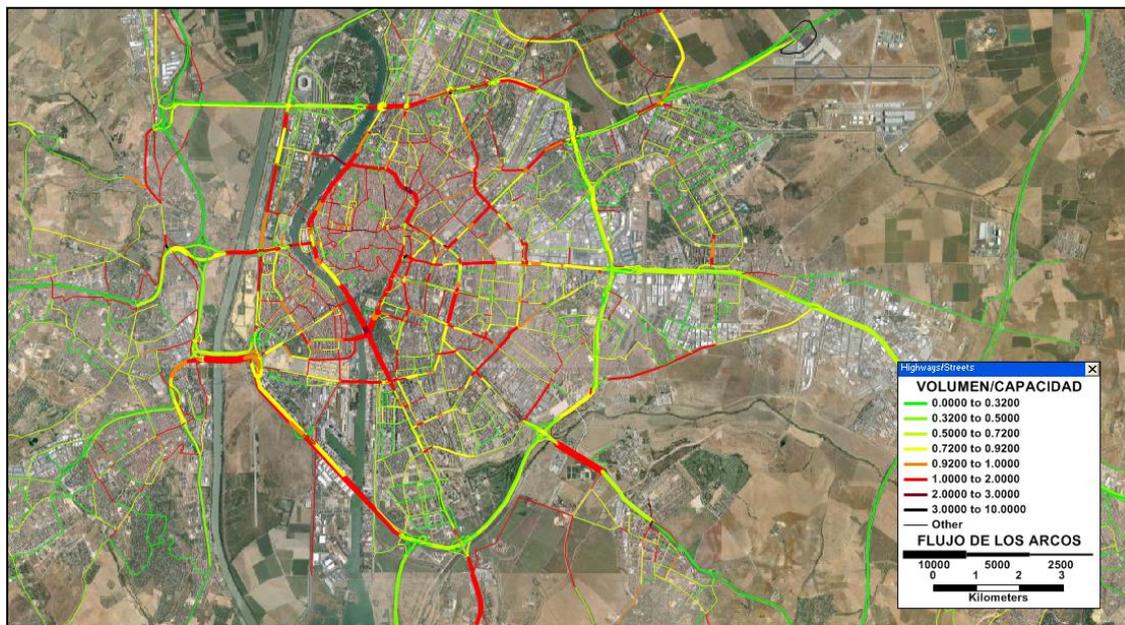


Ilustración 5.9. Asignación Stochastic User's Equilibrium.

Fuente: elaboración propia (TransCAD).

### 5.3.4 Método del equilibrio óptimo del sistema (SO).

Este método minimiza los costes de viaje totales del sistema. El algoritmo reparte los viajes de tal modo que ningún viajero puede variar su ruta sin aumentar el tiempo total de viaje del sistema, a pesar de poder disminuir su propio tiempo de viaje.

Este método es irreal, ya que cada viajero buscará siempre minimizar su propio tiempo de viaje. Sin embargo, resulta útil utilizarlo para comparar los resultados y analizar la red en busca de posibilidades de actuación para mejorarla.

### 5.3.4.1 Resultados de la asignación.

La asignación SO basa su método en un reparto más equitativo de los vehículos, eliminando los valores más altos de la matriz de costes de viaje mediante el desvío de rutas, incrementando de ese modo el tiempo de viaje de otros viajeros. Este proceso resulta en unos niveles de servicio mejores, ya que se reducen los porcentajes de los niveles más altos y más bajos. La disminución de los niveles más altos (E y F) tiene una comprensión directa, mientras que la disminución de vías muy despejadas (niveles A y B) puede invitar a pensar que la vía ha sufrido un empeoramiento. Sin embargo, para una red con niveles de congestión elevados como resulta ser la de estudio (hora punta de la mañana) la infrautilización de vías es igual de perjudicial para el correcto funcionamiento como el sobreutilización y consiguiente congestión.

La asignación SO consigue por tanto un reparto óptimo de los viajes, maximizando el porcentaje de viajes que se realizan en un nivel de servicio medio con una ocupación entre el 50 y el 92% (niveles C y D)

ASIGNACIÓN SO		
Nivel de servicio	nº arcos	% arcos
A	833	25,8
B	582	18,0
C	740	22,9
D	450	13,9
E	108	3,3
F	518	16,0

Tabla 8. Niveles de servicio (SO).

Fuente: elaboración propia.

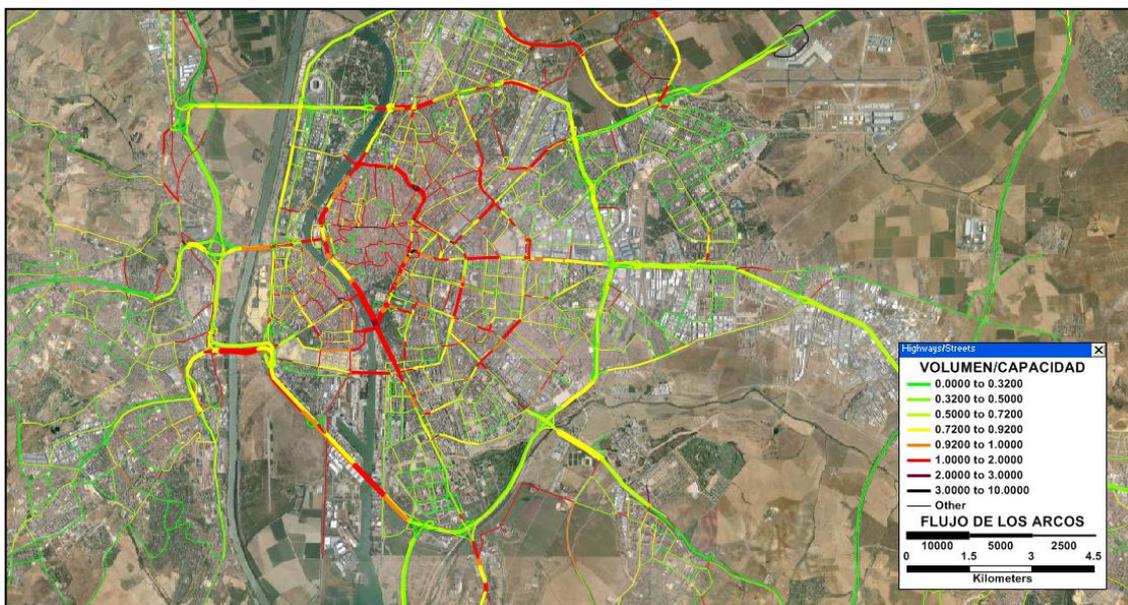


Ilustración 5.10. Asignación System Optimum.

Fuente: elaboración propia (TransCAD).

## 5.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS.

En los apartados de esta sección se compararán los flujos asignados por el método estocástico (SUE) frente a los otros dos métodos contemplados en el trabajo, “equilibrio del usuario” (UE) y “óptimo del sistema” (SO).

### 5.4.1 Niveles de servicio.

La Tabla 9 muestra una comparación entre los valores de los niveles de servicio en las tres asignaciones.

COMPARATIVA NIVELES DE SERVICIO				
Nivel de servicio	SUE		SUE - UE	SUE - SO
	nº arcos	% arcos	Diferencia %	
A	860	26,6	-1,2	0,8
B	475	14,7	-0,1	-3,3
C	619	19,2	-0,3	-3,7
D	468	14,5	0,6	0,6
E	142	4,4	0,4	1,1
F	667	20,6	0,6	4,6

Tabla 9. Niveles de servicio (comparativa).

Fuente: elaboración propia.

La comparación entre SUE y UE muestra que la asignación estocástica tiene mayor número de arcos colapsados (nivel F) o cercanos al colapso (niveles D y E). Esto se debe a la hipótesis en la que se basa dicho método, ya que introduce cierto rango de error en la percepción del usuario sobre las características del arco. Por tanto, el usuario utilizará mayor número de vías hasta el colapso debido a ese margen de error. Sin embargo, esta circunstancia también provoca que el uso de las vías sea más lineal, produciéndose un descenso en el número de vías que quedan infrautilizadas (nivel de servicio A, B y C). Esto también es debido al desconocimiento parcial por parte del viajero, que elegirá indistintamente una vía en flujo libre o cercano a él.

La segunda comparación, entre SUE y SO, ofrece diferencias mucho mayores que la anterior, al tratarse de dos métodos de asignación completamente diferentes. En primer lugar, se aprecia un aumento del 4,6% en las vías colapsadas, debido al “egoísmo” de los viajeros buscando su propia ruta mínima en detrimento del beneficio general. Esto también supone un aumento en las vías cercanas al colapso (niveles D y E). El método del equilibrio óptimo del sistema consigue aumentar los niveles de servicio B y C (32-72 %) que son los óptimos para circular en flujo libre con un nivel de aprovechamiento de la capacidad de la vía notable.

## 5.4.2 Asignación de rutas.

### 5.4.2.1 Desvíos entre SUE y SO.

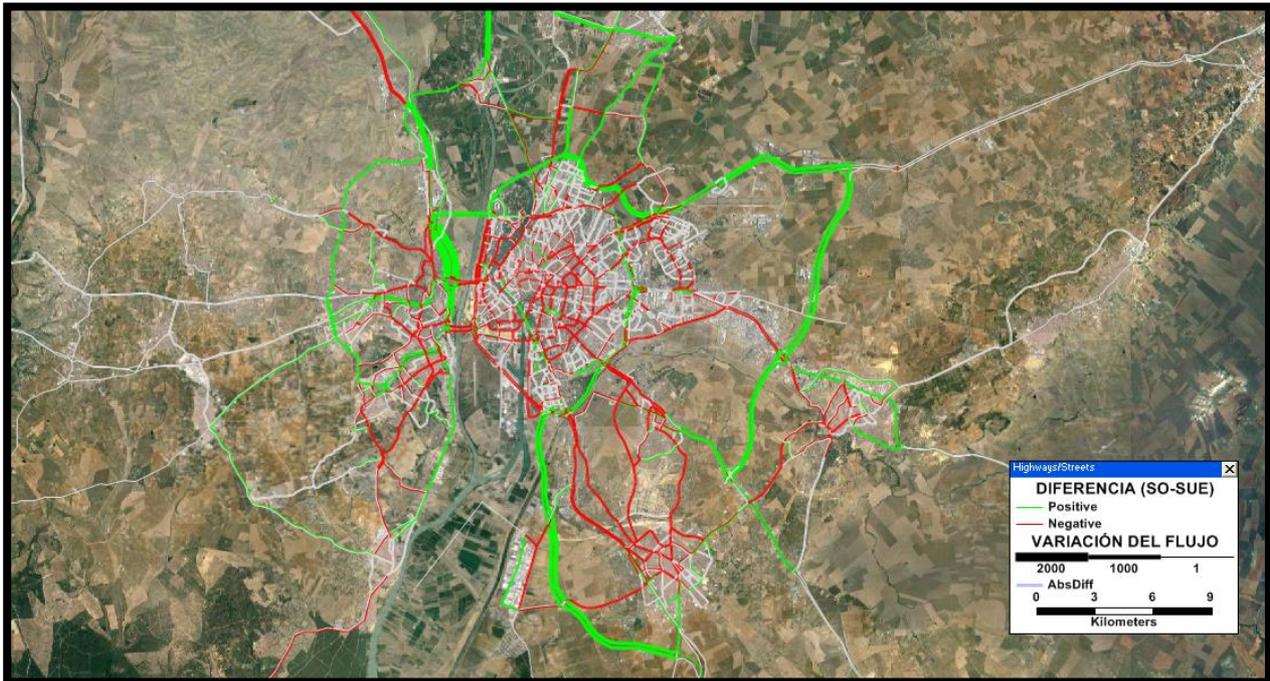


Ilustración 5.11. Diferencia de flujo entre SUE y SO.

Fuente: elaboración propia (TransCAD).

Únicamente se han reflejado las variaciones de más de 50 vehículos, para mejorar la claridad de las visualizaciones, aunque cabe decir que todos los arcos de la red sufren variación en el flujo. Las principales variaciones se observan en los accesos radiales de la corona metropolitana, así como en la SE-30 y SE-40.

Existen grandes diferencias entre ambos modelos, ya que uno se basa en el interés particular (SUE) y otro el bien común (SO). Esto provocará cambios apreciables en cómo se distribuyen los vehículos. En el método estocástico los viajeros seleccionarán su ruta óptima, pero debido a la concentración de viajeros que eligen la misma ruta, esta finalmente no será la más rápida. El algoritmo del método óptimo del sistema distribuye los vehículos en diferentes rutas para un mismo par origen-destino. Estas rutas alternativas tienen como característica común una mayor distancia de recorrido, pero consiguen mejorar el nivel de servicio general, y con ello el tiempo medio de viaje de los usuarios.

Sin duda existen viajeros que se verán perjudicados al aplicar el método óptimo del sistema, pero el coste para la economía de la ciudad sería drásticamente menor si se aplicasen estas rutas.

Resulta interesante comprobar como una combinación entre estos dos métodos acaba siendo la simulación que más se asemeja a la realidad. Es evidente que ningún viajero querrá modificar su ruta si ello no le supone una mejora de su tiempo de viaje, si bien es cierto que muchos viajeros, en su condición de conmuters, modificarán su ruta evitando las vías más transitadas si intuyen que éstas están excesivamente colapsadas. Esta toma de

decisiones, agrupando las miles que se toman día a día, generan un modelo de asignación que combina el interés por la ruta óptima con el rechazo por las vías congestionadas.

A continuación, se explican las diferencias entre ambos modelos, para lo cual se ha dividido el mapa en áreas afectadas por los mismos cambios.

#### 5.4.2.1.1 Aljarafe.

En el Aljarafe, la asignación SO modifica el recorrido de los viajeros para incorporarse a las vías de acceso a Sevilla. Se observa que el flujo en las vías de gran capacidad aumenta, tanto en la autovía A-49 como en la A-8057 (variante de Mairena del Aljarafe) y la A-8058 (variante de Gelves), en detrimento de las vías urbanas que ven reducido su número de viajeros. Esto representa un aumento de la distancia a recorrer para algunos viajeros con el objetivo de llegar a las autovías, pero este recorrido mayor evita vías de menor capacidad como son las calles interiores de las localidades del Aljarafe.

Uno de los mayores cambios se produce en el modo de acceso a Sevilla de la población del Aljarafe. En la asignación estocástica el flujo se reparte principalmente por el puente Juan Carlos I (SE-30) y la Avenida Expo'92 (A-49), siendo ambos los puntos de mayor aglomeración de tráfico, con un nivel de servicio F, como se puede observar en la Tabla 7. Son por tanto cuellos de botella que el algoritmo de la asignación SO trata de rebajar. Para ello desvía gran parte del tráfico (2000 vehículos) hacia el tramo de la SE-30 que recorre el Aljarafe de sur a norte y descarga los vehículos desviados hacia el Puente del Alamillo. De nuevo los vehículos son desviados hacia una ruta más larga pero más rápida en términos generales.

Estas variaciones en el tráfico de las autovías de acceso desde el Aljarafe también provocan una disminución del tráfico en la carretera del muro de defensa, utilizada habitualmente por los vehículos que cruzan el Puente Juan Carlos I para llegar a la Isla de la Cartuja. Estos viajeros accederán al complejo empresarial por el lado norte, desde los dos desvíos del Puente del Alamillo previos al paso sobre la dársena.

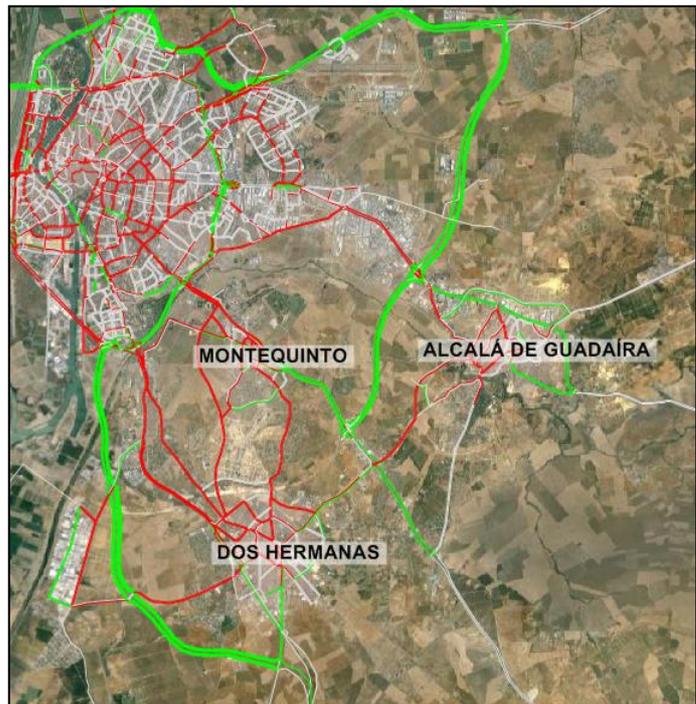


Ilustración 5.12. Detalle Aljarafe. Fuente: elaboración propia (TransCAD).

#### 5.4.2.1.2 Dos Hermanas y Alcalá de Guadaíra.

Estas dos poblaciones tienen un peso significativo en el tráfico de la corona sureste de la ciudad. Junto con la localidad de Montequinto, situada entre ambas, representan el flujo principal de las autovías radiales A-4 y A-92, así como las carreteras nacionales N-IV y A-376.

Se observa como, en la asignación estocástica, los viajeros de ambas localidades utilizan preferentemente las vías internas que les dirigen directamente a Sevilla. Estas vías son las marcadas en rojo en la Ilustración 5.13, ya que su uso disminuirá en la asignación SO. Estas vías producen recorridos más cortos, pero se encuentran colapsadas. Además, estas vías tienen regulación semafórica debido a su condición urbana, lo que dificulta la marcha del flujo principal.



*Ilustración 5.13. Detalle corona sureste.*

*Fuente: elaboración propia (TransCAD).*

El algoritmo del SO dirige el tráfico de ambas localidades a las autovías radiales. Gracias a la inclusión de la autovía de circunvalación SE-40, este reparto se produce con más facilidad.

Los viajeros procedentes de Dos Hermanas son desviados a la A-4 sentido Cádiz, situada al sur de la localidad. Este desvío resulta en un trayecto de mayor longitud, pero una vez que se incorporan a la autovía la velocidad de flujo es mayor y acceden directamente a la ronda de circunvalación SE-30 sin pasar por vías con regulación semafórica.

Las localidades de Montequinto y Alcalá de Guadaíra siguen un mismo patrón de modificación. Ambas localidades desvían su tráfico hacia la SE-40 con destino A-4. Es de suponer que dichos viajeros serán aquellos que tienen como destino la zona noroeste de Sevilla, ya que el desvío hacia la A-4 les hará aumentar su distancia y tiempo de viaje, pero será amortizado al evitar la SE-30 y llegar a su destino mediante la ronda SE-020.

Este desvío tan largo aumentará el tiempo singular de dichos viajeros, aunque produce una mejora del coste medio de viaje, objetivo del equilibrio óptimo del sistema. Sin embargo, el aumento del coste de los viajeros desviados no puede ser desorbitado, ya que supondrá un aumento del coste medio. Este desvío tiene dos justificaciones fundamentales:

En primer lugar, el tramo activo de la SE-40 es de reciente implantación, por lo que aún no se encuentra dentro del itinerario de los commuters. Esta situación resulta en una autovía de gran capacidad sin ningún tipo de tráfico, circunstancia óptima para llevar a cabo un desvío por ella.

En segundo lugar, cabe recordar que la matriz de demanda utilizada para ambas asignaciones incluye una distribución para representar los viajes atraídos por la Torre Pelli. Los trabajadores de la Isla de la Cartuja representan un tráfico significativo en la zona norte de la ciudad, circunstancia agravada por la puesta en funcionamiento del complejo alrededor de la Torre Pelli. Por tanto, los viajeros con residencia en la corona sureste podrán evitar la SE-30 y circular por vías menos saturadas como la SE-40 y SE-020.

#### 5.4.2.2 Desvíos entre SUE y UE.

Esta comparación presenta una serie de diferencias de origen completamente diferente al apartado anterior. Mientras que la variación previa del flujo se debía a los diferentes objetivos a la hora de encontrar un equilibrio (sistema o usuario), los desvíos reflejados en esta comparación se deberán a diferentes percepciones de la red por parte del usuario, que siempre buscará su interés particular.

Antes de entrar a analizar particularmente cada zona cabe destacar que, en líneas generales, el mapa muestra un predominante color verde. Esto se debe a la mayor dispersión de viajeros por las diferentes rutas de un mismo par origen-destino, ya que al aumentar en la asignación estocástica la incertidumbre del viajero sobre las características de las vías, aumentará también el número de vías con características parecidas utilizadas.



Ilustración 5.14. Diferencia de flujo entre SUE y UE.

Fuente: elaboración propia (TransCAD).

#### 5.4.2.2.1 Accesos a Sevilla

Una vez más, la mayor diferencia de tráfico se produce en el Aljarafe. La mayor diferencia se produce en los tres puentes que cruzan hacia Sevilla. Se observa como, en la asignación estocástica, el flujo del puente intermedio (con destino Plaza de Armas) aumenta, asumiendo parte del tráfico que anteriormente circulaba por los otros dos.

Esta circunstancia se debe a la poca diferencia en tiempos de recorrido que tiene el flujo con origen en el Aljarafe sur y destino la Isla de la Cartuja, gran foco empresarial. Al ser poca la diferencia, la asignación estocástica y sus márgenes de incertidumbre asignarán dicho flujo con una mayor dispersión. Asimismo, analizando el flujo en el interior de la Isla de la Cartuja se observa una disminución del tráfico en la avenida Carlos III (que actúa de colector) y un aumento en los accesos a la misma desde Chapina



Ilustración 5.15. Detalle accesos Aljarafe.

Fuente: elaboración propia

### 5.4.3 Tiempos medios entre macrozonas a nivel metropolitano.

En este apartado se van a comparar tanto los resultados de tráfico entre las diferentes asignaciones como con la hipótesis de flujo libre. Las tablas mostradas a continuación son el resultado de una serie de operaciones realizadas sobre las matrices en el software TransCAD. Los datos de cada tabla representan la media de los tiempos de viaje de todos los usuarios con origen en la fila de la celda y destino en su columna.

Este valor es muy útil para realizar un análisis básico sobre la red, ya que permite comparar de manera general los costes de las diferentes zonas y cómo varían según el tipo de asignación.

A continuación, se expone la tabla de tiempos medios en flujo libre. Esta tabla es irreal ya que calcula el tiempo que tarda un vehículo en realizar su recorrido teniendo la red completamente descargada, aunque su utilidad reside en la posibilidad de compararla con las diferentes asignaciones, y ver qué penalización media introduce cada una de ellas.

En esta tabla los mayores tiempos de viajes corresponderán siempre a las zonas más alejadas entre sí, ya que no existen retenciones en ninguna vía. El tiempo medio de viaje de todos los usuarios de la red es de 21,77 minutos, alcanzando su valor mínimo los desplazamientos intrazonales en el Aljarafe centro, al ser la zona de menor área, y su valor máximo los viajes con origen en el Aljarafe sur y destino Sevilla norte, al encontrarse en extremos opuestos de la ciudad.

FLUJO LIBRE - TIEMPO MEDIO ENTRE MACROZONAS (min)									
MACROZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	MEDIA
1	4,85	29,41	12,54	11,60	12,13	20,36	21,62	15,11	<b>15,95</b>
2	24,96	43,35	40,17	34,34	29,84	36,70	29,37	30,76	<b>33,69</b>
3	12,64	49,64	2,34	2,48	9,93	21,43	40,11	24,30	<b>20,36</b>
4	10,42	48,14	6,25	2,11	5,03	24,10	27,60	17,33	<b>17,62</b>
5	13,72	51,15	10,45	7,22	3,70	25,90	33,97	22,02	<b>21,02</b>
6	19,58	42,78	23,85	20,78	19,61	15,65	22,63	11,38	<b>22,03</b>
7	22,86	28,67	42,58	33,89	32,54	37,12	6,51	15,48	<b>27,46</b>
8	13,32	24,52	19,96	16,29	20,46	15,74	13,33	4,76	<b>16,05</b>
MEDIA	<b>15,29</b>	<b>39,71</b>	<b>19,77</b>	<b>16,09</b>	<b>16,65</b>	<b>24,62</b>	<b>24,39</b>	<b>17,64</b>	<b>21,77</b>

Tabla 10. Tiempo medio - flujo libre.

Fuente: elaboración propia.

La siguiente tabla muestra los tiempos medios según la asignación de referencia (estocástica o SUE). Se observa como el tiempo de viaje medio ha aumentado considerablemente respecto de la red con flujo libre, pasando de 21,77 a 36,9 minutos. Se puede afirmar por tanto que las retenciones en hora punta de la mañana, en período de 7-10 am, incrementan un 69,5% (15,13 min) el tiempo medio de viaje.

ASIGNACIÓN SUE - TIEMPO MEDIO ENTRE MACROZONAS (min)									
MACROZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	MEDIA
1	16,90	41,05	26,31	24,71	26,20	33,83	35,26	29,95	<b>29,28</b>
2	38,84	50,79	49,56	46,28	40,52	52,78	47,29	45,07	<b>46,39</b>
3	35,22	63,84	7,77	4,73	13,28	42,91	65,49	52,95	<b>35,77</b>
4	34,35	65,00	8,61	2,68	6,10	47,82	57,45	45,33	<b>33,42</b>
5	40,12	70,19	14,77	9,75	2,49	43,99	65,12	50,41	<b>37,33</b>
6	36,50	58,76	37,25	37,04	26,72	17,33	35,00	19,40	<b>33,50</b>
7	41,57	48,60	58,87	59,36	56,08	54,10	11,06	28,38	<b>44,75</b>
8	39,09	43,51	48,44	39,86	45,84	28,66	22,08	10,72	<b>34,78</b>
MEDIA	<b>35,32</b>	<b>55,22</b>	<b>31,45</b>	<b>28,05</b>	<b>27,38</b>	<b>40,18</b>	<b>42,35</b>	<b>35,28</b>	<b>36,90</b>

Tabla 11. Tiempo medio - SUE.

Fuente: elaboración propia.

La asignación UE genera una tabla idéntica a la estocástica. Esto se debe a que la asignación SUE introduce un factor de incertidumbre en el conocimiento de los usuarios, que perciben la capacidad de la vía de forma diferente. Sin embargo, las variaciones de tráfico son muy pequeñas y no suponen cambios importantes en la ruta, sino que toman vías con capacidades similares para un mismo trayecto. Además, el rango de incertidumbre implementa un margen de error de idéntica magnitud en ambos sentidos, por lo que dos vehículos con el mismo par origen-destino podrán tomar dos rutas que introduzcan una variación, positiva y negativa respectivamente, del mismo orden.

Por último, la asignación óptima del sistema ofrece un tiempo medio de viaje inferior a la asignación estocástica, aunque siempre superior al flujo libre. Consigue reducir en 4,21 minutos el tiempo medio de viaje, rebaja ostensible si se tiene en cuenta la complejidad de la red analizada.

ASIGNACIÓN SO - TIEMPO MEDIO ENTRE MACROZONAS (min)									
MACROZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	MEDIA
1	15,34	38,86	23,10	21,29	22,54	31,23	31,64	25,39	<b>26,18</b>
2	37,07	50,21	48,05	43,67	37,28	50,16	42,48	41,16	<b>43,76</b>
3	30,84	61,15	5,71	3,52	12,38	36,85	59,44	44,51	<b>31,80</b>
4	28,49	61,53	7,91	2,44	5,71	40,51	48,61	36,28	<b>28,94</b>
5	33,89	65,39	13,50	8,42	3,87	38,65	55,30	41,92	<b>32,62</b>
6	34,16	55,83	33,18	32,90	24,53	17,15	31,29	15,74	<b>30,60</b>
7	37,23	43,96	55,10	51,85	48,96	48,30	9,40	22,72	<b>39,69</b>
8	30,23	36,65	38,13	30,88	36,51	23,49	19,63	8,21	<b>27,97</b>
MEDIA	<b>30,91</b>	<b>51,70</b>	<b>28,08</b>	<b>24,37</b>	<b>23,97</b>	<b>35,79</b>	<b>37,22</b>	<b>29,49</b>	<b>32,69</b>

Tabla 12. Tiempo medio - SO.

Fuente: elaboración propia.

A continuación se exponen dos tablas comparativas. La Tabla 13 muestra una comparativa entre la asignación estocástica y la red en flujo libre, para poder analizar de manera concreta las penalizaciones introducidas por la congestión. El flujo libre define el tiempo mínimo en recorrer el arco ( $T_0$ ), parámetro introducido para la comparación en la tabla. Por otro lado, la Tabla 14 compara las asignaciones SO y SUE con el fin de comprender qué zonas se ven más beneficiadas por un reparto óptimo de los viajes.

COMPARATIVA SUE/ $T_0$									
MACROZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	MEDIA
1	3,48	1,40	2,10	2,13	2,16	1,66	1,63	1,98	<b>2,07</b>
2	1,56	1,17	1,23	1,35	1,36	1,44	1,61	1,47	<b>1,40</b>
3	2,79	1,29	3,32	1,91	1,34	2,00	1,63	2,18	<b>2,06</b>
4	3,30	1,35	1,38	1,27	1,21	1,98	2,08	2,62	<b>1,90</b>
5	2,92	1,37	1,41	1,35	1,16	1,70	1,92	2,29	<b>1,77</b>
6	1,86	1,37	1,56	1,78	1,36	1,11	1,55	1,70	<b>1,54</b>
7	1,82	1,70	1,38	1,75	1,72	1,46	1,70	1,83	<b>1,67</b>
8	2,93	1,77	2,43	2,45	2,24	1,82	1,66	2,25	<b>2,19</b>
MEDIA	<b>2,58</b>	<b>1,43</b>	<b>1,85</b>	<b>1,75</b>	<b>1,57</b>	<b>1,65</b>	<b>1,72</b>	<b>2,04</b>	<b>1,82</b>

Tabla 13. Tiempo medio - comparativa SUE/Flujo libre.

Fuente: elaboración propia.

Como se ve en la tabla anterior, el tiempo medio de viaje aumenta en todas las celdas. Los viajeros que más sufren la congestión son los que realizan viajes intrazonales en Sevilla capital (celda [1,1]), siendo su tiempo de recorrido 3,48 veces mayor. La zona de origen más perjudicada es Dos Hermanas (8), mientras que la de destino es Sevilla (1). Esta última circunstancia se debe al grado de saturación tanto de las vías de Sevilla como de sus accesos, siendo muy penalizados los viajes que tienen que recorrer ambos tramos.

COMPARATIVA SO/SUE									
MACROZONA	1	2	3	4	5	6	7	8	MEDIA
1	0,91	0,95	0,88	0,86	0,86	0,92	0,90	0,85	<b>0,89</b>
2	0,95	0,99	0,97	0,94	0,92	0,95	0,90	0,91	<b>0,94</b>
3	0,88	0,96	0,73	0,74	0,93	0,86	0,91	0,84	<b>0,86</b>
4	0,83	0,95	0,92	0,91	0,94	0,85	0,85	0,80	<b>0,88</b>
5	0,84	0,93	0,91	0,86	0,90	0,88	0,85	0,83	<b>0,88</b>
6	0,94	0,95	0,89	0,89	0,92	0,99	0,89	0,81	<b>0,91</b>
7	0,90	0,90	0,94	0,87	0,87	0,89	0,85	0,80	<b>0,88</b>
8	0,77	0,84	0,79	0,77	0,80	0,82	0,89	0,77	<b>0,81</b>
MEDIA	<b>0,88</b>	<b>0,93</b>	<b>0,88</b>	<b>0,86</b>	<b>0,89</b>	<b>0,90</b>	<b>0,88</b>	<b>0,83</b>	<b>0,88</b>

Tabla 14. Tiempo medio - comparativa SO/SUE.

Fuente: elaboración propia.

La comparativa entre las asignaciones SO y SUE sirve para analizar qué zonas ven más perjudicado su tiempo de viaje por el tráfico ajeno. Un alto grado de mejora de una celda indicará que ese par origen-destino tiene capacidad vial para ofrecer un tiempo de recorrido menor, pero que resulta imposible alcanzar debido al resto de viajeros que buscan su beneficio particular y saturan su ruta.

Esta variación en las celdas indica la potencialidad del sistema para implementar mejoras. Éstas no se van a obtener de forma espontánea, ya que el usuario actuará de forma egoísta, pero es un punto de partida para el organismo regulador a la hora de enfocar las políticas restrictivas o de incentivos que impulsen al usuario a adoptar la alternativa conveniente al sistema.

Los viajeros más perjudicados son los que realizan viajes intrazonales en el Aljarafe Norte (celda [3,3]), que verían reducido su tiempo de viaje en un 27%, seguidos de los viajeros con origen en el Aljarafe Norte y destino Aljarafe Centro. Estos dos viajes son trayectos de corto recorrido, pero se ven perjudicados por la saturación en los accesos a la autovía del resto de usuarios con destino Sevilla.

La macrozona más perjudicada resulta ser la número 8, Dos Hermanas. Consultando la Ilustración 5.13 se observa que, en SO, un porcentaje elevado del tráfico resulta reasignado a la autovía A-4, rebajando el flujo en la N-IV y los accesos urbanos al municipio de Sevilla.

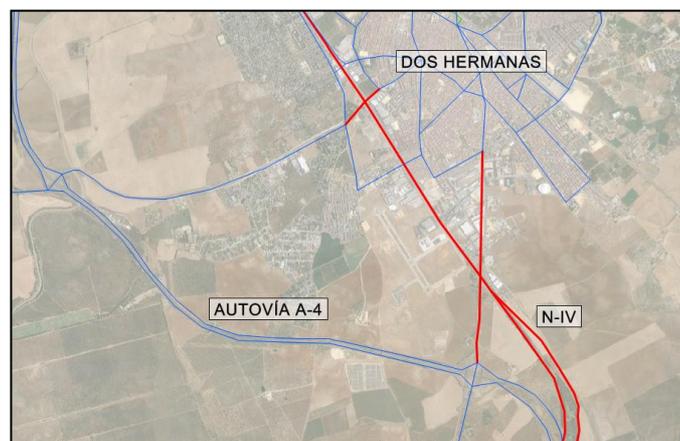
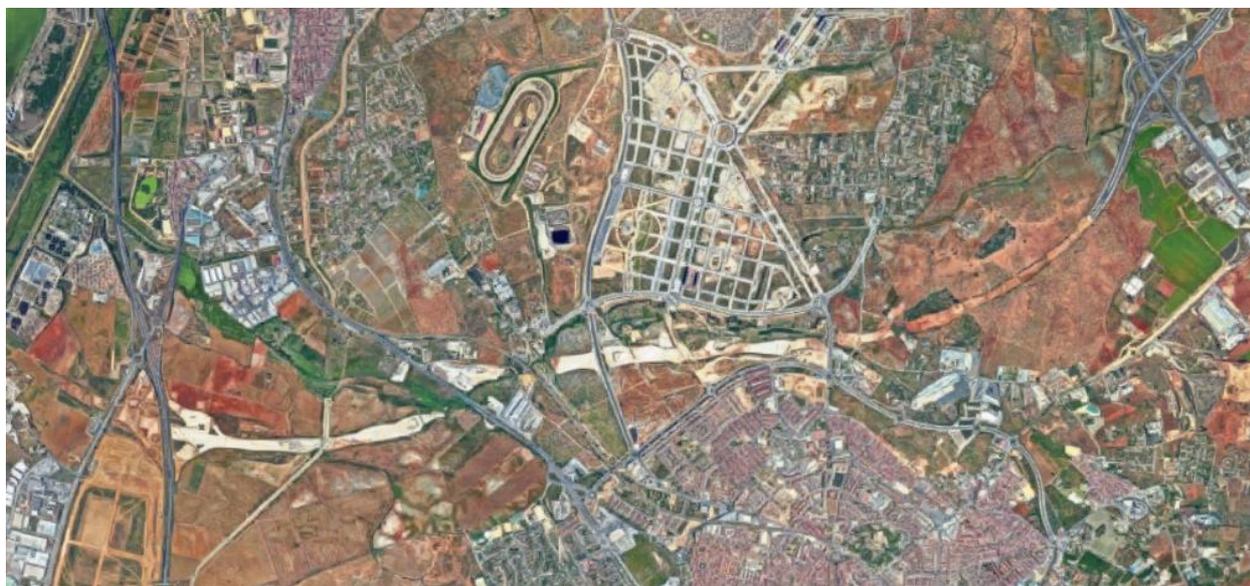


Ilustración 5.16. Accesos a A-4 desde Dos Hermanas.  
Fuente: elaboración propia (TransCAD)

Este flujo hacia la A-4 se produce por la carretera convencional SE-3205 y por la Avenida de Andalucía. Estos accesos, tal y como se muestra en la Ilustración 5.16, se producen por vías de baja capacidad y sin tráfico prioritario, ya que ambos tienen que superar un cruce con la congestionada N-IV. La SE-3205 se encuentra una rotonda con cruce directo, mientras que la Avenida de Andalucía un paso a nivel, pero colapsado debido al tráfico de acceso a la N-IV.

Este problema es temporal, ya que la puesta en funcionamiento del tramo de la SE-40 que discurre entre Dos Hermanas y el cauce del río Guadalquivir permitirá a estos vehículos acceder a la A-4 por un vial de capacidad superior y aliviará notablemente la congestión en la N-IV.

En la Ilustración 5.17 se aprecia el recorrido desbrozado y en proceso de construcción de la SE-40, a su paso justo al norte de Dos Hermanas. En esta ilustración se aprecia como este pequeño tramo de la SE-40, dada su proximidad al municipio, permite una mejora notable del tráfico en la zona, descargando vehículos de la N-IV en la cercana A-4.



*Ilustración 5.17. SE-40 a su paso por Dos Hermanas.*

*Fuente: elaboración propia (Google Earth)*

Por último, cabe destacar que este punto pone de manifiesto el hecho de que un reparto equitativo de los flujos de tráfico resultará en una mejora generalizada de los tiempos de viaje. Sin embargo, el usuario es egoísta por naturaleza, por lo que los usuarios que ven empeorado su tiempo de viaje no estarán dispuestos a ello por mucho que mejore el tiempo medio de los usuarios.

Ante la inviabilidad de realizar un reparto entre rutas, surge la posibilidad de aumentar la franja horaria de escalonamiento en la entrada a los puestos de trabajo. Esta medida ya se ha puesto en práctica en numerosas empresas, ofreciendo un horario flexible a sus trabajadores para repartir el flujo de entrada. También se utiliza en colegios, en los que los alumnos abandonan el centro según la edad para no colapsar la salida del mismo.

## 5.5 ANÁLISIS DEL ALJARAFE.

### 5.5.1 Introducción.

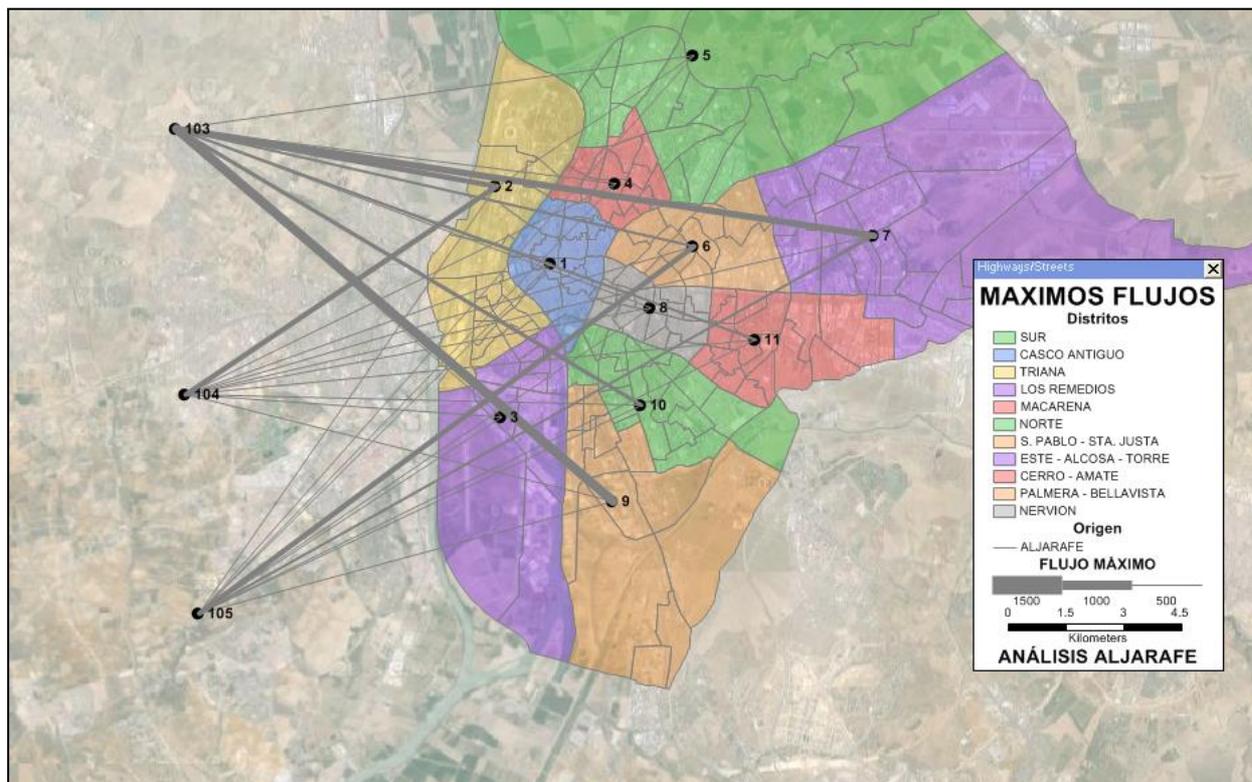


Ilustración 5.18. Máximos flujos entre Aljarafe y Sevilla.

Fuente: elaboración propia (TransCAD).

Como complemento a los resultados de asignación de viajes, se va a realizar un análisis más exhaustivo de la zona oeste del área metropolitana, el Aljarafe. Esta zona ha sido la que mayor crecimiento ha experimentado en las últimas décadas, buscando sus nuevos habitantes un suelo más barato para la construcción de viviendas unifamiliares, sin renunciar a Sevilla y sus beneficios dada la cercanía con la ciudad.

Tal y como se explica en el punto 2.2. “Diagnóstico demográfico de la situación actual y tendencial.”, las ciudades-dormitorio provocan un gran flujo de tráfico en los desplazamientos de la vivienda al trabajo. Además, la orografía y ordenación de su territorio provoca una gran congestión en accesos muy puntuales al centro de la ciudad, concentrándose en los puentes que cruzan el río Guadalquivir.

Este punto es de vital importancia para entender los problemas que atañen a esta comarca, ya que la división que provoca el río con el núcleo urbano dificulta su conectividad reduciéndola a los puentes que se encuentran construídos. Esta singularidad orográfica encarece la construcción de conexiones entre la zona más poblada del área metropolitana y el centro de la ciudad. Es por ello que dicha zona merece ser estudiada a fondo con el fin de encontrar posibles soluciones a la congestión que se produce a diario en las conexiones con la ciudad.

Esta comarca tiene como modo principal de transporte el vehículo privado, siendo varias las causas que motivan este comportamiento:

En primer lugar, la red de transporte público, que carece de plataforma reservada en la mayoría de su recorrido, por lo que sufre las mismas retenciones que el vehículo privado. En el Aljarafe Sur las líneas disponen del Puente de Hierro para evitar el colapso del Puente Juan Carlos I, si bien deben circular por vía compartida durante el resto de su recorrido. Tal y como se detalla más adelante (6.2.2. Red de transporte público.) hay varias propuestas para dotar al transporte privado de plataformas reservadas tanto en la autovía A-49 como en el recorrido intrazonal del Aljarafe, si bien la crisis económica las ha paralizado.

En segundo lugar, la horizontalidad predominante en la mayoría del desarrollo urbano dificulta el uso del transporte público, ya que una menor concentración de usuarios limita el acceso a las paradas. La falta de intercambiadores y aparcamientos disuasorios que faciliten la intermodalidad provoca que los usuarios opten por el vehículo privado.

Por otro lado, el uso de la bicicleta como modo de transporte es, a día de hoy, residual. A la falta de implantación de este modo en la cultura sevillana hay que añadirle la limitación que supone la carencia de conectividad de la red de carriles bici del Aljarafe y Sevilla. Una vez más, proyectos inacabados por la crisis como la pasarela de Juan Pablo II, dificultan el desarrollo de este medio de transporte.

## **5.5.2 Conexiones con la ciudad de Sevilla.**

### **5.5.2.1 Puentes Juan Carlos I y Reina Sofía.**

El acceso a la ciudad de mayor congestión se encuentra en el puente Juan Carlos I. Este puente conecta el Aljarafe sur y centro con el Puente del Quinto Centenario y el Distrito de Los Remedios. La congestión registrada en el puente es producto de una falta de capacidad en el enlace que conecta los tres puntos. Este enlace, en adelante referido como Óvalo de Los Remedios, es un punto crítico de la ronda circunvalación SE-30 por lo motivos que se exponen a continuación.

El origen de la problemática que se pone de manifiesto en el enlace radica en el hecho de que, en este tramo de la SE-30, coincide el propio tronco de la circunvalación con un tramo de uno de los principales accesos radiales, solapándose por tanto el tráfico perimetral y el radial. Esta circunstancia se ve agravada en el sentido de salida del tramo radial (con origen en Sevilla hacia el Aljarafe Sur) puesto que se obliga a trenzar a los vehículos que recorren el tronco de la SE-30.



*Ilustración 5.19. Puentes Juan Carlos I (abajo) y Reina Sofía (arriba).  
Fuente: elaboración propia (TransCAD)*

Centrando el análisis en el propio enlace, el diseño del trazado se ha quedado obsoleto y es insuficiente para el tráfico que soporta hoy día. Los problemas inherentes al óvalo, unidos a la problemática del trenzado del tronco principal referida anteriormente, conforman el cuello de botella que da lugar a tan frecuentes e importantes atascos en la zona. Los motivos que propician las retenciones son diferentes para los tráficos de entrada a Sevilla (atasco en el Puente Juan Carlos I por la mañana) y salida (atasco en el Puente Reina Sofía a mediodía y por la noche). A continuación, se describen los principales problemas del trazado del óvalo según la hora:

Para el tráfico de entrada a Sevilla, el factor restrictivo reside en la limitación del flujo que produce la Avenida Juan Pablo II. Esta vía, semaforizada y de dos carriles, constituye uno de los principales accesos a la ciudad, si bien su capacidad es bastante menor de la necesaria. El soterramiento de la Avenida Bueno Monreal (continuación de Juan Pablo II) a su paso por la Palmera no ha conseguido solucionar totalmente el problema, ya que la avenida sigue sin contar con prioridad absoluta al tener dos intersecciones semaforizadas que limitan su capacidad.

Para el tráfico de salida hacia el Aljarafe, el principal problema reside en el ramal de incorporación desde el óvalo al puente Reina Sofía. Por un lado, por su baja velocidad específica que limita la propia capacidad del ramal, y por otro por la diferencia entre velocidades específicas en su confluencia con el tronco principal de la SE-30, que complica la maniobra de trenzado en el puente y esto conlleva una disminución de la velocidad libre en esta zona. Esta circunstancia provoca el principal cuello de botella y afecta al correcto funcionamiento del resto del enlace.

Aun con carácter secundario, el óvalo presenta dos tramos de trenzado que limitan la capacidad de las principales arterias de salida de Sevilla en dicha zona (Avenida Juan Pablo II y Avenida Blas Infante).

#### 5.5.2.2 Avenida Expo'92 (puente de la A-49).

Este acceso recoge los flujos que entran a Sevilla por Puerta Triana. Está previsto que el tráfico de este puente aumente considerablemente con la puesta en funcionamiento de la Torre Pelli, hecho que ya recoge la matriz de viajes de este estudio al tener hecha una distribución según se explica en el punto 5.2. "Matriz Origen-Destino."



*Ilustración 5.20. Puente A-49.  
Fuente: elaboración propia (Google Earth).*

En la actualidad el puente se colapsa ya que tiene regulación semafórica a su llegada al núcleo urbano. A pesar de tener un cruce a nivel con la carretera Cádiz-Huelva (muro de defensa), el ciclo semafórico para dar cabida a los flujos secundarios limita la capacidad de la vía.

A esto se le suma la incorporación de un volumen considerable de viajeros que se desvían de la SE-30 (sentido Mérida). Este desvío es especialmente conflictivo, ya que coincide con un desvío a la izquierda hacia el sentido contrario del puente. Los desvíos por la izquierda están desaconsejados por la norma de trazado (3.1-IC), pero el hecho de que coincida con otro desvío a la misma altura provoca una situación extremadamente complicada. En hora punta de mañana, los 3 carriles hábiles del tronco de la circunvalación SE-30 se ven reducidos a uno, el central, por la influencia de las retenciones a ambos lados.



*Ilustración 5.21. Detalle desvíos SE-30.*

*Fuente: elaboración propia (Google Earth).*

### 5.5.2.3 Puente de la SE-30 a su paso por la Cartuja (Puente del Alamillo).

Este puente, situado al norte de la ciudad, es el de mayor longitud de los tres. Tiene su inicio en la bifurcación con la A-66 sentido Mérida, y termina mediante el Puente del Alamillo en la Glorieta Olímpica. Durante todo este recorrido únicamente tiene dos desvíos hacia la Cartuja en su tramo final, por lo que el tramo inicial rara vez sufre retenciones. El tramo final ve limitada su capacidad por la intersección semafórica en la Glorieta Olímpica, si bien las retenciones no se equiparan a las de los otros dos puentes.



*Ilustración 5.22. Puente SE-30.*

*Fuente: elaboración propia (Google Earth)*

# 6 CONCLUSIONES

---

## 6.1 INTRODUCCIÓN.

Este capítulo recoge los principales resultados que se desprenden de los diferentes ámbitos de estudio del trabajo.

El primer apartado, análisis de la situación actual, pretende resumir el estado del tráfico y definir los principales problemas del transporte privado y público. Este punto se ha elaborado en base a los resultados obtenidos mediante las asignaciones realizadas, contrastado con la experiencia propia y la información disponible en la bibliografía sobre los diferentes temas.

El segundo apartado expone las posibles soluciones, planteadas o no por las autoridades competentes, para solventar los problemas descritos en el anterior apartado. Se ha dividido en tres segmentos, separando los distintos flujos de tráfico que se entrecuzan en la ciudad.

El apartado de líneas de actuación futuras pretende servir como guía para los estudiantes del Grado en Ingeniería Civil que quieran realizar su TFG en base a este trabajo. Se plantea campos a mejorar dentro de la propia red desarrollada en este trabajo, así como nuevas vías de análisis dentro del mismo ámbito de estudio.

Por último, las reflexiones personales recogen la experiencia propia durante la realización del trabajo, resumiendo los conocimientos aprehendidos.

## 6.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

Los datos obtenidos mediante las diferentes asignaciones arrojan resultados lógicos que concuerdan con la realidad que sufren los conductores de la ciudad diariamente. Sevilla es una ciudad que ha experimentado un gran desarrollo de la corona metropolitana en las últimas décadas, que sin embargo no se ha visto acompañado del desarrollo de la red de transporte público y privado.

Es inevitable que, durante los períodos de hora punta, cualquier ciudad sufra retenciones debido a la concentración de tráfico en períodos de tiempo cortos. Sin embargo, el diseño de la red de transporte debe realizarse con el objetivo de minimizar dichas retenciones de la forma más eficiente posible. Esta eficiencia se basa en dos pilares: la oferta de transporte público y la disposición de la red de transporte privado.

La red de transporte público adquiere mayor importancia conforme mayor es el tamaño de la ciudad. Todas las grandes ciudades necesitan de una adecuada red de metro, cercanías y autobuses para liberar a la red de transporte privado y facilitar el funcionamiento de la ciudad. Por otro lado, la red de transporte privado debe

disponer sus arterias principales en una malla que contenga vías radiales y perimetrales, de forma que de servicio directo a los diferentes tipos de viaje.

La ciudad de Sevilla no cumple por completo las dos máximas que se han descrito, por lo que el nivel de servicio de sus viales alcanza valores por encima del límite en un gran porcentaje de sus vías.

A continuación, se describen los principales problemas existentes tanto en el transporte público como el privado.

### **6.2.1 Red de transporte privado.**

El mayor impulso en los últimos tiempos al desarrollo del viario de la ciudad se produjo con vistas a la Exposición Universal de 1992. Con motivo de este evento se reestructuró la ciudad y se acometieron numerosas obras que, si bien mejoraron notablemente la circulación, no fueron diseñadas con una correcta estimación del crecimiento futuro de la ciudad.

Por este motivo, desde la inauguración de la Exposición hasta la actualidad hubo que modificar algunas de las principales actuaciones para disminuir su nivel de servicio. Algunos ejemplos son la creación de un quinto carril, reversible, en el Puente del Quinto Centenario o un cuarto en el Puente Reina Sofía. Ambas actuaciones, realizadas en situaciones límite y sin una planificación previa, mejoraron el tráfico de la vía, pero lo hicieron en detrimento de las condiciones de seguridad. En ambos casos el ancho de carril se redujo de 3,5 a 3 metros, y se suprimieron casi por completo los arcenes.

La crisis económica que ha sufrido el país desde el año 2007 ha provocado una disminución del tráfico debido a la destrucción de puestos de trabajo. La ciudad, tal y como se muestra en la Ilustración 5.2, aún no ha recuperado el nivel de tráfico anterior, hecho que camufla la situación límite en la que se encontraba el tráfico de la ciudad durante los años previos al inicio de dicha crisis económica.

Como ya se ha comentado, desde la Expo hasta la actualidad la ciudad ha crecido en volumen y extensión. Sin embargo, la inversión en el tránsito privado ha sido menor y se ha centrado en actuaciones de mantenimiento y reparación, más que en grandes inversiones. Este planteamiento se ha agudizado aún más durante la crisis económica, paralizándose multitud de proyectos que a día de hoy siguen inacabados.

Como ejemplo más claro se encuentra la ronda de circunvalación SE-40, proyectada para dar cabida a los flujos perimetrales entre la corona metropolitana, así como los viajes de larga distancia que atraviesan Sevilla. Esta autovía de gran capacidad comenzó a construirse en el año 2007, coincidiendo con el inicio de la crisis económica. Es por ello que, de los 12 tramos previsto, únicamente 7 estén licitados. Del total de 77,6 km, únicamente 16 km están actualmente en servicio. La crisis incluso llevó a una revisión del tramo que cruza con el río Guadalquivir al sur de Sevilla. Se trata de un tramo de 2180 m de longitud que, inicialmente, tenía prevista la construcción de cuatro túneles (dos por sentido) de dos carriles cada uno. Debido a la crisis se redujo a dos túneles (uno por sentido) de tres carriles cada uno, aunque ciertas discrepancias con las empresas

adjudicatarias y la crisis económica provocaron la paralización de las obras en este tramo, que lleva inalterado desde 2012.



Ilustración 6.1. Trazado de la SE-40.

Fuente: Ministerio de Fomento

Al ser la SE-40 la obra en construcción más grande de la ciudad, merece un estudio aparte de su trazado y la influencia que tendrá sobre el tráfico. En la Ilustración 6.1 se expone el trazado total proyectado de la autovía, con el tramo actualmente en servicio en trazo azul marino continuo. El análisis se inicia por dicho tramo.

La corona metropolitana de la ciudad se concentra en el lado oeste (Aljarafe) y este-sureste (Dos Hermanas, Alcalá de Guadaíra, Mairena del Alcor). No se debe despreciar el desarrollo en la zona norte (La Algaba, La Rinconada, San José de la Rinconada), aunque las asignaciones estudiadas indican que estos pueblos generan una congestión mínima en comparación con las otras dos zonas. Por tanto, en este apartado se estudia el lado oeste y este-sureste.

Estas dos zonas tienen organizaciones territoriales diferentes. En el lado este la población se concentra en los grandes núcleos anteriormente mencionados, si bien en las últimas décadas el espacio entre estos núcleos y la ciudad se ha ido ocupando paulatinamente, con la aparición de Montequinto, Condequinto o el polígono industrial los Palillos, a la entrada de Alcalá. Aún así, los principales generadores y atractores de viajes siguen siendo los grandes núcleos. Es por ello que la puesta en servicio de la SE-40 mejorará notablemente el tráfico

de la zona, sobre todo cuando se inaugure el tramo sur, desde la A-376 hasta el cauce del Guadalquivir. El motivo reside en el trazado de la autovía, que bordea la ciudad excluyendo a los grandes núcleos y actuando como elemento difusor de los mismos, ya que permite a los viajeros incorporarse a las grandes autovías radiales (A-4, A-92) en su acceso a la ciudad sin necesidad de realizar grandes rodeos. Esto conseguirá reducir la congestión en los puntos que, según las asignaciones ejecutadas, sufren mayores retenciones en la actualidad, como la A-376.

Sin embargo, esta circunstancia, de gran valor y efectividad, no se da en el lado oeste, donde la densidad poblacional está mucho más repartida en los numerosos pueblos que conforman el Aljarafe. El trazado proyectado discurre entre la primera y la segunda corona metropolitana, por lo que su influencia sobre el tráfico de entrada a Sevilla se ve reducida respecto del lado este. El motivo reside en que los habitantes de la primera corona, en su itinerario hacia Sevilla, nunca elegirán la autovía SE-40 como ruta alternativa a la que actualmente realizan ya que, si bien puede actuar como elemento difusor, deben recorrer una distancia excesiva para incorporarse a la vía.

Es por ello que la puesta en servicio de la circunvalación, aun siendo la obra de mayor importancia también en el lado oeste, no mejorará notablemente el principal problema de la zona, los accesos a Sevilla mediante los puentes que cruzan el Guadalquivir, tal y como se comenta en el punto “5.5.Análisis del Aljarafe.”

Según el propio POTAU [10], la principal función de la ronda SE-40 no es modificar el itinerario de los habitantes del Aljarafe, sino desviar los viajes de largo recorrido que atraviesan actualmente Sevilla (y la SE-30) al carecer de otra alternativa, tal y como se expone en el siguiente párrafo, extraído del punto “5.1. EL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA CONEXIÓN EXTERIOR”

*“La actuación viaria prevista con mayor significación en la relación de la aglomeración de Sevilla con el exterior es la construcción de la SE-40, ronda de circunvalación que constituirá el nuevo elemento de articulación del conjunto de penetraciones territoriales a la aglomeración, y captará en una proporción mayoritaria los tráficos de paso por la aglomeración –con especial incidencia en el tráfico de pesados– liberando de esta función a la SE-30, que verá de esta manera mejorada su funcionalidad metropolitana y urbana”*

De este modo, la Junta de Andalucía presenta la ronda como elemento difusor de los tráficos externos, afirmando que esto ayudará a liberar la congestionada SE-30. Sin embargo, las asignaciones realizadas en este trabajo arrojan resultados que ponen en duda esta mejora, ya que la matriz de viajes utilizada, considerando únicamente los viajeros de la ciudad y la zona metropolitana (y no los tráficos externos que absorberá la SE-40), indica un grado de congestión similar al real. Se puede encontrar una explicación posible a esta diferencia en el hecho de que, si bien la SE-40 absorberá los viajes externos, estos no se producirán en hora punta, por lo que el principal problema de la zona quedará inalterado aún con la puesta en servicio de la SE-40 al completo.

## 6.2.2 Red de transporte público.

La matriz macroscópica del municipio de Sevilla (Tabla 5. Matriz macroscópica de viajes (con distritos). arroja un dato que sobresale por encima del resto, y es el alto número de viajes intrazonales que se realizan en transporte privado en el Casco Antiguo. Debe señalarse la antigüedad de la matriz de demanda, que no recoge las políticas de sostenibilidad puestas en marcha en los últimos años y que impulsan el uso del transporte público y bicicleta.

Aún así, el porcentaje es excesivamente alto, poniendo de manifiesto una realidad vigente en la población de Sevilla, que sitúa al tránsito privado como modo predilecto de transporte.

El principal motivo reside en que el transporte público tampoco se adecúa a las exigencias actuales de la ciudad. Si bien en los últimos años se han realizado numerosas actuaciones para mejorar la red de transporte público, el principal proyecto de la ciudad, el metro, sigue bloqueado desde 2009.

La inauguración de la línea 1 del metro de Sevilla en 2009 supuso un importante impulso para la movilidad de la ciudad, sobre todo para el Aljarafe Sur ya que conecta esta zona con el centro, ofreciendo a los trabajadores una alternativa eficiente frente a las grandes retenciones que se sufren a diario en transporte por carretera (público o privado).

Sin embargo, estaba previsto que las líneas 2, 3 y 4 acompañasen a la primera en un escenario próximo. Estas líneas constituyen, junto con la actual línea 1, el eje sobre el que desarrollar el transporte público en Sevilla y provincia. Por lo tanto, su retraso en la licitación y construcción supone un lastre para el transporte público, impidiendo su desarrollo. El proyecto futuro de la red de transportes metropolitanos de Sevilla está representado en el “

### *Anexo C. Red de transportes metropolitanos de Sevilla. Situación futura.”*

Desde la inauguración de la primera línea, ninguna autoridad ha destinado partida alguna al metro de Sevilla. Tanto el Ministerio de Fomento como la Junta de Andalucía han proclamado en numerosas ocasiones su intención de colaborar, pero atribuyendo al contrario la responsabilidad de asumir la mayoría del coste de la obra. Las diferencias políticas, unidas una vez más a la crisis económica, han resultado en la paralización absoluta del proyecto, que solucionaría la mayoría de los problemas de la ciudad en materia de transporte. A día de hoy, ningún estamento ha incluido al metro de Sevilla en sus presupuestos generales para el año 2017.

A la espera de finalizar el proyecto del metro, la ciudad ha planteado otras actuaciones para mejorar la red de transporte público. El Plan de Transporte Metropolitano del área de Sevilla [9] planteaba 34 actuaciones de transporte público para complementar a la línea 1 de metro, de las cuáles únicamente se han completado 8, según las consultoras Ingerop y BB&J Consult [11]. Los fuertes recortes presupuestarios de la administración pública en materia de transporte han sido los responsables de este incumplimiento generalizado.

Las ocho medidas de transporte que se han cumplido son, en la capital, el tranvía del centro (conecta la Plaza Nueva con San Bernardo) y los intercambiadores del Prado y San Bernardo, así como del Palacio de Congresos y de La Salud. En este último punto se ha construido la estación de Cercanías Jardines de Hércules y está en funcionamiento. El apeadero de Cercanías de San Jerónimo es otro de los puntos ejecutados.

En el este del área metropolitana, el tranvía de Alcalá está en marcha y su finalización se anuncia para 2017. En el Aljarafe Norte, con el Cercanías C5 se cumplió el proyecto de reutilizar la línea ferroviaria de Huelva y conectarla con la Cartuja y con la línea 1 del Metro en San Bernardo. Además, se ha puesto en marcha la lanzadera de Tussam que conecta la estación de metro de Blas Infante con el parque científico y tecnológico de la Cartuja.

Sin embargo, la mayoría de los proyectos no se han llevado a cabo. El principal incumplimiento lo conforman las ya mencionadas líneas 2, 3 y 4 de metro. El Consejo de Gobierno del Ejecutivo andaluz aprobó la Red de Metro de Sevilla, con sus cuatro líneas, en mayo de 2002, si bien las líneas 2, 3 y 4 aún no han sido licitadas.

La inauguración de la lanzadera de Tussam (Blas Infante – Cartuja) viene a suplir la falta de ejecución de la prolongación de la línea ferroviaria de la Cartuja hasta la línea 1 de Metro, bien a la estación de Blas Infante o a la del Parque de los Príncipes. El plan también preveía prolongar este ramal por el campo de la Feria, por el puente móvil ferroviario para enlazar con la línea 3 de Metro y la estación de San Bernardo.

La plataforma reservada para autobús de Cortijo de Cuarto tampoco existe. Se proyectó en el plan para atender el desarrollo urbano de Cortijo de Cuarto, conectando con la estación ferroviaria de Bellavista. La realidad es que no llegó a darse ese desarrollo urbano en la zona.

También se paralizó el eje ferroviario de Alta Velocidad entre Sevilla y Málaga por parte de la Junta de Andalucía. Este ramal ferroviario conectaría al aeropuerto de Sevilla con el eje ferroviario transversal de Andalucía hacia Granada y Málaga. Por tanto, en la actualidad el aeropuerto sólo está conectado con la ciudad por una línea de autobús. Además, esta línea hubiera conectado las ciudades de Sevilla y Málaga en 55 minutos, facilitando las políticas impulsadas por ambos ayuntamientos en la actualidad, con el objetivo de crear un eje entre ambas ciudades.

De los 19 intercambiadores de transporte proyectados la mayoría están por hacer. Contemplaban aparcamientos disuasorios los de estación Guadaíra, aeropuerto, nuevo apeadero de Valdeorras, y nuevas estaciones de Cercanías Pítamo y Calonge. Ninguna de esas estaciones existe. De los siete intercambiadores de transporte público previstos siguen sin hacerse los de Torretriana, Santa Justa, Parque de los Príncipes, Virgen del Rocío y Los Bermejales. Se proyectaron también y no se han ejecutado en Pío XII, Patrocinio y Bellavista.

En el sur, el tranvía que parte de la línea 1 de Metro hacia Dos Hermanas no se ha realizado. Éste iba a captar demanda de los nuevos desarrollos urbanos previsto en la zona. Por otro lado, también falta el nuevo acceso ferroviario de Los Palacios a la altura del apeadero de Don Rodrigo.

En el Aljarafe hay varios proyectos inacabados: se proyectó un tranvía para el Aljarafe Norte-Sur que conectaría con la línea 1 de Metro en la estación de cabecera Ciudad Expo, que daría servicio circular para el Aljarafe central. Tampoco se han completado la plataforma reservada carril Bus-VAO sobre la A-49, entre el enlace de Gines y Pañoleta, ni la plataforma reservada para autobús de Gelves al Parque de los Príncipes y a Plaza de Armas por el puente de hierro de San Juan. De ésta última actuación cabe destacar que sí se ha abierto el puente de hierro, pero no se ha completado la construcción de la plataforma reservada en su totalidad.

### **6.3 PROPUESTAS.**

El apartado anterior ha planteado los principales problemas de la ciudad en torno al tráfico, definiendo las principales deficiencias en el transporte público y privado. En la actualidad se generan grandes retenciones a diario y la tendencia futura, con el aumento del tráfico generado por la recuperación económica, indica que aumentarán.

Sin embargo, los problemas que provocan dichas retenciones tienen soluciones claras y abordables. El obstáculo para solucionar dichos problemas no es la complejidad de los mismos, sino la falta de inversión por parte de las autoridades. En la actualidad el país está en proceso de recuperación de una fuerte crisis económica, y las partidas presupuestarias se centran más en subsanar los problemas económicos.

A continuación se exponen los principales problemas y las soluciones, si las hubiere, propuestas en la actualidad.

### **6.3.1 Tráfico externo.**

En primer lugar se aborda el tráfico que menos influye sobre el centro de la ciudad. Dentro de éste grupo se incluyen los viajes de largo recorrido que incluyen en su itinerario a Sevilla y su viario al no disponer de una alternativa más eficiente. Por tanto, son viajes de flexibilidad elevada que deben desplazarse de los viarios ya de por sí congestionados.

La construcción de la ronda de circunvalación SE-40 supondrá la solución perfecta para este tipo de viajes, ya que permite aliviar la SE-30 y ofrece un vial de alta velocidad que evita a los viajeros la necesidad de circular por vías menos periféricas y por tanto de menor velocidad. Esta actuación rebajará notablemente el tráfico de vehículos pesados destinados a transporte de mercancías.

A su vez, dada su cercanía a focos atractores de viajes como Dos Hermanas o Alcalá de Guadaíra, la SE-40 dará servicio a los viajes periféricos que se realicen en la corona metropolitana.

### **6.3.2 Tráfico de la corona metropolitana.**

Este apartado se debe dividir en dos tipos de viaje, radial y periférico.

Los viajes periféricos de la corona metropolitana deben realizarse, actualmente, casi exclusivamente por la ronda SE-30, accediendo a ella mediante vías radiales. Esto provoca una congestión extra de la ronda de circunvalación y de sus accesos. La puesta en servicio de la SE-40 mejorará el tiempo de viaje para aquellos trayectos que consigan modificar su itinerario y evitar el núcleo de la capital.

Los viajes radiales se basan en trayectos desde los pueblos de la corona metropolitana hacia el centro de la ciudad y viceversa. A su vez, para el estudio de estos viajes se debe dividir la corona en dos (oeste y sureste), como ya se hiciese en el punto anterior, “Análisis de la situación actual.”

La sección sureste de la corona metropolitana colapsa en la actualidad sus accesos al centro de la ciudad, si bien hay varias actuaciones en construcción o fase de proyecto. En primer lugar, la apertura del tramo sur de la SE-40 permitirá dispersar los viajes hacia las autovías de gran capacidad A-4 y A-92, tal y como se explica en el punto 6.2.1.

Por otro lado, el transporte público para la zona tiene previstas actuaciones de gran importancia: en primer lugar, ya se está construyendo el tranvía metropolitano de Alcalá de Guadaíra, que conectará con la línea 1 de metro en un intercambiador proyectado en la estación Pablo de Olavide. Este tranvía, que contará con una flota de 5 trenes, tendrá 12 paradas a lo largo de sus 12 km de recorrido, y servirá para mejorar la movilidad de los trabajadores que deban desplazarse a la capital. En segundo lugar, la futura línea 3 de metro tendrá su cabecera sur en el Hospital de Valme. Dada su proximidad a la localidad de Dos Hermanas, la posibilidad de crear aparcamientos disuasorios o incluso un intercambiador similar al de Alcalá mejoraría la movilidad de Dos Hermanas y aliviaría su viario.



Ilustración 6.2. Trazado del tranvía metropolitano de Alcalá de Guadaíra.

Fuente: Ayuntamiento de Alcalá de Guadaíra.

La zona oeste de la ciudad, sin embargo, no puede basar su mejora en la puesta en servicio de la SE-40, por lo motivos explicados en el punto 6.2.1. El progreso debe centrarse en el desarrollo de la red de transporte público, tal y como indica el POTAU en su punto 5.3. “EL SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA ARTICULACIÓN INTERIOR”:

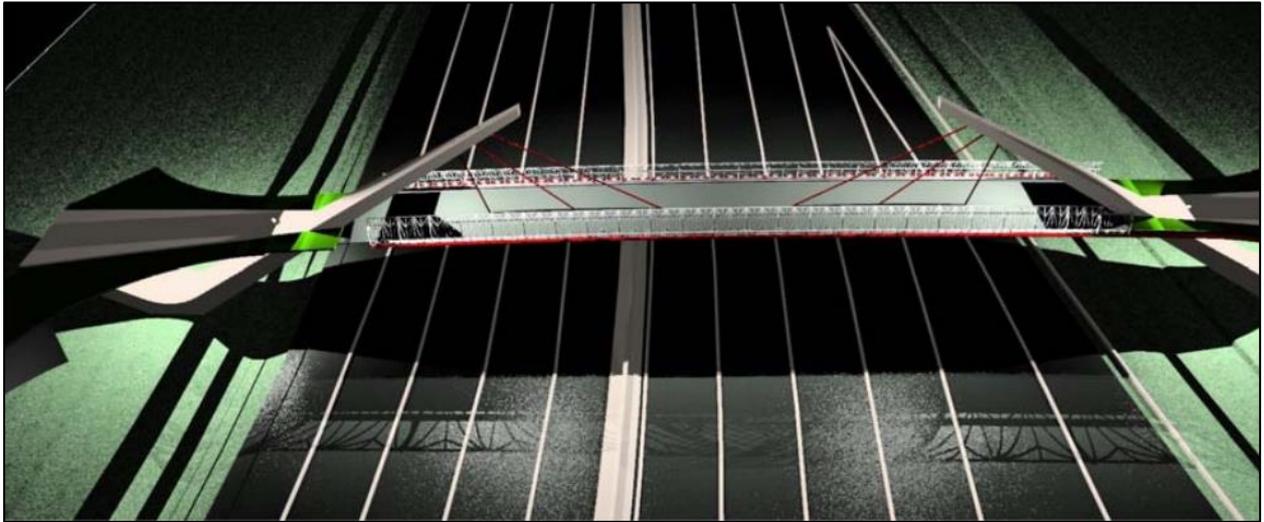
*“De cara al futuro, para abordar estos problemas de saturación del viario, el nuevo modelo de movilidad metropolitana no puede basarse en un incremento de infraestructuras al servicio del vehículo privado, sino ha de crear un sistema de transporte público de alta capacidad y calidad”.*

El principal proyecto que debe retomarse y llevarse a cabo son las líneas de metro 2, 3 y 4. Estas actuaciones son la base del programa de movilidad urbana de la ciudad, y el soporte sobre el que ejecutar numerosos proyectos en la zona del Aljarafe que mejoren la situación actual. En primer lugar, la línea 1 de metro, al verse complementada por el resto de itinerarios, aumentaría su servicio al poder llegar a muchos más puntos de la capital. Por otro lado, la ampliación de la línea 2 de metro desde su cabecera en Torre Triana hasta la localidad de Camas conectaría dicha localidad con el centro de la ciudad, así como las poblaciones colindantes mediante un posible sistema de aparcamientos disuasorios.

Además, en el Aljarafe debe implantarse una red de autobuses metropolitanos que conecten los municipios del Aljarafe Centro y Norte con la línea 1 de metro, con cabecera en Mairena del Aljarafe.

Por último, también debe promoverse el uso de la bicicleta. Si bien es un modo de transporte residual dada la larga distancia entre el Aljarafe y la capital, un desarrollo de la red de carriles bici puede aumentar la demanda en los pueblos cercanos a la ribera del río. Los proyectos vienen detallados en el Plan Andaluz de la Bicicleta [12], si bien la actuación de mayor urgencia se trata de la pasarela sobre la SE-30 a la altura de Tablada, que conecta el Aljarafe Sur con la red urbana de carriles bici de la capital mediante el Puente de Hierro. Esta obra se inició en 2013, pero una serie de problemas burocráticos y técnicos llevaron a la paralización de la misma y

la necesidad de licitar otro proyecto, que toma como base el anterior y, según la Junta de Andalucía, estará terminado antes de verano de 2017.



*Ilustración 6.3. Proyecto inicial de la pasarela ciclista sobre la SE-30.*

*Fuente: Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía.*

### **6.3.3 Tráfico en la capital.**

Tal y como se expone en el punto “6.2.2. Red de transporte público.”, el principal modo de transporte en la capital sigue siendo el vehículo privado. Sin embargo, esta situación no se debe a una baja demanda del transporte público, sino a la baja oferta del mismo. La solución, expuesta anteriormente, se basa en la finalización de las líneas 2, 3 y 4 del metro, expuestas en el Anexo C. Red de transportes metropolitanos de Sevilla. Situación futura.

Esta actuación permitirá conectar la gran mayoría de centros neurálgicos de la ciudad, reduciendo el uso del vehículo privado y mejorando el acceso al transporte público, ya que un mayor mallado de la red de metro permitirá su acceso a un mayor número de usuarios.

## 6.4 LÍNEAS DE ACTUACIÓN FUTURAS.

Este trabajo, centrado en el desarrollo de la red de transporte privado en el software TransCAD, se enmarca dentro de un proyecto de mayor escala, por lo que no puede considerarse un trabajo puntual ni acabado. Una red de transporte de tal magnitud siempre tendrá apartados a mejorar y a los que aportar un mayor grado de detalle. La experiencia adquirida en el desarrollo de este trabajo permite conocer los puntos a mejorar, que se exponen a continuación con objeto de servir de guía a futuros alumnos del Grado en Ingeniería Civil que quisieran realizar su trabajo fin de grado sobre este tema:

El principal escollo encontrado durante la realización del trabajo ha sido la **encuesta domiciliaria**. Para poder realizar análisis más exhaustivos de la red se hace necesaria una matriz más completa, con datos de demanda entre todos los pares origen-destino. Sin esta herramienta base, los cambios realizados con un grado de detalle mayor dejan de tener efecto.

De cara a la elaboración de otro TFG sobre la misma línea de trabajo, la primera tarea a realizar consiste en unificar las redes de transporte tanto de transporte público [3] como de transporte privado, desarrollada en este trabajo. Se recomienda realizar un análisis por separado de ambas redes para optimizar el proceso de unificación. La red de este trabajo ha sido mejorada en los atributos de los arcos y en la creación de una nueva capa de conectores, si bien la red desarrollada en [3] ha implementado un sistema completamente nuevo de transporte público.

A continuación se exponen algunas modificaciones que podrían acometerse en la red:

- Actualización de nuevas construcciones que se realicen en el futuro.
- Ampliación del grado de detalle, mediante la creación de vías menores.
- Separación de las vías según su importancia, creando un campo que defina su jerarquía real (autovías, carreteras comarcales, viarios urbanos, etc...).
- Finalización del proceso de designación de los arcos.
- Completar tabla de giros prohibidos, añadiendo aquellos que se produzcan entre vías secundarias o en la zona metropolitana.
- Introducción en la matriz de viajes generados y atraídos por puerto, aeropuerto, hospitales, etc...

Por otro lado, durante el análisis de la situación actual se han planteado soluciones para los diferentes problemas que tiene el tráfico en la ciudad. La SE-40 solucionará el tráfico externo y de la corona sureste del área metropolitana, mientras que las líneas de metro proyectadas solventarán el tráfico en el centro de la

ciudad. Sin embargo, la corona oeste, actualmente la más congestionada, no presenta soluciones definitivas. Como ya se ha comentado, la SE-40 tiene un papel secundario en dicha zona debido a lo alejado de su trazado. Por otro lado, la ampliación de la red de metro podrá incidir en el tráfico de bajada, pero no de manera definitiva.

Es por ello que, en este trabajo, se plantea esta cuestión como aquella a abordar en futuros trabajos sobre planeamiento y organización territorial. La comarca del Aljarafe sigue siendo la de mayor previsión de crecimiento [9], por lo que los problemas actuales no harán más que aumentar en los próximos años. Por esta razón, sería interesante un estudio sobre las posibles actuaciones en el viario público y privado en la zona, realizando asignaciones con las diferentes opciones para encontrar el equilibrio óptimo.

## **6.5 ANÁLISIS PERSONAL**

Este apartado pretende recoger la experiencia personal durante la realización de este trabajo. Un trabajo fin de grado debe suponer la síntesis de todo lo aprehendido durante los cuatro cursos que lo engloban, así como un proceso mediante el cuál el alumno realiza su primera aportación al campo de conocimiento sobre el que trate su trabajo.

La realización de este trabajo ha permitido al alumno conocer y profundizar en el manejo del software de macrosimulación TransCAD, herramienta que podrá ser de utilidad en el futuro profesional. A su vez, el manejo de dicha herramienta, combinado con la red estudiada, ha proporcionado un entendimiento más profundo de la red de transporte de Sevilla, aportando una visión diferente de la ciudad al analizar los flujos de manera macroscópica.

A su vez, el análisis de los diferentes tipos de asignación que ofrece el software TransCAD han ayudado a comprender mejor el comportamiento de los usuarios de la red, distinguiendo sus prioridades y características de la ruta óptima.

Por último, la elaboración de este trabajo sobre macrosimulaciones macroscópicas supone la culminación a la Intensificación en Transportes y Servicios Urbanos del Grado en Ingeniería Civil.



# 7 BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] Ministerio de Fomento, «Mapas de Tráfico- Tráfico, velocidades y accidentes,» [En línea]. Available: [http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG\\_CASTELLANO/DIRECCIONES\\_GENERALES/CARRERAS/TRAFFICO\\_VELOCIDADES/MAPAS/2014/NACIONAL/](http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/CARRERAS/TRAFFICO_VELOCIDADES/MAPAS/2014/NACIONAL/). [Último acceso: 30 Junio 2016].
  
- [2] M. y. F. M. Centro de Gestión de la Movilidad - Delegación de Seguridad. [En línea]. Available: <http://trafico.sevilla.org/imd.html>. [Último acceso: 20 Abril 2016].
  
- [3] J. Fernández Tejada, Evaluación de la accesibilidad al transporte público en Sevilla mediante simulaciones macroscópicas, Universidad de Sevilla, 2016.
  
- [4] Gerencia de Urbanismo, Ayuntamiento de Sevilla, Plan General de Ordenación Urbanística, Sevilla, 2006.
  
- [5] P. Encinas Sánchez, Movilidad motorizada en la Isla de la Cartuja: Actual y prognosis con actividad de la Torre Pelli con/sin nuevo puente, Universidad de Sevilla, 2015.
  
- [6] Planificación del Transporte, Master Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, *Trabajo final de asignatura*, Sevilla: Universidad de Sevilla, 2015.
  
- [7] C. Kraemer, J. Pardillo, S. Rocci, G. Romana, V. Sánchez Blanco y M. del Val, Ingeniería de carreteras, 2nd ed., vol. I, Madrid: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA, 2003.
  
- [8] Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, 5th ed., vol. 2, TRB publications, 2010.
  
- [9] Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucía, *Plan de transporte metropolitano del área de Sevilla: plan de movilidad sostenible*, Sevilla, 2004.

- [10] Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía, Plan de Ordenación del Territorio de la Aglomeración Urbana de Sevilla, Sevilla, 2009.
- [11] A. Sánchez Ameneiro, «Diario de Sevilla,» 26 octubre 2015. [En línea]. Available: [http://www.diariodesevilla.es/sevilla/transportes-olvidados-Sevilla-area-metropolitana\\_0\\_965903679.html](http://www.diariodesevilla.es/sevilla/transportes-olvidados-Sevilla-area-metropolitana_0_965903679.html). [Último acceso: 10 julio 2016].
- [12] Consejería de Fomento y Vivienda. Junta de Andalucía, Plan Andaluz de la Bicicleta. PAB 2014-2020, Sevilla, 2014.
- [13] p. d. i. P. Bovy, d. M. Bliemer and d. i. R. van Nes, CT4801. Transportation Modeling, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Transport & Planning Section, 2006.
- [14] L. M. Romero Pérez, «Apuntes de asignatura "Planificación del Transporte",» Universidad de Sevilla, 2015.

# ANEXO A. TABLAS CGM

---

DATOS CGM					VÍA PRINCIPAL		VÍA SECUNDARIA		GLORIETA	VÍA TERCARIA		VÍA CUATERNARIA		Nº CRUCE
D1	D2	D3	D4	D5	Nombre	% fase	Nombre	% fase		Nombre	% fase	Nombre	% fase	
001	C112	D054	03	028036036	Ctra. Su Eminencia	64	Ctra. Utrera	36						1
002	C112	D102	02	067033	Palmera	67	Torcuato Luca De Tena	33						2
003	C112	D090	03	036016048	Manuel Siurot	52	Calle Cardenal Ilundain	48						3
004	C112	D013	03	051022027	Rep. Argentina	49	López de Gomara	51	Rep. Dominicana					4
005	C112	D090	04	021020038021	Blas Infante	79	Rubén Darío	21	Carlos Cano					5
006	C112	D062	02	067033	Ramón y Cajal	67	Villegas y Marmolejo	33						6
007	C112	D033	03	049018033	Espinosa y Carcel	67	Santa María Mazzarello	33						7
008	C112	D083	02	065035	Virgen de Luján	65	Juan Ramón Jiménez	35						8
009	C112	D088	02	070030	Virgen de Luján	70	Pedro Pérez Fernández	30						9
010	C112	D090	02	070030	Eduardo Dato	70	Marqués del Nervión	30						10
011	C090	D066	02	057043	Av. De los Gavilanes	57	Calle Puerto del Escudo	43						11
012	C112	D095	03	038028034	Palmera	38	Páez de Rivera	62						12
013	C112	D061	02	070030	República Argentina	70	Miño	30						13
014	C112	D059	02	065035	República Argentina	65	Virgen de Setefilla	35						14
015	C112	D078	03	058026016	Virgen de Luján	58	Av. Presidente Adolfo Suárez	42	De la Cigarrera	Pierre de Coubertin	26			15
016	C112	D079	02	062038	Virgen de Luján	62	Juan Sebastián Elcano	38						16
017	C112	D079	02	062038	Virgen de Luján	62	Asunción	38						17
018	C112	D046	03	042033025	Nuestra Señora de las Mercedes	42	Diego Martínez Barrio	58						18
019	C112	D034	03	050022028					Eritaña					19
020	C112	D071	03	022040038	Av. De la Borbolla	60	Av. De Portugal	40						20
022	C112	D041	03	030047023	Eduardo Dato	30	San Francisco Javier	70						22
023	C112	D062	04	053016019012	Arjona	53	Cristo de la Expiración	47						23
024	C112	D105	02	077023	Resolana	77	Feria	23						24
025	C112	D069	04	018045027010	San Juan de Ribera	82	Muñoz León	63						25
026	C112	D097	02	075025	Ingeniero Juan de La Cierva	75	Av. De Los Gavilanes	25						26
027	C112	D093	02	082018	Ingeniero Juan de La Cierva	82	Pedro de Valdivia	18						27
028	C112	D084	02	082018										28
029	C112	D081	02	082018										29
030	C112	D046	03	052030018										30
031	C112	D015	03	042034024	Luis Montoto	76	Cruzcampo	24						31
032	C112	D032	03	060023017	Luis Montoto	60	Tomás Murube	40						32
033	C112	D021	03	043021036	Luis Montoto	64	Luis de Morales	36						33
034	C112	D012	02	070030										34
035	C112	D106	02	074026	Luis Montoto	74	La Florida (peatones)	26						35
036	C112	D027	02	068032	Ramón y Cajal	68	Marqués del Nervión	32						36
037	C112	D033	02	050050	Ronda Tamarguillo	50	Ramón y Cajal	50						37
038	C112	D094	02	075025	Virgen de Luján	75	Virgen de Aguas Santas	25						38
039	C112	D092	02	073027	Virgen de Luján	73	Virgen de la Montaña	27						39
040	C112	D013	02	077023	todos mtos	77	peatones	23	Glorieta primero de mayo					40
041	C112	D031	02	043057										41
042	C112	D092	03	015032053	Av. El Greco	68	Sinalá	32						42
043	C112	D020	03	048029023	Ronda Tamarguillo	48	Av. San Juan de la Cruz	52						43
044	C112	D101	03	048030022	Ronda Tamarguillo	48	Federico Mayo Gayarre	52						44
045	C112	D097	03	049036015										45
046	C090	D014	03	020050030										46
047	C112	D055	03	029031040	Ronda Triana	71	Av. De Coria	29	Glorieta San Martín de Porres					47
048	C112	D042	02	080020										48
049	C112	D048	03	063020017										49
050	C112	D094	04	013032018037	Asunción	32	Av. Flota de Indias	50						50
051	C112	D088	02	057043	Av. De la Palmera	57	Ctra. Su Eminencia	43	Glorieta Plus Ultra					51
052	C112	D051	04	050015022013										52
053	C090	D070	03	040037023										53
054	C112	D102	04	050024013013	Av. De la Palmera	50	Padre García Tejero	50						54
055	C112	D036	03	057020023										55
056	C112	D045	02	033067	Av. Juan Pablo II	67	Calle Esclusa	33	Glorieta Juan Pablo II					56
057	C112	D026	02	045055	Av. República Argentina	55	Puente de San Telmo	45	Plaza de Cuba					57
058	C112	D060	02	075025	Av. República Argentina	75	Arcos	25						58
059	C112	D052	05	01203102501002	Paseo de las Delicias	34	Puente de Los Remedios	56	Glorieta De Los Marineros	Av. De María Luisa	78			59
060	C112	D062	05	03203000901201	Av. De María Luisa	100	Av. Portugal	70	Glorieta San Diego	Av. El Cid	100	Palos de la Frontera	32	60
063	C112	D086	02	065035	Menéndez Pelayo	65	Av. Málaga	35						63
064	C112	D053	04	045019022014	Menéndez Pelayo	45	Demetrio de los Rios	55		Santa María la Blanca	36			64
065	C112	D006	03	047035018	Menéndez Pelayo	65	La Florida	35						65
066	C112	D044	03	020040040	Menéndez Pelayo	60	Luis Montoto	40						66
067	C112	D012	03	046020034	Recaredo	66	Plaza Carmen Benitez	34						67
068	C112	D005	02	070030	Recaredo	70	Gonzalo Bilbao	30						68
069	C112	D050	03	020050030	María Auxiliadora	70	José Laguillo	30						69
070	C112	D026	03	030042028	Ronda Capuchinos	72	Ctra. Carmona	28						70
071	C112	D100	04	014030022034	Ronda Capuchinos	66	Miraflores	34						71
072	C112	D030	02	055045	Ronda Capuchinos	55	Av. Cruz Roja	45						72
073	C112	D106	03	064012024	Resolana	76	Don Fadrique	24						73
074	C112	D015	04	020031015034	Torneo		La Barqueta		Mirar pdf					74
075	C112	D058	02	070030	Paseo Colón	70	Antonia Diaz	30						75
076	C112	D044	02	071029	Paseo Colón	71	Santander	29						76
077	C112	D036	02	068032	Paseo Colón	68	Almirante Lobo	32						77
078	C112	D036	03	049034017	Paseo Colón	66	Puente de San Telmo	34						78
079	C112	D030	02	072028	José Díaz	72	Antonio Bueno Vallejo	28						79
081	C112	D007	02	075025	Roma	25	Palos de la Frontera	75						81



167 C112 D099 02 075025	Eduardo Dato	75	Virgen de Valvanera	25						167
168 C112 D007 02 065035	Jerez	65	Gaspar Caldera	35						168
169 C112 D047 02 077023										169
170 C112 D046 02 062038	Ronda Tamarguillo	38	Av. La Paz	62						170
171 C112 D063 02 078022	Av. La Paz	78	acceso barriada felipe II	22						171
173 C112 D084 03 055022023										173
174 C112 D078 03 045022033	Alcalde Juan Fernández	56	Claudio Guerin	44						174
175 C112 D040 03 053022025	Av. Cruz del Campo	64	Alejandro Collante	36						175
176 C112 D080 02 063037	Alcalde Juan Fernández	63	Alberche	37						176
177 C112 D083 02 068032	Ciudad Jardín	68	Juan de Padilla	32						177
178 C112 D043 03 050023027	Av. Cruz del Campo	62	Padre Coloma	38						178
179 C090 D014 02 047053										179
180 C090 D000 02 071029										180
181 C112 D081 02 070030	Ctra. Carmona	70	López de Legazpi	30						181
182 C112 D105 03 045025030										182
183 C090 D033 02 078022										183
185 C112 D107 02 055045	Kansas City	55	Tesalónica	45						185
186 C112 D099 03 056017027	Cortijo de las Casillas	65	Esparteros	35						186
187 C112 D025 02 072028	Cortijo de las Casillas	72	Camino de los Toros	28						187
188 C112 D053 03 023052025	Luis de Morales	75	Luis Arenas	25						188
189 C112 D087 03 065012023	Av. La Paz	65	acceso P. I. Navisa	35						189
190 C112 D087 02 073027										190
191 C118 D067 02 078022	Secoya	78	Algodonera	22						191
192 C112 D099 02 068032	Luis Montoto	68	San Benito	32						192
193 C112 D074 02 077023	San Juan de Ribera	77	peatones	23	to hospital universitario					193
195 C112 D106 03 061017022	Manuel Siurot	61	Acc. R.S.V. del Rocío	17						195
196 C112 D096 02 068032	Eduardo Dato	68	San Juan de Dios	32						196
197 C112 D086 02 077023	Ramón y Cajal	77	Cuatro Vientos	23	Enramadilla	23				197
198 C112 D027 02 073027										198
199 C112 D111 03 050020030	Miraflores	50	Almadén de la Plata	30	General Marva	20				199
200 C112 D012 02 070030										200
201 C112 D105 02 054046										201
202 C112 D083 02 062038										202
203 C112 D008 03 048015037										203
204 C112 D092 02 052048										204
205 C090 D005 02 065035										205
206 C112 D062 02 068032	República Argentina	68	Virgen de África	32						206
207 C112 D071 03 047028025	Portugal	61	Las cruzadas	39						207
208 C112 D105 02 080020	Borbolla	80	Cuartel Ingenieros	20						208
209 C112 D026 02 070030	Torneo	70	Guadalquivir	30						209
210 C090 D036 02 067033										210
211 C125 D084 03 038021041										211
213 C112 D018 03 043017040	Arroyo	60	José Laguilo	40						213
214 C112 D072 03 045028027										214
215 C112 D093 03 036042022										215
216 C112 D012 02 048052	Miraflores	48	Sta María de Ordaz	52	Almeli	52				216
217 C112 D061 02 072028	Paseo Colón	72	Dos de Mayo	28						217
218 C112 D095 05 03501901001402	Montes Sierra	71	Utrera Molina	46	Ada	35				218
219 C112 D081 02 065035	Ctra. Carmona	65	Sta María de Ordaz	35	Andrés Segovia	35				219
220 C112 D022 03 048022030	San Francisco Javier	48	Joaquín de Vedruna	30						220
221 C112 D000 02 072028										221
222 C112 D043 03 061025014	Hytasa	61	J.M. Pereda	39						222
225 C112 D098 02 065035	Paseo de las Delicias	65	La Rábida	35						225
226 C079 D000 03 039029032										226
227 C090 D000 02 085015										227
230 C112 D085 03 050034016										230
231 C112 D019 02 075025										231
232 C090 D037 02 064036										232
233 C112 D009 03 040034026										233
234 C112 D100 02 065035	Eduardo Dato	65	Fábrica artillería	35						234
235 C112 D036 03 059020021	José Laguillo	79	Lope de Vega	21						235
236 C112 D091 03 046015039										236
237 C112 D038 02 065035	Amor	65	Colegio Amate	35						237
238 C090 D000 02 068032										238
239 C090 D001 03 019044037										239
240 C112 D006 02 077023	Pino Montano	77	Acc. P. Miraflores	23						240
241 C112 D012 02 068032	Luis Montoto	68	Maese Farfán	32						241
242 C112 D068 03 034040026	Av. De las razas	54	Páez de Rivera	46						242
243 C112 D111 03 050032018	Manuel Siurot	50	Rafael Salgado	50						243
244 C112 D110 02 070030	Diego Martínez Barrio	70	Cuatro Vientos	30						244
245 C112 D100 03 035035030	San Francisco Javier	50	García de la Herranza	50						245
246 C112 D112 02 067033	CN-IV	67	Hospital Militar	33						246
247 C090 D032 02 055045										247
248 C112 D036 02 073027	Av. Pino Montano	55	Acc. Bda S. Diego	45	Estafeta	45				248
249 C112 D027 02 065035	Efeso	65	Av. De la Solea	35						249
250 C112 D062 02 070030										250
251 C112 D053 02 055045	Montes Sierra	55	Sta. Clara de Cuba	45						251
252 C112 D054 03 058015027										252

253 C090 D082 02 067033										253
254 C112 D094 02 053047										254
255 C112 D016 02 068032										255
256 C090 D008 02 060040										256
257 C112 D039 03 025040035										257
258 C112 D064 02 070030	Alcalde Luis Uruñuela	70	Palacio de Congresos	30						258
259 C112 D109 03 044020036										259
260 C112 D063 03 056017027										260
261 C090 D028 03 047023030										261
262 C112 D035 03 055016029										262
263 C112 D096 02 073027	Marqués de Nervión	73	Mariano Benlliure	27						263
265 C112 D035 02 075025	Ronda Tamarguillo	75	Alejandro Collante	25						265
266 C112 D089 03 058025017	Ronda Tamarguillo	40	Alcampo	60						266
267 C112 D067 03 024063013		30		70	Glorieta San Lázaro					267
268 C112 D066 02 061039	Ronda Norte	61	Av. Pino Montano	39						268
269 C112 D010 02 070030	Ronda Norte	70	Acc. P.I. Store	30						269
270 C112 D016 02 075025	Ronda Norte	75	Acc. P.I. Calonge	25						270
271 C112 D071 03 030016054	Av. Kansas City	46	Éfeso	54						271
273 C112 D022 03 062025013	Alcalde Manuel del Valle	62	Hespérides	38						273
274 C112 D017 03 053026021	Alcalde Manuel del Valle	53	Baltasar de Alcázar	47						274
275 C112 D009 03 050025025	Ronda Tamarguillo	75	Andrés Velasco	25						275
276 C112 D047 03 034016050	Ctra. Carmona	45	Alcalde Manuel del Valle	55						276
277 C112 D088 02 070030	Alcalde Luis Uruñuela	70	peatones	30						277
278 C112 D111 02 067033	Carlos Marx	67	General Luis Alarcón De La Lastra	33						278
279 C112 D008 03 050025025	Modificar según el paso a nivel									279
280 C112 D017 02 049051	Modificar según el paso a nivel									280
281 C112 D071 02 065035	La Raza	65	Cardenal Bueno Monreal	35						281
282 C112 D103 04 051008020021										282
283 C112 D026 03 062020018	Alcalde Manuel del Valle	62	Arquitecto José Gómez Millán	62		Guadajoz	38			283
284 C112 D053 02 085015	Alcalde Manuel del Valle	85	peatones	15						284
285 C112 D014 03 065024011	Alcalde Manuel del Valle	65	San Juan de la Salle	35		Mujer Trabajadora	35			285
286 C112 D013 02 065035	Alcalde Manuel del Valle	65	Av. Pino Montano	35						286
287 C112 D013 02 076024	Alcalde Manuel del Valle	76	Escuela de Oriente	24						287
288 C112 D026 02 068032	Kansas City	68	Fuerte Navidad	32		Villas de Cuba	32			288
292 C112 D064 03 049033018	Torneo	49	San Laureano	33		Jándalo	18			292
293 C112 D102 03 063015022	Torneo	63	Marqués de Paradas	37		Gasolinera				293
294 C112 D047 02 062038	Kansas City	62	Estación Santa Justa	38						294
295 C112 D045 03 046027027	Kansas City	73	José Laguillo	27		otonda Acc. Sta Justa				295
296 C112 D007 02 076024	Torneo	76	Juan Rabadán	24						296
297 C112 D065 02 076024	Ronda Triana	76	S. Vicente de Paul	24						297
298 C112 D000 02 054046										298
302 C112 D084 03 061024015	Buhaira	61	Pablo Picasso	39						302
303 C112 D097 04 023021029027	Luis Montoto	50	Buhaira	50						303
304 C112 D082 03 044026030	Eduardo Dato	44	Buhaira	56						304
306 C112 D018 02 070030	Torneo	70	Narciso Bonaplata	30						306
307 C112 D050 02 073027	Ronda triana		PLAZADEL PATROCINIO							307
308 C112 D051 03 054024022	Ctra. Huelva	76	Carlos III	24						308
309 C112 D072 02 075025	Arjona	75	Peatones	25						309
310 C112 D026 04 024032009035	MIRAR PDF					Glorieta Olímpica				310
311 C112 D028 02 080020										311
312 C112 D069 03 039013048	Concejal Alberto Jiménez-Becerril	52	José Díaz	48						312
313 C112 D028 04 025026023026										313
316 C112 D064 04 036029020015	Luis Montoto	65	Juan Antonio Cavestany	35						316
318 C112 D109 02 068032	Juan de Mata Carriazo	68	Eduardo Dato	32						318
319 C112 D102 02 075025	Juan de Mata Carriazo	75	Av. De Málaga	25						319
320 C112 D015 02 070030	Ronda Los Remedios	70	Alfonso de Orleans	30						320
321 C112 D106 02 070030										321
322 C112 D106 02 059041	Av. De las Ciencias	59	Alcalde Luis Uruñuela	41						322
323 C112 D016 02 060040	Av. De las Ciencias	60	Emilio Lemos	40						323
324 C112 D015 02 060040	Av. De las Ciencias	60	Médicos Sin Fronteras	40						324
325 C112 D010 02 056044										325
326 C112 D016 02 058042	Av. De las Ciencias	58	flora tristán y las otras 3	42						326
327 C112 D091 03 030035035	Av. Andalucía	65	Amor	35						327
328 C112 D027 02 065035	Av. Andalucía	65	General Luis Alarcón De La Lastra	35						328
329 C112 D104 04 015038020027	MIRAR PDF					Glorieta Julián Besteiro				329
330 C112 D009 03 040020040	José Laguillo	60	Amador de los Ríos	40						330
331 C112 D064 02 082018										331
332 C124 D000 03 061024015	Ronda Supernorte	61	Cortijo Las Casillas	39						332
333 C112 D064 03 034030036										333
334 C112 D035 02 067033	Juventudes Musicales	67	Camino del Almez	33						334
335 C112 D090 03 042031027	Alfonso Lasso De La Vega	44	Poeta Miguel Benítez Carrasco	56						335
336 C112 D020 03 040037023	Alfonso Lasso De La Vega	60	Almirante Topete	40						336
337 C112 D004 02 063037	Torcuato Luca de Tena	63	Poeta Miguel Benítez Carrasco	37						337
338 C112 D020 02 050050	Ronda del Tamarguillo	50	Torcuato Luca De Tena	50						338
339 C112 D056 02 063037	Cardenal Iundain	63	Antonio Maura Montaner	37						339
340 C112 D072 02 067033	Cardenal Iundain	67	Lara Nieto	33						340
341 C112 D112 02 070030	CN-IV	70	Acc. Fremap	30						341



444 C112 D051 02 074026	CN-IV	74	peatones	26					444
445 C112 D010 03 046025029									445
446 C112 D026 02 074026	CN-IV	74	Eduardo Miura	26					446
447 C112 D010 02 074026	CN-IV	74	agujas	26					447
448 C112 D008 02 061039	Av. Bellavista	61	Alvar Negro	39					448
450 C112 D030 02 066034									450
451 C112 D030 02 078022	Águila perdicera	78	Águila de oro	22					451
452 C112 D030 03 035025040									452
453 C112 D035 03 050023027	San Juan Bosco	50	Ctra. Carmona	50					453
454 C112 D000 03 050033017									454
460 C112 D078 02 069031	Juan Antonio Cavestany	69	Júpiter	31					460
462 C112 D022 03 059018023	Páez de Rivera	59	Sor Gregoria de Sta. Teresa	41					462
464 C112 D070 03 052017031									464
468 C112 D091 02 073027	Alcalde Juan Fernández	73	Alhambra	27					468
469 C112 D030 02 071029	Muñoz León	71	Sánchez Perrier	29					469
470 C112 D090 02 072028	María Auxiliadora	72	Salesianos	28					470
473 C112 D031 03 046030024	La Cruz del Campo	61	Rico Cejudo	39					473
474 C112 D067 03 060020020									474
475 C112 D000 02 072028	Séneca	72	Emilia Barral	28					475
477 C112 D024 02 058042	Av. Bellavista	58	Cibeles	42					477
479 C112 D090 02 020080	Av. De las Ciencias	80	Flor de Salvia	20					479
480 C112 D000 02 050050									480
490 C112 D033 02 076024	Av. Hytasa	76	Quejío	24					490
496 C112 D077 02 066034	Ronda Norte	66	Av. Alcornocales	34					496
501 C112 D070 03 020047033	Av. De Jerez	67	Nuestra Señora del Pilar	33					501
502 C112 D090 02 078022	Ctra. Carmona	78	Higuera de la Sierra	22					502
503 C112 D006 03 064025011	Alcalde Juan Fernández	64	Cuatro Vientos	36					503
504 C112 D000 03 053032015									504
505 C112 D071 02 073027									505
506 C112 D102 02 075025	Juan de Mata Carriazo	75	Av. Cádiz	25					506
507 C112 D066 03 049031020	Secoya	49	Innovación	31		Almendralejo	51		507
508 C112 D112 03 045035020									508
509 C112 D035 02 076024	Concejal Alberto Jiménez-Becerril	76	Procuradora Ascensión García Ortiz	24					509
512 C112 D101 02 076024	Inca Garcilaso	76	Juan de Castellanos	24					512
513 C112 D101 02 066034	Inca Garcilaso	66	Juan Antonio de Vizarrón	34					513
514 C112 D101 02 076024	Camino de los Descubrimientos	76	López Pintado	24					514
515 C112 D101 03 061017022	Inca Garcilaso	61	Jerónimo de Aguilar	39					515
516 C112 D074 04 021025024030	Camino de los Descubrimientos	46	Francisco de Montesinos	54					516
517 C112 D026 02 065035	Camino de los Descubrimientos	65	Jerónimo de Aguilar	35					517
518 C112 D060 02 076024	Camino de los Descubrimientos	76	López Pintado	24					518
519 C112 D082 02 030070	Camino de los Descubrimientos	30	Gonzalo Jiménez de Quesada	70					519



# **ANEXO B. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LAS VÍAS PRINCIPALES**

---

### CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PARA VÍAS CON REGULACIÓN SEMAFÓRICA

NOMBRE DE LA VÍA	CAPACIDAD		I. DE SATURACIÓN (S)	FASE VERDE	%verde	CICLO	N	f_a	f_vp	f_j	f_e	f_b	f_z	f_gd	f_gi	A	P	M	B	DER	IQZ
AVENIDA JUAN PABLO II	2083	1554	3108	75,04	0,67	112	2	1,000	0,9900	1	0,9250	1,0000	0,9000	0,9925	1,0000						
AVENIDA BLAS INFANTE (LOS REMEDIOS)	2166	1617	3233	75,04	0,67	112	2	0,955	0,9900	1	1,0000	1,0000	0,9000	1,0000	1,0000						
AVENIDA BLAS INFANTE (ALJARAFE)	0	1584	3169	0		112	2	0,955	0,9900	1	1,0000	0,9800	0,9000	1,0000	1,0000						
CTRA. CÁDIZ-HUELVA (MURO DEFENSA)	0	1751	3502	0		112	2	1,000	0,9500	1	1,0000	1,0000	1,0000	0,9700	1,0000						
AVENIDA REPÚBLICA ARGENTINA	1897	1355	2710	78,4	0,7	112	2	0,955	0,9900	1	0,9000	0,9600	0,9000	0,9700	1,0000						
AVENIDA EXPO 92 (SEVILLA)	0	1551	4654	0		112	3	1,000	0,9500	1	1,0000	1,0000	0,9000	0,9550	1,0000						
AV. DE JEREZ (SE)	0	1535	3070	0		112	2	0,989	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	0,9700	0,9950	3,5	1	0	0	0,2	0,1
AV. DE JEREZ (NW)	0	1535	3070	0		112	2	0,989	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	0,9700	0,9950	3,5	1	0	0	0,2	0,1
PASEO DE LA PALMERA (SE)	0	1562	4686	0		112	3	0,989	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	0,9700	0,9950	3,5	1	0	0	0,2	0,1
PASEO DE LA PALMERA (NW)	0	1562	4686	0		112	3	0,989	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	0,9700	0,9950	3,5	1	0	0	0,2	0,1
PASEO DE LAS DELICIAS (NW)	0	1539	3079	0		112	2	0,989	0,9901	1	0,9500	0,9800	0,9000	0,9925	0,9950	3,5	1	0	10	0,05	0,1
PASEO DE LAS DELICIAS (SE)	0	1516	4549	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,9667	0,9867	0,9000	0,9700	0,9901	3,4	1	0	10	0,2	0,2
PASEO DE CRISTÓBAL COLÓN (SE)	0	1444	4332	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,9667	0,9600	0,9000	0,9400	1,0000	3,4	1	0	30	0,4	0
PASEO DE CRISTÓBAL COLÓN (NW)	0	1518	3036	0		112	2	0,978	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	0,9700	0,9950	3,4	1	0	0	0,2	0,1
CALLE ARJONA (N)	0	1420	2839	0		112	2	0,978	0,9901	1	0,9000	0,9600	0,9000	0,9925	1,0000	3,4	1	2	20	0,05	0
CALLE ARJONA (S)	0	1392	5568	0		112	4	0,978	0,9901	1	0,9000	0,9800	0,9000	0,9700	0,9828	3,4	1	6	20	0,2	0,4
CALLE TORNEO (N)	0	1368	5473	0		112	4	0,967	0,9901	1	0,9000	0,9800	0,9000	0,9550	0,9926	3,3	1	6	20	0,3	0,2
CALLE TORNEO (S)	0	1424	4272	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,8667	1,0000	0,9000	0,9925	1,0000	3,4	1	6	0	0,05	0
AV. CIAL. A. JIMÉNEZ-BECERRIL (N)	0	1373	4119	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,8667	0,9867	0,9000	0,9700	1,0000	3,4	1	6	10	0,2	0
AV. CIAL. A. JIMÉNEZ-BECERRIL (S)	0	1378	4134	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,8667	1,0000	0,9000	0,9700	0,9901	3,4	1	6	0	0,2	0,2
PUENTE DE LAS DELICIAS (2)	0	1540	4621	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	0,9625	1,0000	3,4	1	0	0	0,25	0
C. CARDENAL BUENO MONREAL (2)	0	1347	4041	0		112	3	0,972	0,9901	1	0,8667	0,9733	0,9000	0,9700	1,0000	3,4	1	6	20	0,2	0
AV. DIEGO MARTÍNEZ BARRIO (2)	0	1392	4175	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,8667	1,0000	0,9000	0,9700	1,0000	3,4	1	6	0	0,2	0
AV. SAN FRANCISCO JAVIER (2)	0	1536	4607	0		112	3	0,972	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	0,9700	0,9950	3,4	1	0	0	0,2	0,1
C. LUIS DE MORALES (2)	0	1517	3034	0		112	2	0,972	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	0,9700	1,0000	3,4	1	0	0	0,2	0
AV.DE ANDALUCÍA (2)	0	1518	3036	0		112	2	0,978	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	0,9700	0,9950	3,4	1	0	0	0,2	0,1
AV. DE LA PAZ (2)	0	1477	2955	0		112	2	0,989	0,9901	1	0,9500	0,9600	0,9000	0,9700	0,9975	3,5	1	0	20	0,2	0,1
AV. KANSAS CITY (2)	0	1576	4729	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	0,9850	1,0000	3,4	1	0	0	0,1	0
C. RESOLANA	0	1471	4414	0		112	3	0,956	0,9901	1	0,9667	0,9600	0,9000	0,9850	0,9950	3,2	1	0	30	0,1	0,1
C. PARLAMENTO DE ANDALUCÍA	0	1522	3043	0		112	2	0,956	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	1,0000	0,9901	3,2	1	0	0	0	0,2
C. MUÑOZ LEÓN	0	1590	4771	0		112	3	0,989	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	0,9850	0,9975	3,5	1	0	0	0,1	0,1
RONDA DE CAPUCHINOS	0	1565	4694	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	0,9925	0,9852	3,4	1	0	0	0,05	0,3
C. MARÍA AUXILIADORA	0	1535	4604	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,9667	0,9733	0,9000	1,0000	0,9852	3,4	1	0	20	0	0,3
C. RECAREDO	0	1463	2926	0		112	2	0,967	0,9901	1	0,9500	0,9600	0,9000	0,9850	0,9950	3,3	1	0	20	0,1	0,1
AV. MENÉNDEZ PELAYO	0	1532	4597	0		112	3	0,967	0,9901	1	0,9667	0,9733	0,9000	1,0000	0,9950	3,3	1	0	20	0	0,1
PUENTE DE LAS DELICIAS (2)	0	1540	4621	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	0,9625	1,0000	3,4	1	0	0	0,25	0
PUENTE DE LOS REMEDIOS (2)	0	1540	4621	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	0,9625	1,0000	3,4	1	0	0	0,25	0
PUENTE DE SAN TELMO E	0	1387	2774	0		112	2	0,967	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	0,9100	0,9804	3,3	1	0	0	0,6	0,4
PUENTE DE SAN TELMO W	0	1555	3110	0		112	2	0,967	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	1,0000	1,0000	3,3	1	0	0	0	0
PUENTE DE ISABEL II E	0	1402	1402	0		112	1	0,978	0,9901	1	0,9000	1,0000	0,9000	0,9550	0,9852	3,4	1	0	0	0,3	0,3
PUENTE DE ISABEL II W	0	1419	1419	0		112	1	0,978	0,9901	1	0,9000	1,0000	0,9000	1,0000	0,9524	3,4	1	0	0	0	1
PUENTE CRISTO EXPIRACIÓN E	0	1419	2838	0		112	2	0,978	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	0,9250	0,9756	3,4	1	0	0	0,5	0,5
PUENTE CRISTO EXPIRACIÓN W	0	1549	3098	0		112	2	0,978	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	0,9850	1,0000	3,4	1	0	0	0,1	0
PASARELA E	1294	1294	1294	112	1	112	1	0,989	1,0000	1	0,9000	1,0000	0,9000	0,8500	1,0000	3,5	0	0	0	1	0
PASARELA W	1373	1373	1373	112	1	112	1	0,989	1,0000	1	0,9000	1,0000	0,9000	0,9250	0,9756	3,5	0	0	0	0,5	0,5
PUENTE DE LA BARQUETA E	0	1495	2990	0		112	2	0,989	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	0,9400	1,0000	3,5	1	0	0	0,4	0
PUENTE DE LA BARQUETA W	0	1591	3181	0		112	2	0,989	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	1,0000	1,0000	3,5	1	0	0	0	0
PUENTE DEL ALAMILLO E	0	1717	5152	0		112	3	0,989	0,9901	1	0,9667	1,0000	1,0000	0,9550	1,0000	3,5	1	0	0	0,3	0
PUENTE DEL ALAMILLO W	0	1767	5355	0		112	2	0,989	0,9901	1	0,9500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	3,5	1	0	0	0	0
AV. JUVENTUDES MUSICALES (H)	0	1407	4222	0		112	3	0,989	0,9901	1	0,8667	1,0000	0,9000	0,9700	1,0000	3,5	1	6	0	0,2	0
AV. JUVENTUDES MUSICALES (AH)	0	1365	4096	0		112	3	0,989	0,9901	1	0,8667	1,0000	0,9000	0,9550	0,9852	3,5	1	6	0	0,3	0,3
R.U.N. (GLORIETA BERROCAL (H)	0	1591	3181	0		112	2	0,989	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	1,0000	1,0000	3,5	1	0	0	0	0
R.U.N. (GLORIETA BERROCAL (AH)	0	1591	3181	0		112	2	0,989	0,9901	1	0,9500	1,0000	0,9000	1,0000	1,0000	3,5	1	0	0	0	0
R.U.N. (PARQUE MIRAFLORES) (H)	0	1600	4801	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	1,0000	1,0000	3,4	1	0	0	0	0
R.U.N. (PARQUE MIRAFLORES) (AH)	0	1600	4801	0		112	3	0,978	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	1,0000	1,0000	3,4	1	0	0	0	0
JERARQUÍA 33. KANSAS CITY	0	1570	4710	0		112	3	0,989	0,9901	1	0,9667	1,0000	0,9000	0,9700	1,0000	3,5	1	0	0	0,2	0
JERARQUÍA 33. LUIS MONTOTO	0	1362	4085	0		112	3	0,989	0,9709	1	0,8667	0,9867	0,9000	0,9700	1,0000	3,5	3	6	10	0,2	0
JERARQUÍA 33. FELIPE II	0	1219	1219	0		112	1	0,967	0,9901	1	0,8000	0,9800	0,9000	0,9550	0,9950	3,3	1	2	5	0,3	0,1
JERARQUÍA 33. MEDIA	1384																				
JERARQUÍA 32. REYES CATÓLICOS	0	1302	5209	0		112	4	0,967	0,9901	1	0,8500	0,9950	0,9000	0,9550	0,9852	3,3	1	10	5	0,3	0,3
JERARQUÍA 32. REPÚBLICA ARGENTINA	0	1078	2156	0		112	2	0,967	0,9901	1	0,7000	0,9700	0,9000	0,9700	1,0000	3,3	1	10	15	0,2	0
JERARQUÍA 32. REINA MERCEDES	0	970	970	0		112	1	0,967	0,9901	1	0,6500	0,9400	0,9000	0,9700	1,0000	3,3	1	5	15	0,2	0
JERARQUÍA 32. MEDIA	1117																				
JERARQUÍA 31. RAMÓN CARANDE	0	1102	2203	0		112	2	0,989	0,9901	1	0,7000	1,0000	0,9000	0,9400	1,0000	3,5	1	10	0	0,4	0
JERARQUÍA 31. MORAIMA	0	795	795	0		112	1	0,989													

**CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PARA AUTOPISTA Y AUTOVÍAS**

DESIGNACIÓN	CAPACIDAD (coches/h/carril)	Velocidad libre real VLR	Velocidad libre básica VLB	autopistas y autovías			
				anchura de carril	obstáculos laterales	enlaces	nº carriles
				f_a	f_o	f_e	f_c
P. Reina Sofía (tramo central)	2172	74,4	90	10,6	2,6	0	2,4
P. Juan Carlos I (tramo central)	2084,5	56,9	60	3,1	0	0	0
P. A-49 (Av. EXPO 92) W	2109	61,8	80	1	3,2	9,2	4,8
P. A-49 (Av. EXPO 92) E	2109	61,8	80	1	3,2	9,2	4,8
P. SE-30 CARTUJA W	2109	61,8	80	1	3,2	9,2	4,8
P. SE-30 CARTUJA E	2109	61,8	80	1	3,2	9,2	4,8
Puente V Centenario (H) (2,5 carriles)	1996,75	39,35	60	10,6	4	0	6,05
Puente V Centenario (AH) (2,5 carriles)	1996,75	39,35	60	10,6	4	0	6,05
Ramal incorporación Óvalo desde Remedios	1660	calculado según HCM					
Tronco SE-30 (curva Óvalo)	1830						
Puente Reina Sofía (tramo trenzado)	1056						
SE-30 (Vega del Rey) (H)	2148	69,6	80	1	0,7	3,9	4,8
SE-30 (Vega del Rey) (AH)	2148	69,6	80	1	0,7	3,9	4,8
SE-30 (Camas) (H)	2148	69,6	80	1	0,7	3,9	4,8
SE-30 (Camas) (AH)	2148	69,6	80	1	0,7	3,9	4,8
P. SE-30 CARTUJA (H)	2109	61,8	80	1	3,2	9,2	4,8
P. SE-30 CARTUJA (AH)	2109	61,8	80	1	3,2	9,2	4,8



**ANEXO C. RED DE TRANSPORTES  
METROPOLITANOS DE SEVILLA. SITUACIÓN  
FUTURA.**

---

