



Universidad de Valladolid

Facultad de Ciencias Económicas y
Empresariales

Máster en Desarrollo Económico Regional y
Local y Gestión del Territorio

Trabajo de Fin de Máster

*Evaluación del sistema movilidad-territorio en el
área funcional de Valladolid*

Autor: *Gaspar Manzanera Benito*

Tutor: *Óscar Carpintero Redondo*

13 de septiembre de 2019

RESUMEN

La relación entre movilidad y territorio está condicionada por muchos procesos sociales, económicos y técnicos que hacen de los sistemas urbanos realidades complejas. Para el estudio de la movilidad y el territorio resulta necesario utilizar el concepto de accesibilidad como atributo cualitativo del territorio. A través de la accesibilidad se pueden hacer diagnósticos que contengan a la vez la información que afecta a la ordenación del territorio y a la movilidad. En el presente estudio se elabora un modelo para la evaluación de la accesibilidad del área funcional de Valladolid, a través de información estadística y geográfica. Con los resultados obtenidos se aprecia una gran segregación en la accesibilidad de quienes tienen acceso a vehículo privado frente a quienes no, lo que define una zona central y una zona periférica fuertemente diferenciadas por la movilidad que pueden tener.

Palabras clave: movilidad, accesibilidad, ordenación del territorio, Valladolid, transporte, huella ecológica

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. MOVILIDAD Y TERRITORIO.....	8
2.1. LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ACTIVIDADES	8
2.2. MOVILIDAD, ACCESIBILIDAD Y TRANSPORTE	12
2.3. EL METABOLISMO COMO HERRAMIENTA ANALÍTICA.....	21
2.4. PROBLEMÁTICA DE LA MOVILIDAD EN EL ENTORNO URBANO	24
3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA FUNCIONAL DE VALLADOLID	33
3.1. INTRODUCCIÓN: LA MANCOMUNIDAD DE INTERÉS GENERAL DE VALLADOLID Y SU ALFOZ	33
3.2. FONDOS NATURALES: ENTORNO NATURAL Y BIOCAPACIDAD	35
3.3. ACTIVIDAD HUMANA EN EL ÁREA	39
3.3.1. <i>Flujos y fondos demográficos.....</i>	<i>39</i>
3.3.2. <i>Actividad económica</i>	<i>45</i>
3.3.3. <i>Infraestructuras de transporte y distribución.....</i>	<i>47</i>
3.3.4. <i>Flujos de energía y materiales asociados a la actividad humana.....</i>	<i>49</i>
3.4. SÍNTESIS DE INFORMACIÓN: HUELLA ECOLÓGICA DEL ÁREA.....	53
3.5. ESTADO DE LA MOVILIDAD.....	54
4. METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL MODELO.....	58
5. APLICACIÓN DEL MODELO SOBRE EL ÁREA FUNCIONAL DE VALLADOLID. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	64
5.1. APLICACIÓN DEL MODELO	64
5.1.1. <i>La zonificación del ámbito de estudio.....</i>	<i>65</i>
5.1.2. <i>Información de de usos de suelo.....</i>	<i>68</i>
5.1.3. <i>Información del sistema de transporte</i>	<i>69</i>
5.2. EVALUACIÓN DEL MODELO – ESCENARIO 0	72
5.3. EVALUACIÓN DE OTROS ESCENARIOS:	76
5.3.1. <i>Escenario 1: evaluación del impacto en la accesibilidad en la MIG de la implantación de un sistema de cercanías</i>	<i>76</i>
5.3.1.1. <i>Implementación en el modelo</i>	<i>78</i>
5.3.1.2. <i>Resultados de la evaluación</i>	<i>80</i>

5.3.2. Escenario 2: evaluación del impacto en la accesibilidad en la MIG de los proyectos de ampliación de la VA30 y desdoble de la A62.....	83
5.3.2.1. Implementación en el modelo	84
5.3.2.2. Resultados de la evaluación	86
5.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	88
5.4.1. Contraste de resultados del modelo con fuentes de datos.....	88
5.4.2. Evaluación de los resultados de los distintos escenarios.....	89
5.4.3. Prospección de impactos de los distintos escenarios	94
5.4.4. Comentarios para una mejor cohesión de la sociedad y su entorno en el Área Funcional de Valladolid	100
6. CONCLUSIONES.....	102
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
8. ANEXOS.....	109
8.1. DATOS DE REPARTO MODAL – ÁREAS URBANAS FUNCIONALES ...	109
8.2. DATOS DE REPARTO MODAL – TERMINOS MUNICIPALES CIUDADES	
111	
8.3. ANEXO METODOLÓGICO Y FUENTES ESTADÍSTICAS.....	115
8.4. RESULTADOS ESCENARIO 0.....	135
8.5. RESULTADOS ESCENARIO 1	137
8.6. RESULTADOS ESCENARIO 2.....	139

1. INTRODUCCIÓN

La preocupación por el impacto ambiental de las actividades humanas es uno de los principales aspectos de controversia política y social en la actualidad. El conocimiento adquirido en las últimas décadas junto con algunas preocupantes manifestaciones de procesos de degradación ambiental ha hecho que la valoración de los efectos que las acciones humanas tienen en la biosfera haya llegado a tener la relevancia actual. El grado de consenso alcanzado en el diagnóstico del cambio climático antropogénico es una excelente muestra tanto de la gravedad de las problemáticas existentes como del grado de conocimiento disponible sobre las mismas (IPCC, 2014).

Esta preocupación ha venido a conjugarse con otras problemáticas de índole social y económica existentes: pobreza, desigualdad, subdesarrollo... Lo cierto es que la intersección entre problemáticas económicas, sociales y ambientales que se perfilan en la actualidad supone un reto que puede llegar a transformar nuestra civilización de manera radical (Fernández y González, 2018). A la vez, esta conjunción de retos es un fértil terreno de propuestas que pretenden, con mayor o menor acierto, afrontar la situación (Santiago y Tejero, 2019). Tanto los análisis como las propuestas abordan la problemática de la movilidad, la ciudad y la relación entre ambos fenómenos. Este será el campo de estudio de este trabajo.

Por un lado, la ciudad como fenómeno territorial es un elemento que demuestra la importancia de tener en cuenta la dimensión ambiental en la toma de decisiones, especialmente cuando la mayoría de la población mundial se concentra en ciudades –en los países desarrollados, el 80% de la población- (Grimm et al., 2008). La evolución de las ciudades a lo largo de la historia ha sufrido una gran salto con la industrialización, y una de las principales manifestaciones de ese salto es el gran cambio que ha sufrido la movilidad personal (Mumford, 2014). La nueva estructura de las ciudades, su aumento de tamaño y las características internas de las sociedades industriales han obligado a las personas a desplazarse a diario, configurando lo que hoy entendemos como movilidad.

De este modo, la movilidad es un aspecto que se ha vuelto central en el modo de vida de las sociedades urbanas. La movilidad puede ser un aspecto de mejora y aumento de la calidad de vida, permitiendo más diversidad de elección sin grandes esfuerzos, o de degradación de la calidad de vida, al obligar a destinar grandes

cantidades de recursos en desplazamientos obligatorios (Banco Mundial, 2009). A otra escala, la movilidad condiciona el desarrollo de los asentamientos, la localización de actividades y el desarrollo económico y social de las ciudades (Fuerst y Wegener, 2004). A una escala superior, la movilidad supone unos consumos de materiales y energía que comprometen la continuidad en el tiempo de nuestras sociedades (Capellán et al., 2014), además de inducir en la biosfera cambios que, en el mejor de los casos, tienen efectos imprevisibles (IPCC, 2014). Por ello, abordar los problemas asociados a la movilidad no suele permitir operaciones quirúrgicas precisas y sin complicaciones, sino que, siguiendo con el símil médico, requiere de largos periodos de observación, diagnóstico y tratamiento.

A su vez, la movilidad está condicionada por muchos aspectos diferentes de la vida urbana, algunos de índole personal y otros que son estructurales de la sociedad (De Witte et al., 2013). Uno de esos aspectos estructurales es la configuración del territorio, especialmente en las ciudades. La relación entre movilidad y territorio reviste de gran complejidad, por lo que es objeto de estudio por parte de numerosas disciplinas, las cuales demuestran la existencia de algunos patrones entre la movilidad y la estructura del territorio –especialmente el urbano- pero también la gran casuística que existe (Kenworthy y Laube, 1999; Kennedy et al., 2015).

Así pues, el presente trabajo aborda el estudio del sistema movilidad-territorio¹ sirviéndose del concepto de accesibilidad. A diferencia de la movilidad, entendida como la realización de los desplazamientos, la accesibilidad es un atributo del territorio y da cuenta de las posibilidades existentes para la realización de dichos desplazamientos. De esta forma, la accesibilidad permite caracterizar un territorio según las posibilidades que ofrece de alcanzar los lugares en los que sus habitantes pueden satisfacer sus necesidades (Estevan y Sanz, 1996).

El **objetivo** de este trabajo es obtener el diagnóstico del estado de la accesibilidad de un territorio, para lo cual se debe desarrollar un marco metodológico que permita definir dicho atributo.

En los siguientes apartados se aborda la problemática de la movilidad y el territorio con la perspectiva que nace de la confluencia de tres disciplinas: la *economía espacial*, la *economía del transporte* y la *economía ecológica*. Posteriormente se

¹ Se utiliza el concepto de sistema para como conjunto de elementos interconectados de manera que producen su propio patrón de comportamiento (Meadows, 2008)

despliegan las herramientas teóricas que nos permiten evaluar el estado de la accesibilidad en un ámbito determinado. Como se discute en el trabajo, la accesibilidad será un atributo relevante para comprender el estado de un territorio en varios aspectos claves para la economía espacial o para el análisis del metabolismo urbano. La accesibilidad sirve para evaluar la cohesión espacial y social del territorio así como las posibilidades de incidir en la movilidad con objetivos ambientales.

Como se justifica en los apartados posteriores, la problemática del binomio movilidad-territorio no permite soluciones universales, sino que hay que abordar la situación particular de cada territorio, para contemplar las diversas variables que intervienen: ordenación del territorio, sistema de transporte, características del territorio... Por ello, a continuación se realiza un estudio de la accesibilidad de un área determinada: el área funcional de Valladolid, recientemente constituida en la Mancomunidad de Interés General (MIG) Urbana de Valladolid y su Alfoz. Este ámbito nos permite abordar un área cohesionada y pequeña, pero con suficiente diversidad de ámbitos. Al incluir zonas urbanas y zonas rurales, esta área de estudio revelará la existencia de distintas accesibilidades para cada tipo de zona. El trabajo incluye una caracterización del ámbito inédita debido a la reciente constitución de la entidad administrativa.

El núcleo del trabajo descansa sobre la metodología de estudio de la accesibilidad en la zona, a través de información estadística y geográfica aplicada a la zona del estudio. Así, se desarrolla un modelo sustentado en el marco teórico que, mediante herramientas de cálculo digital, permite establecer un diagnóstico del grado de accesibilidad que presentan las distintas zonas del área del estudio. Con la misma metodología se evalúan dos posibles escenarios que alterarían el estado actual del área de estudio. Finalmente, con la información obtenida de las simulaciones de cada escenario se hace una evaluación del estado general de la accesibilidad en el área.

2. MOVILIDAD Y TERRITORIO

El siguiente capítulo recoge una aproximación al marco conceptual del estudio, abordando los elementos que aportan las distintas disciplinas. En un primer lugar se aborda la cuestión de la distribución en el espacio de las actividades. A continuación, se hace una revisión de los conceptos relacionados con la movilidad y el transporte que estarán presentes en este estudio. En tercer lugar, se incluye una revisión de las aportaciones del metabolismo urbano para este estudio. El capítulo concluye con un apartado en el que se muestra una visión general de las principales relaciones movilidad-territorio a través de datos reales.

2.1. LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ACTIVIDADES

Explicar la manera en la que las actividades humanas se reparten por el espacio es el campo de estudio de varias disciplinas como el *urbanismo*, la *geografía*, o la *economía espacial*. La distribución de actividades en el espacio configura territorios que con el paso del tiempo dan lugar a la Historia. Entre los principales fenómenos que deben abordarse en el estudio de esta distribución espacial de las actividades está el fenómeno urbano. Este fenómeno nace como contraposición a lo rural.

Desde el punto de vista de la *economía urbana* son varios los principios que explican la existencia de ciudades como centros de actividad económica concentrada que deriva en aglomeraciones de actos arraigados en el territorio: residencia, empleo, innovaciones...

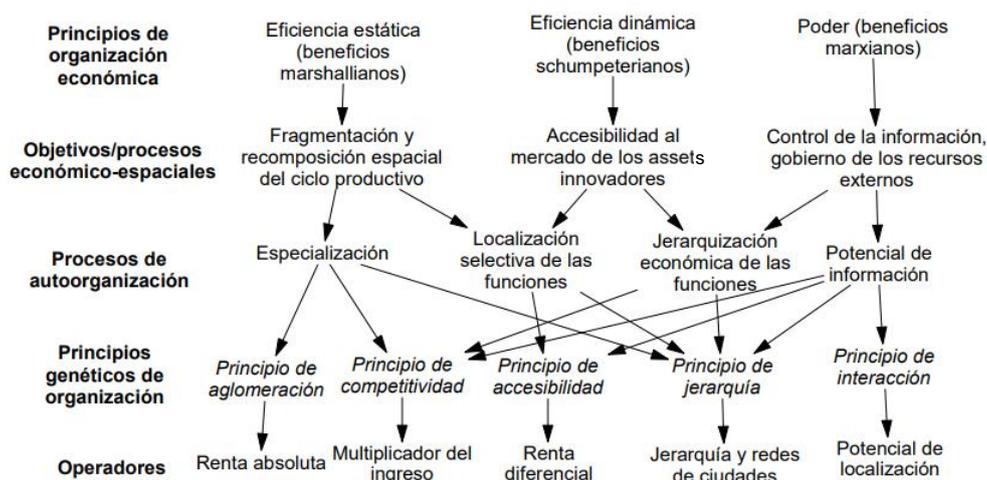


Figura 1. Principios, procesos y operadores que intervienen en las distintas teorías de la economía urbana. Fuente: Roberto Camagni (Camagni, 2005, p.20)

Roberto Camagni (2005) resume los principios organizadores que afectan a la configuración espacial de la economía desde distintas corrientes de pensamiento económico en la Figura 1.

A lo largo del estudio de las manifestaciones espaciales de la economía, la diferenciación entre territorios tiene distinto significado según el objeto de estudio. Los primeros análisis de economía espacial, formulados por Von Thünen en el siglo XIX, hacían un análisis de las diferentes localizaciones del sector primario en función de la distancia al mercado. Posteriormente surgen distintas teorías que explican la localización de las empresas de manera más amplia (Weber, Predöhl, Hotelling, Palander). Estas teorías explican el comportamiento de los agentes económicos respecto del espacio. No es hasta Lösch que no se plantea la cuestión de la región económica óptima, en la que los distintos agentes maximizan sus utilidades por la propia configuración del territorio. Si bien los desarrollos de Lösch no obtienen un modelo cerrado, sientan las bases para enfocar el estudio de la economía regional de manera que se puedan establecer análisis y políticas a escala territorial y no sólo para cada agente económico. Es a partir de este momento en el que la economía regional empieza a estudiar las relaciones entre territorios desde el punto de vista de su comportamiento económico, con notorias aplicaciones para la planificación y la política regional, como el modelo de Walter Isard de los complejos industriales. Posteriormente se despliega todo un campo de investigación que a partir de la mitad del s. XX aborda la cuestión de la economía espacial a distinta escala y con el principal

objeto de explicar e intervenir en las divergencias en los procesos de desarrollo regional (Polèse y Morollón Rubiera, 2009).

El análisis económico del territorio pone de relieve en sus contribuciones más recientes la existencia de una fuerte división del trabajo que conduce a una especialización productiva de los territorios (Sánchez González y Zofío Prieto, 2009). Según esta perspectiva, la genética del fenómeno urbano está en la combinación de diferentes procesos endógenos de especialización que requieren de una división espacial de las actividades, además de la movilidad espacial de los factores (Fujita y Thisse, 2009). De forma más general, la explicación de la *economía espacial* respecto al fenómeno urbano reside en la existencia de economías de aglomeración que emergen en determinadas actividades que se asientan en las zonas urbanas (Banco Mundial, 2009).

Una visión complementaria explica el fenómeno urbano como consecuencia de un cambio cultural que se generó con la aparición del poder en las sociedades humanas que aumentaron de tamaño. Según este punto de vista, las ciudades son básicamente sistemas “implosivos”², atractores de población, actividades y recursos que se deben a sistemas culturales previos que promueven esa concentración. Esta perspectiva se ha mantenido en el tiempo para quienes afirman que la mejor analogía que ajusta al funcionamiento de las ciudades es la de las estrellas.(Youn, Lobo, y Bettencourt, 2013, p.19)

Ambas perspectivas coinciden necesariamente en que son las actividades humanas las que mayor grado de concentración en torno a la ciudad manifiestan. Sin embargo, las actividades humanas no se localizan en un solo punto del espacio, por las incompatibilidades que existen entre algunas de ellas y por los procesos económicos derivados de la propia aglomeración que estudia la disciplina de la economía urbana. Es por ello que, a pesar de la dinámica implosiva del fenómeno urbano, la configuración espacial de las actividades adopta estructuras diversas condicionadas por aspectos como la propia orografía de los terrenos o la percepción que se tiene de las actividades. De esta manera la estructura urbana no es fruto del

² Lewis Mumford describe el origen del fenómeno urbano así “Como resultado inmediato de la nueva mitología del poder, la misma máquina había quedado inventada, [...] La ciudad fue el receptáculo que determinó esta implosión y que, a través de su misma forma, mantuvo unidas las nuevas fuerzas, intensificó sus reacciones internas y elevó en conjunto el nivel de realizaciones.”(Mumford, 2014, p.61)

azar, sino que es consecuencia de un complejo sistema de interacciones entre agentes sociales que operan en distintas escalas temporales y espaciales.

La distribución en el territorio de las actividades fuerza a quienes participan de dichas actividades a desplazarse para formar parte de ellas. La complejidad de las disciplinas que estudian este fenómeno está en que el binomio movilidad-territorio no tiene una relación unívoca, sino que coevoluciona en el tiempo. La existencia de relaciones bidireccionales eleva la complejidad del campo de estudio (Fuerst y Wegener, 2004).

La literatura recoge decenas (v. gr.: Kasraian et al., 2016) de modelos teóricos que sirven para estudiar y evaluar políticas de territorio, de transporte, de movilidad... Los modelos se clasifican según dos criterios (Acheampong y Silva, 2015):

- Nivel de agregación: según si se estudia el comportamiento agregado o particular de los agentes que intervienen.
- Nivel de complejidad: según la cantidad de retroalimentaciones y subsistemas que contemple el modelo interactuando entre sí.

Sin embargo, hay ciertos consensos sobre cómo funciona a nivel general la relación entre usos de suelo y sistema de transporte que se sintetizan en la Figura 2 (Kasraian et al., 2016).

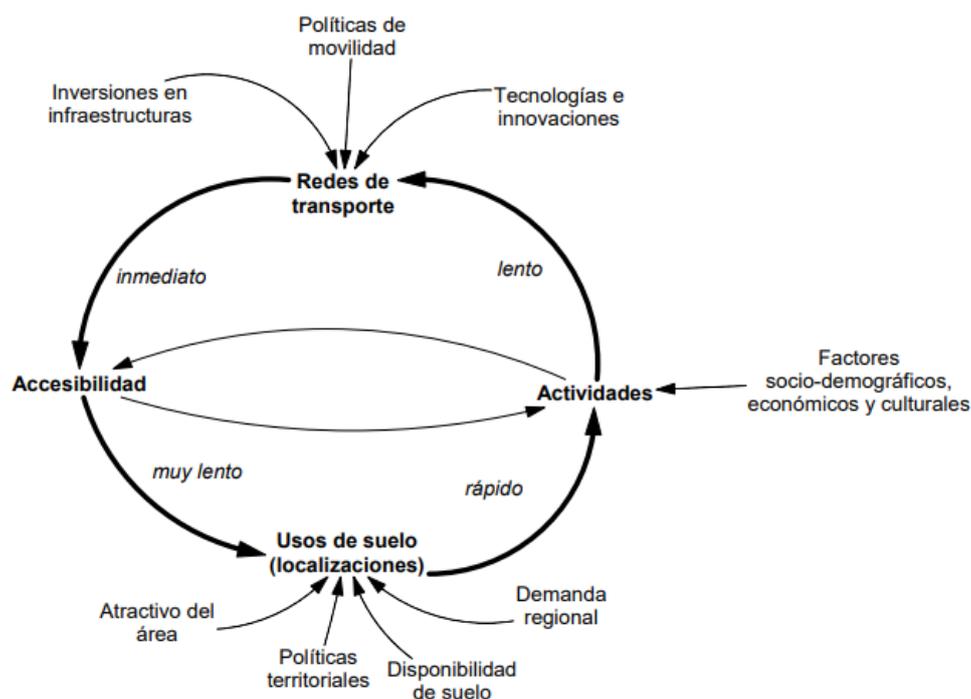


Figura 2. Principales relaciones entre elementos del territorio y movilidad. Fuente: adaptación de (Kasraian et al., 2016)

Estos consensos pasan por admitir la existencia de ese condicionamiento mutuo entre localización de usos de suelo, actividades, sistema de transporte y accesibilidad. También hay consenso en que hay factores externos que influyen de manera diferenciada en cada parte del sistema. Y por último hay consensos en la velocidad en que se producen las transiciones de cada elemento del sistema. Los matices están en la intensidad y los mecanismos mediante los cuales se trasladan los efectos entre elementos del sistema.

El resultado de la dinámica histórica de esta distribución de actividades es una *ordenación del territorio*³ en un momento dado. La distribución de actividades en el territorio en un momento dado es un proceso que relaciona varias dimensiones sociales en distintas escalas. Todos los agentes de una sociedad se ven afectados por la ordenación del territorio e interactúan en ese sistema. El sistema de usos de suelo no se configura única y unívocamente desde una instancia –por ejemplo, una administración-, sino que se produce de manera dinámica con la sociedad que habita ese territorio.

2.2. MOVILIDAD, ACCESIBILIDAD Y TRANSPORTE

El presente trabajo se sostiene sobre la distinción entre el concepto *accesibilidad* y el de *movilidad*. Hacer esa distinción permitirá analizar la situación de un territorio determinado desde el punto de vista de la accesibilidad.

La accesibilidad se entenderá aquí como la posibilidad de que se produzca una relación social en el espacio dado un territorio con sus características particulares. Esta concepción de accesibilidad es consistente con la definición utilizada en la *economía ecológica*⁴, la cual amplía y permite sistematizar la que se viene utilizando a nivel institucional.⁵ La principal manifestación de la accesibilidad es la movilidad,

³ En el presente trabajo se utiliza la formulación “ordenación del territorio” para aludir al sistema de usos de suelo, en sintonía con la Carta Europea de la Ordenación del Territorio, que la define como “... la expresión espacial de las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas de la sociedad” (Conferencia de Ministros europeos responsables de Ordenación del Territorio, 1983). Es necesario aclarar que no se está utilizando la definición legislativa de ordenación del territorio, que la entiende como una técnica de intervención pública sobre los usos de suelo.

⁴ “La accesibilidad es una noción o variable cualitativa que indica la facilidad con que los miembros de una comunidad pueden salvar la distancia que les separa de los lugares en que pueden hallar los medios de satisfacer sus necesidades o deseos” (Estevan y Sanz, 1996, p.43)

⁵ “Accesibilidad: expresa en qué medida un determinado sistema de transporte permite alcanzar el destino deseado en condiciones de seguridad, comodidad e igualdad de la forma más autónoma y rápida posible, y por otro, indica la mayor o menor dificultad de acceso a determinados colectivos

entendida como la realización de dichas relaciones sociales en el espacio mediante el desplazamiento de los actores. Como se ha visto, la movilidad se relaciona directamente con el sistema de transporte, como mecanismo que posibilita los desplazamientos que componen la movilidad y, previamente, que posibilitan la accesibilidad de las localizaciones.

Hay otros factores que determinan cómo es la accesibilidad de un territorio y estos pueden ser internos a la sociedad, como la ordenación del territorio o la organización social, o bien externos a la misma como pueden ser factores ambientales (condiciones climáticas, condiciones del terreno...), o externos al ámbito territorial (existencia de sistemas supraterritoriales que determinan la ordenación del territorio o el sistema de transporte). Estos conceptos se representan en la Figura 3.

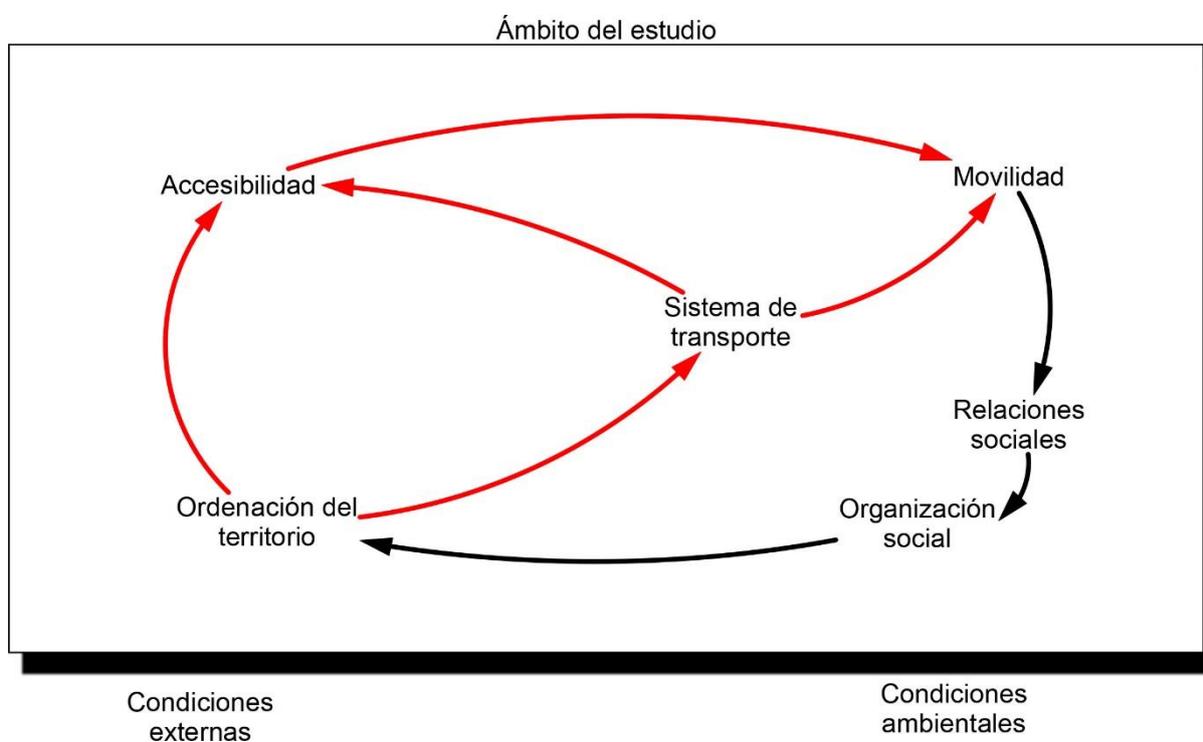


Figura 3. Marco conceptual del estudio. En rojo las relaciones que se abordan en este estudio. Dentro del ámbito del estudio, la accesibilidad está determinada por el sistema de transporte y la ordenación del territorio, que a su vez están condicionados y ambos se definen por la Organización Social que se dota de ambos sistemas. La accesibilidad y el sistema de transporte determinan la movilidad que se da, y la realización de esta movilidad condiciona la existencia de una u otra forma de organización social. Este proceso, que opera en distintas escalas temporales, está condicionado por las relaciones con el exterior y con las relaciones con la biosfera que soporta todos los procesos. Fuente: elaboración propia.

de usuarios (minusválidos, ancianos, etc.) al transporte público.” Definición de la Estrategia Española de Movilidad Sostenible (MMAMRM y MFOM, 2009; p.41)

La distinción entre ambos conceptos resulta crucial para abordar un estudio de la movilidad que pueda contemplar la totalidad de las relaciones espaciales y no sólo aquellas que consumen un determinado tipo de transporte. En este sentido A. Estevan y A. Sanz (Estevan y Sanz, 1996, p. 44) hacen una distinción pertinente entre dos concepciones contrapuestas de accesibilidad: aquella que considera accesibles las localizaciones a las que el sistema de transporte permite llegar, y aquella que considera accesibles las localizaciones cercanas. Esta contraposición pone de manifiesto la interrelación entre transporte, usos de suelo, accesibilidad y movilidad. La cercanía entre localizaciones permite que sean más accesibles para más modos de transporte, lo que permite una movilidad diferente (por ejemplo, peatonal, ciclista y viaria), mientras que la mera disposición de medios de transporte no constituye accesibilidad aunque si posibilite una determinada movilidad. Por ejemplo, dos localizaciones comunicadas sólo mediante ferrocarril son inaccesibles para quienes no lo utilizan, aunque si se permita la movilidad con este modo.

Esta distinción tiene de fondo la cuestión de la existencia de factores limitantes de la movilidad, que serían aquellas barreras que permiten distinguir entre localizaciones accesibles e inaccesibles.

Estos factores son distintos según la escala del análisis:

- *Escala micro*: los factores limitantes a escala individual de la accesibilidad son principalmente el tiempo consumido en el desplazamiento, pero hay otros factores que dificultan la realización de los desplazamientos para los particulares (riesgos reales o percibidos, capacitación, conocimiento...) Sin embargo, el principal limitante de la movilidad en la escala micro que se observa en la literatura sería “el presupuesto del tiempo”. El concepto de presupuesto de tiempo es una idea estudiada en profundidad en primer lugar por Jacob Zahavi (1979), ampliada por Cesare Marchetti (1994) y ampliamente extendida en el estudio de la movilidad (Barbosa et al., 2018). Conforme a los datos analizados por los autores, a lo largo de la historia la movilidad diaria ha consumido una hora al día de las personas. Esta invariante explica, según otro punto de vista, la dispersión urbana: al aumentar la velocidad disponible, mayores distancias han quedado dentro del presupuesto de tiempo, permitiendo a su vez un reajuste en los lugares

de residencia que están detrás de la dispersión en el territorio de la población.

- *Escala meso*: también existen factores limitantes que operan a escala colectiva haciendo inviable la accesibilidad en determinados casos en los que se dan desplazamientos de grupos de personas. La congestión sería el efecto limitante de la movilidad más intuitivo, porque se genera por un conjunto de desplazamientos colectivos y que afecta directamente al tiempo consumido en esos desplazamientos. Estos límites en la escala meso estarían relacionados con la configuración espacial del sistema de transporte en un sentido amplio: cercanía de los atractores, capacidad del sistema... (Louf y Barthelemy, 2014).
- *Escala macro*: a nivel macro, el despliegue de infraestructuras, tecnologías y sistemas de transporte está limitado por la disponibilidad de recursos: monetarios, espaciales, materiales, energéticos... Estas limitaciones ponen de manifiesto que la movilidad tiene costes asociados que la pueden hacer insostenible (Capellán et al., 2014).

En conjunto, estas limitaciones permiten explicar la diferencia entre accesibilidad y movilidad y la necesidad de estudiar los fenómenos por separado. La perspectiva que adopta este trabajo no asocia accesibilidad únicamente a la disposición del sistema de transporte, sino que tal y como se ha definido, expresa cómo la combinación de sistema de transporte y ordenación del territorio permiten o no la accesibilidad. A la vez, se pone de manifiesto el carácter cambiante de las limitaciones de la movilidad: todos los factores limitantes evolucionan con el tiempo, pero la escala temporal tampoco es la misma. Por ello hay localizaciones que cambian su accesibilidad de manera repentina (ausencia de congestión, disponibilidad de modos de transporte...), mientras que hay restricciones que aparecen o desaparecen en largos periodos de tiempo y de manera gradual (agotamiento de recursos, implementación de nuevas tecnologías...).

La accesibilidad nos permite estudiar conjuntamente para un territorio las posibilidades que ofrece la distribución de usos de suelo y la disposición del sistema de transporte. Esta información no debe traducirse automáticamente en comportamientos en la movilidad. La accesibilidad tal y como se está definiendo aquí sería un presupuesto previo a la posible movilidad, pero el comportamiento final está condicionado por muchos otros factores que se han estudiado desde distintas

disciplinas (ingeniería, economía, sociología...) (De Witte et al., 2013). Uno de los matices más importantes que media entre la accesibilidad y la movilidad sería la “apropiación”, un atributo que opera en la percepción subjetiva de las personas respecto del sistema de transporte, definiendo las preferencias que se eligen en los distintos modos de transporte sobre la base de las capacidades de cada persona. La accesibilidad influye en este atributo, pero la multiplicidad de factores existentes hace que no haya una conexión directa entre que una localización sea accesible mediante un modo de transporte y que se produzcan desplazamientos de esa manera.

La importancia de analizar la accesibilidad trasciende al mero hecho de permitir o no el movimiento de las personas, aspecto que se analiza mediante la movilidad. La accesibilidad tendría una importancia clave en la configuración de las ciudades y en última instancia, en el desarrollo de las sociedades. Esto es así porque la accesibilidad de una localización va a determinar la posibilidad de establecer enlaces sociales.

La formación de enlaces sociales es el mecanismo microtemporal y microespacial que soporta la formación de sociedades humanas (Pan et al., 2013). El estudio de estos enlaces sociales está derivando en una teoría que explica la formación de ciudades y sus características diferenciales (Bettencourt, 2013). La mayor densidad de determinados enlaces es lo que provoca una mayor productividad tanto económica como creativa y vivencial (Raschke et al., 2014), produciendo una aceleración en los tiempos históricos. La importancia de este enfoque está en que discrimina la mera aglomeración de la población, la densidad de residentes en un punto o la acumulación de empleos del fenómeno que verdaderamente produce que dicha aglomeración, densidad de población o acumulación económica tengan los efectos socio-económicos que tienen.

En consecuencia, el enfoque principal del estudio que aquí se expone tiene como trasfondo analizar la posibilidad de establecer enlaces sociales en un determinado ámbito espacial, para lo cual el concepto de accesibilidad es clave porque permite evaluar conjuntamente si la configuración espacial de las actividades –la ordenación del territorio- y el desplazamiento de los actores –la movilidad- favorecen o dificultan el despliegue de la sociedad.

Dentro del sistema movilidad-territorio hay un elemento central que es el sistema de transporte, que se ha mencionado en varias ocasiones. Es un elemento

central por dos motivos: el primero, por ser el factor que hace posible la movilidad y, el segundo, porque permite intervenciones directas sobre su configuración que tienen efectos inmediatos sobre la accesibilidad. Estos efectos se van trasladando al territorio con el tiempo. El sistema de transporte es, por tanto, un elemento con una naturaleza singular: es un sector económico en sí mismo, pero a la vez es un elemento estructurante a nivel físico de los territorios como ningún otro sector económico. La singularidad de sus características como sector económico hace que, además, su tratamiento sea muy particular.

El transporte como sistema se compone de elementos que interactúan y adquieren determinados atributos (Khisty y Lall, 1998). En el plano físico se compondría de los siguientes elementos:

- Enlaces: se refiere a todos los elementos que sirven de conexión.
- Vehículos: se refiere a todos los elementos móviles que tienen la función de transportar material.
- Terminales: se refiere a los elementos nodales de la red de transporte: aeropuertos, puertos, aparcamientos, peajes...
- Trabajo y mantenimiento: se refiere al elemento dinámico que conecta el resto de elementos en el plano físico. Aglutina todas las actividades humanas que hacen funcionar el sistema de transporte.

Por otro lado, el sistema de transporte se caracteriza por 3 atributos:

- Ubicuidad: la capacidad del modo o medio de llegar a cualquier lugar. En este aspecto tiene gran importancia la capilaridad del modo, esto es, la distribución en el territorio de los enlaces y terminales.
- Movilidad: la capacidad del modo o medio de mover a personas o materiales en un tiempo determinado.
- Eficiencia: la capacidad del modo o medio de conseguir una movilidad con el mínimo gasto en trabajo y mantenimiento.

En nuestro caso el sistema de transporte se compone de varias redes en función de la infraestructura, el vehículo, la función y la escala a la que opera, como se recoge en el diagrama de Abell que se representa en la Figura 4.

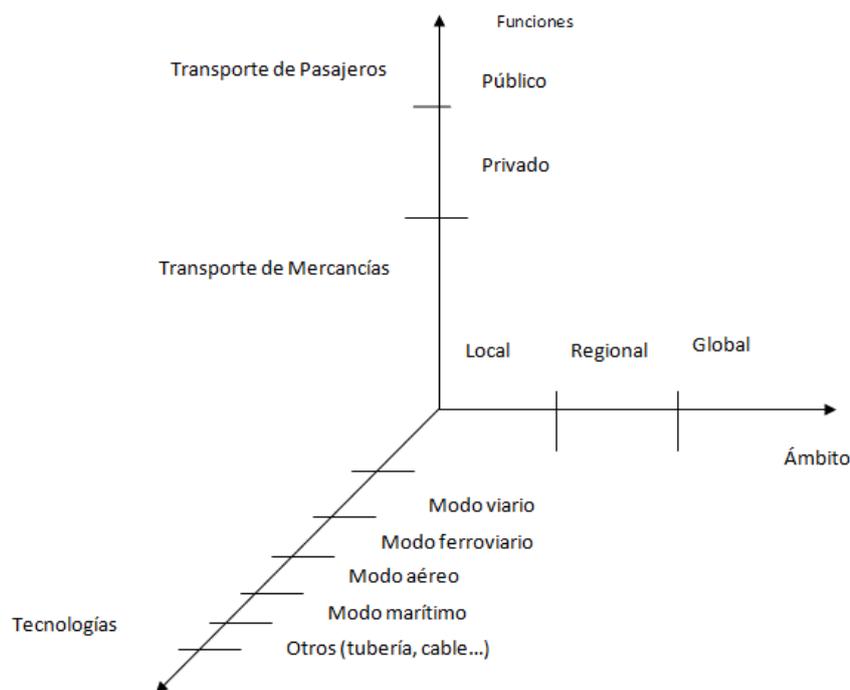


Figura 4. Diagrama de Abell de características del sistema de transporte. Fuente: adaptación de (Ortega, Jalón, Ángel, y Menéndez, 2014)

El sistema de transporte se compone de infraestructuras físicas, vehículos móviles, trabajos y hábitos que se interrelacionan para soportar las necesidades de movilidad. La variedad de los elementos que operan en el sistema de transporte hacen complejo abordar modelos que capturen todas las operaciones que dan lugar a la actividad del transporte.

Sin embargo, la escala temporal permite discriminar aquellos elementos del sistema de transporte que son más plásticos y aquellos que son más rígidos. De esta forma, por contraponer dos ejemplos, la instalación de infraestructuras de gran capacidad es una decisión que afecta a una gran escala temporal, espacial y social; mientras que la elección individual entre modos de transporte o de distintas rutas tiene una escala menor. El diseño de los elementos que afectan a una mayor escala tiene un mayor peso en la definición del sistema de transporte, dado que condicionan la configuración de las opciones de las escalas menores.

Dentro de esta combinación de modos y medios, es muy pertinente subrayar la existencia de un modo de transporte dominante y que tiene un peso determinante en el sistema movilidad-territorio: el modo viario, utilizado con vehículos automóviles de distinto tipo y para distintas funciones, se ha impuesto a lo largo del siglo XX como hegemónico en el sistema de transporte a escala local y regional.

Este modo de transporte tiene efectos notables sobre el resto del sistema territorial y en particular sobre la distribución de actividades, los usos de suelo y la accesibilidad global del sistema. El efecto de la introducción masiva de vehículos automóviles, especialmente para el transporte privado de viajeros, es ampliamente conocido en la literatura por generar dispersión en el territorio de usos y actividades, contribuyendo a modelos de ordenación del territorio difuminados y organizados en torno a las infraestructuras físicas de este modo de transporte: viarios, aparcamientos, estaciones de servicio, etc. Este efecto se conoce como “ruedas viciosas del transporte” y se representa en la Figura 5.

Además, la configuración del sistema de transporte existente de manera hegemónica obliga a hacer una distinción tajante entre dos subsistemas del sistema de transporte: quienes tienen acceso a vehículos motorizados privados y quienes no. Esta distinción servirá para aproximarnos a la diferente apropiación que los distintos segmentos sociales hacen del sistema de transporte, capturando de manera simple las diferencias sociales que motivan ese distinto acceso (renta, edad, capacitación...).

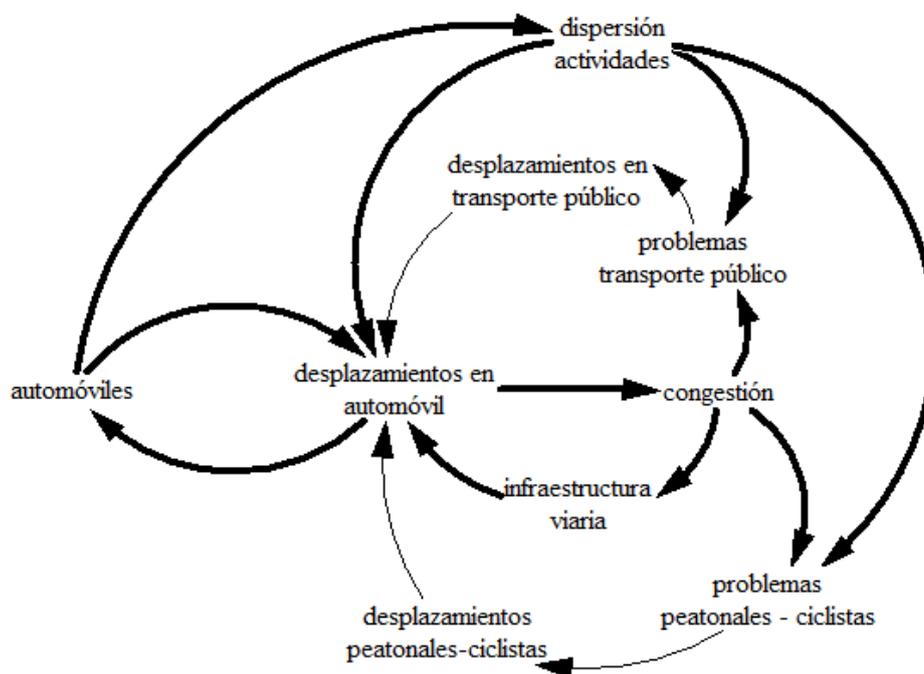


Figura 5. Ruedas viciosas del transporte. Flechas gruesas: favorece; flechas finas: perjudica. Fuente: adaptación de (Estevan y Sanz, 1996)⁶

⁶ Esta adaptación se publicó en Periódico Diagonal. Manzanera Benito, G. *La movilidad motorizada: una mala apuesta para el futuro*. 08.10.2015. <https://www.diagonalperiodico.net/global/28018-la-movilidad-motorizada-mala-apuesta-para-futuro.html>

El impacto social, económico y ambiental que tiene la movilidad es evidente, atendiendo a la relación que tiene con la propia manera de habitar de la población. Estos impactos se pueden cuantificar especialmente por la naturaleza física que tienen muchos de los procesos del sector del transporte.

Los impactos asociados al transporte podemos dividirlos -como es habitual en los análisis de esta materia- según sean impactos ambientales, sociales o económicos. El análisis más completo y detallado del sistema, dado que incluye información de todas las fases, modos e impactos se encuentra en el informe *Las Cuentas Ecológicas del Transporte en España* (Sanz et al., 2014). Como síntesis de los principales impactos cabe apuntar los siguientes:

- a. *Impactos ambientales.* El sistema de transporte es el principal emisor de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de la economía⁷, lo que es especialmente relevante debido a la imbricación que manifiesta con el resto de sectores. Para el año 2012 el sector del transporte, en todo su ciclo de vida emitió 91,1 millones de toneladas de CO₂ equivalente, de las cuales el modo viario supuso el 62,8 %. Si bien esta cantidad incluye las emisiones producidas por el transporte de mercancías, el transporte de personas fue el principal contribuyente, con el 65% de las emisiones (*ibid*).

Pero no es el único efecto ambiental que supone el sistema de transporte. La emisión de otros contaminantes, especialmente en entornos urbanos, afecta a la salud de millones de personas. La población española en 2012 estuvo expuesta masivamente a niveles de contaminación superiores a los recomendados por la OMS: el 16,9% de la población se expuso a un exceso de NO₂, el 75,7% a un exceso de PM₁₀, el 70,4% a un exceso de PM_{2,5} y un 81,9% a un exceso de ozono troposférico. También las emisiones de ruido debidas al transporte son insalubres para varios millones de personas (para el 66,6% de la población de 19 ciudades españolas en horario diurno y para el 27,7% en horario nocturno) (*ibid*).

⁷ Según datos del Inventario nacional de emisiones a la atmósfera, 26% del total de emisiones en 2017 con un aumento del 3% respecto 2016 según el inventario nacional de emisiones. Este inventario sólo incluye las emisiones directas, por lo que según la estimación de (Sanz et al., 2014) las emisiones totales son un 44% más.

La relación de afecciones es mayor, si bien las indicadas son las que más incidencia tienen en el ámbito urbano: el consumo de energía y materiales, consumo de suelo, generación de residuos industriales...

- b. *Impactos sociales*. El principal impacto social del sistema de transporte es su elevada accidentalidad, incluida su mortalidad asociada. El coste social de la mortalidad asociada al transporte es enorme, y esta se debe principalmente al transporte viario. El número de accidentes ha aumentado entre 2013 y 2017 (último año con datos de la Dirección General de Tráfico (DGT)⁸), después de un severo descenso desde 2008. Aún con todo, en 2017 se registraron 1.830 fallecidos por causa directa de accidente de circulación.

Además, hay otros efectos sociales de primer orden como es el impacto en la salud de las personas que tiene la contaminación atmosférica o los riesgos laborales asociados a las actividades del sector del transporte.

- c. *Impactos económicos*. El principal impacto económico que deriva del sector transporte es el volumen de empleo que genera. Especialmente el sector de la automoción es muy intensivo en mano de obra, lo que ha generado una hiperespecialización productiva en algunos territorios en torno a este sector.

2.3. EL METABOLISMO COMO HERRAMIENTA ANALÍTICA

Una vez reseñadas las aportaciones que desde la economía espacial y la economía del transporte permiten enmarcar teóricamente el análisis y resultados de este trabajo, queda reseñar algunas de las contribuciones que desde la *economía ecológica* pueden ayudar a ese mismo objetivo.

Conviene recordar que, para la economía ecológica, el sistema económico es un subsistema dentro de un sistema más amplio (el conjunto de la Biosfera) y, por tanto, su evolución está condicionada por las leyes que gobiernan ese sistema jerárquicamente superior (las leyes de la termodinámica y la ecología) (Costanza et al., 2015; Martínez Alier y Roca, 2013; Carpintero, 1999). Esto supone además una concepción abierta del sistema económico, que intercambia energía y materiales con el entorno y genera residuos que van a parar de nuevo a la naturaleza. De ahí que se

⁸ La fuente de los datos se puede consultar en: <http://www.dgt.es/es/explora/encifras/accidentes.shtml>.

pueda concebir el sistema económico a través de la analogía biológica del metabolismo.

En efecto, de la misma manera que los organismos vivos se abastecen de energía y alimentos para mantenerse con vida (permitiendo su desarrollo y reproducción), y generan desechos que van a parar al medio ambiente; una economía se comporta de una forma similar: capta recursos naturales (energía y materiales) de la naturaleza con los que produce bienes, servicios e infraestructuras y, como consecuencia de ello, emite residuos (sólidos, líquidos y gaseosos) que también van a parar finalmente a la naturaleza (Fischer-Kowlaski y Hüttler, 1999; Ayres y Ayres, 2002; Carpintero, 2005; González de Molina y Toledo, 2014).

A partir de aquí es factible utilizar la analogía del metabolismo económico a diferentes escalas geográficas (mundial, nacional, regional) y en las dos últimas décadas han aparecido varias aplicaciones empíricas en esos ámbitos (v.gr. Adriaanse, et al., 1997; Carpintero 2005; Krausmann et al., 2009; Haas et al, 2015; Gierlinger y Krausmann, 2012; Sastre, Carpintero y Lomas, 2015) a la vez que se ha venido realizando un trabajo notable para homogeneizar metodológicamente el cálculo de flujos de energía, materiales y residuos que recorren el funcionamiento del sistema económico. Como fruto de estos desarrollos teóricos y metodológicos existen varios indicadores y herramientas que servirán para cuantificar, comparar y sintetizar la información referente a la al metabolismo de los sistemas económicos⁹.

Del mismo modo que se puede aplicar al conjunto de la economía mundial, a países o a regiones, también es posible plantear el estudio del metabolismo a escala urbana. No en vano, el funcionamiento de la ciudad en términos físicos y económicos podría ser vista desde este punto de vista metabólico (Figura 6). Así lo ponían de relieve Kennedy et al., (2011, p. 1965), al referirse al metabolismo urbano como el “conjunto de procesos técnicos y socioeconómicos que se producen en las ciudades, resultado del crecimiento, la producción de energía y la eliminación de residuos”.

⁹ Así lo pone de manifiesto, desde comienzos del siglo XXI la publicación de diferentes manuales contables y metodológicos de varias agencias estadísticas y organismos internacionales (EUROSTAT, 2001, 2012; OCDE, 2008).

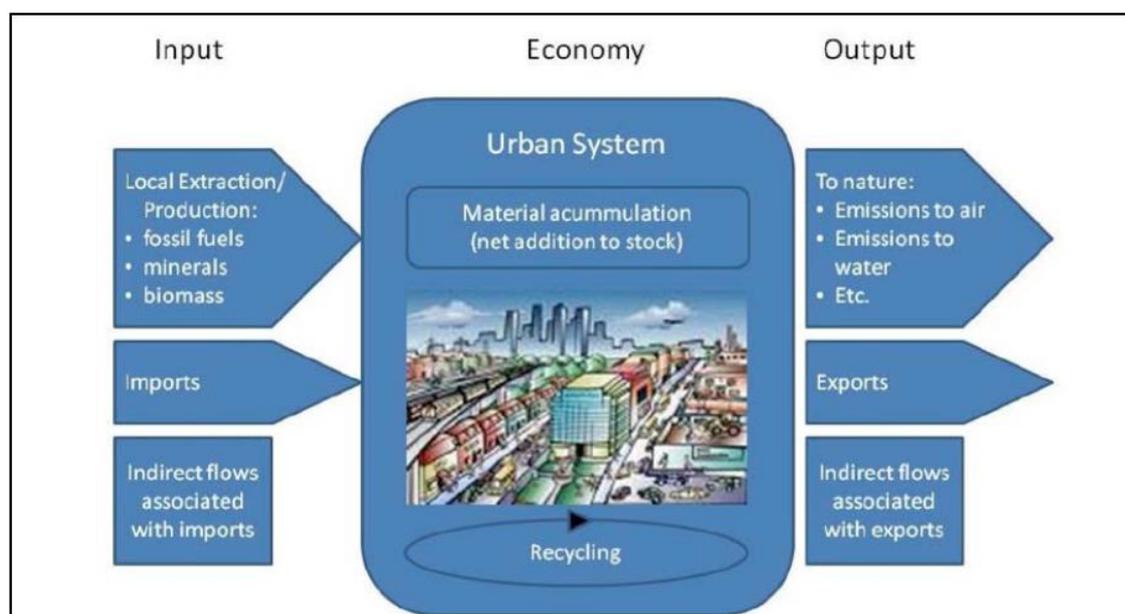


Figura 6. El metabolismo urbano. Fuente: Minx et al. (2011, p.8).

De hecho, desde la lejana propuesta de Wolman (cuyo trabajo data de 1965) para el estudio del metabolismo urbano como un ejercicio hipotético para calcular el metabolismo de una ciudad norteamericana promedio, los análisis sobre el metabolismo de las ciudades han experimentado una expansión notable desde la década de los setenta del siglo XX. Ahí están los casos, entre otros, de Bruselas, Hong Kong, Barcelona, Madrid, Sydney, Toronto, Hamburgo, Viena, Leipzig, París, Lisboa, Bangkok, o Xiamen, donde se han realizado estimaciones tanto desde el punto de vista de flujos físicos particulares (agua, energía, nutrientes, etc.), como del metabolismo urbano en general (para más detalles, véase la revisión que hacen Kennedy et al., 2011 y Zhang, 2013). En esta línea cabe destacar que, para el caso de la ciudad de Valladolid, existen dos precedentes a tener en cuenta. Por un lado el meritorio trabajo de Hueriga (2014), donde se realiza una primera aproximación al metabolismo de esta ciudad en términos de agua, energía y materiales desde finales del siglo XX y la primera década del siglo XXI. Y, por otra parte, también para Valladolid, y para el período 2004-2016, se ha realizado recientemente un análisis del metabolismo alimentario como diagnóstico previo a la aplicación de la Estrategia Alimentaria para el municipio (Carpintero y Lomas, 2017).

En síntesis, el cálculo del metabolismo urbano permite, así, estimar con mayor conocimiento de causa los impactos ambientales asociados a los modelos de producción y consumo urbanos, en los que las actividades de transporte, vivienda y

alimentación acarrear el grueso de los flujos, además de otros efectos como se representa en la Figura 7.

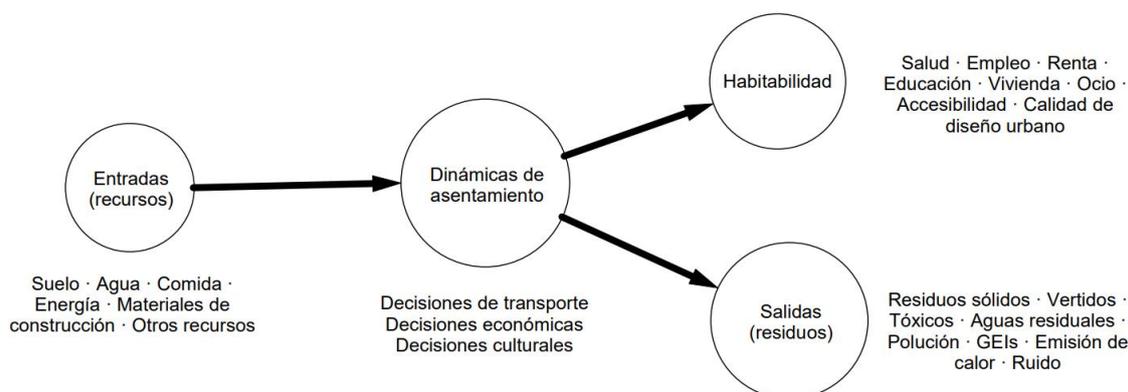


Figura 7. Modelo de Metabolismo Extendido. En él se contemplan los flujos materiales (entradas y salidas) que sostienen las dinámicas del asentamiento urbano y el producto de las mismas, que es la habitabilidad del mismo. En las dinámicas del asentamiento influyen las decisiones que afectan al modelo de ciudad. Fuente: adaptación de (Newman y Jennings, 2008)

De forma complementaria a las metodologías de cómputo de flujos materiales, se ha desarrollado el análisis de la huella ecológica como indicador capaz de sintetizar la información del metabolismo de un determinado territorio (Wackernagel y Rees, 1996; Global Footprint Network). La huella ecológica mide la superficie ecológicamente productiva que necesita la población de un territorio para satisfacer el consumo de productos y la absorción de residuos (dióxido de carbono) consecuencia de la quema de combustibles fósiles. Esa superficie puede encontrarse dentro de su territorio (lo que se conoce como biocapacidad), o puede estar ocupándose más allá de sus fronteras. Por tanto, la huella ecológica es un mecanismo útil para poner en relación no sólo el tamaño de un metabolismo sino también su “extralimitación”: un concepto clave en el campo de la economía ecológica que se utiliza para aquellas situaciones en las que una entidad está superando los límites ambientales de su entorno. En el caso del análisis territorial del metabolismo, la huella ecológica permite indicar el grado de extralimitación de un territorio al poner en comparación la capacidad ambiental del territorio con el uso que se hace del mismo.

2.4. PROBLEMÁTICA DE LA MOVILIDAD EN EL ENTORNO URBANO

Las distintas disciplinas que han abordado la cuestión de la movilidad, el territorio y el metabolismo social han permitido recabar una gran cantidad de información. Sin embargo, la complejidad de las áreas de estudio conduce a una multiplicidad de

situaciones en las que escasea las relaciones unívocas entre metabolismos, usos de suelo y movilidad.

La relación entre el fenómeno urbano y la movilidad está experimentando en la última década una aproximación novedosa, debido a la abundancia de datos existente y las posibilidades que permite tal caudal de información. Adoptando esta perspectiva, en la siguiente sección se analiza la semejanza y las relaciones principales existentes hoy en día entre las ciudades españolas y los patrones de movilidad que presentan. El objetivo de esta sección es analizar qué aspectos de las ciudades se asocian a qué patrones de movilidad, y si esta asociación se hace de manera unívoca o existen factores subyacentes que se pueden apuntar.

En 2013 aparece un trabajo (Bettencourt, 2013) que apunta a la existencia de unas leyes de escala generales que relacionarían para varias metrópolis globales varios aspectos de su configuración en relación con su tamaño de población. De esta forma se explica por qué el crecimiento de la ciudad supone un crecimiento superlineal de las relaciones económicas que se dan en la misma y a la vez un crecimiento sublineal de algunos costes asociados. El trabajo de L. Bettencourt es especialmente relevante al apuntar la importancia de la estructura interna de la ciudad como un aspecto determinante a optimizar entre el output social de una ciudad y los costes asociados a la misma. En suma, el sistema teórico planteado intenta responder a la pregunta ¿existe un tamaño óptimo para el sistema urbano?¹⁰

Este enfoque explica teóricamente el comportamiento metabólico de los sistemas urbanos respecto de su población (Kennedy et al., 2015), dando una explicación de conjunto al hecho de que las megaciudades aglomeran al 6,7% de la población mundial pero su PIB es el 14,6%, su consumo de hidrocarburos es el 9,9% y su generación de residuos el 3,0%. La investigación sobre estas leyes de escala ha derivado en varios trabajos que analizan la misma a otras escalas (Bettencourt y Lobo, 2016) también para buscar los defectos del planteamiento (Arcaute et al., 2015) y además ha ampliado la investigación a etapas premodernas (Ortman et al., 2014). De las distintas fuentes se puede deducir que aunque existe evidencia de patrones

¹⁰ Esta cuestión es trascendente en varios campos de estudio: geografía, economía espacial, ecología... Desde el punto de vista de la economía espacial, existen modelos teóricos que explican cómo teóricamente existe un punto óptimo entre las economías y las deseconomías que operan en la ciudad (Camagni, 2005, p.38). Desde el punto de vista de la ecología, existen muchos ensayos y estudios, así como una amplia controversia en torno a esta cuestión (Fanfani y Matarán Ruiz, 2018, pp.161-163).

de comportamiento ciertamente homogéneos en los distintos desarrollos urbanos en todo el mundo y en distintos sistemas sociales, hay condicionantes que alteran ese despliegue, como demuestra la particularidad del caso británico, afectado por un desarrollo urbano vinculado a una primera industrialización inédita en el mundo.

En lo que respecta a la movilidad, esta aproximación al fenómeno urbano tiene derivadas interesantes al permitir investigar la organización de los usos de suelo,(Lenormand et al., 2015) la formación de enlaces sociales (Pan et al., 2013) o la movilidad urbana (Sim et al., 2015) desde una perspectiva agregada que evalúe las distintas áreas urbanas como entidades sujetas a leyes que las obligan a comportarse de manera semejante. De esta forma, las particularidades históricas que han formado cada comunidad urbana quedan subsumidas en un marco general que mediante la proximidad, la densidad espacial y la disipación de energía definen el desarrollo del fenómeno urbano.

Adoptando los datos ofrecidos por el Instituto nacional de Estadística (INE) en el marco del estudio Urban Audit (INE, vv.aa) podemos aproximarnos a los datos de las zonas urbanas del Estado Español por dos vías: el análisis de las Áreas Urbanas Funcionales (AUF) y el análisis de las ciudades. Ambos enfoques tienen la limitación de adoptar marcos territoriales definidos administrativamente (en concreto municipios). La diversa configuración histórica de los municipios españoles hace que no sean homologables, existiendo términos municipales claramente inferiores al fenómeno urbano y otros términos extensos que incluyen áreas claramente rurales. Sin embargo se opta por esta fuente de datos por dos motivos:

- Las AUF diseñadas por el INE recogen sistemas territoriales articulados en torno a una ciudad o un área metropolitana, por lo que sus resultados son más fiables que los de los municipios por separado. El INE define 45 AUF cuyos datos están completos para el propósito de esta aproximación (Ver tabla del anexo 8.1).
- Las ciudades que estudia el INE son una selección de 126 ciudades, a nivel de término municipal, entre cuya información hay suficientes datos para determinar la superficie efectivamente ocupada por la ciudad. Con esos datos obtenemos una muestra de 109 ciudades (Ver tabla del anexo 8.2).

Con respecto a las AUF obtenemos los siguientes datos como promedio del periodo disponible (2010-2017). De entre los datos es inevitable constatar la enorme influencia de Madrid y Barcelona como grandes áreas urbanas, dejando todas las

demás en una categoría más homogénea, lo cual es consistente con la teoría de las leyes de escala urbanas. Al cruzar las distintas variables según los presupuestos clásicos de la investigación de la relación usos de suelo y movilidad (Kenworthy y Laube, 1999) encontramos las siguientes relaciones:

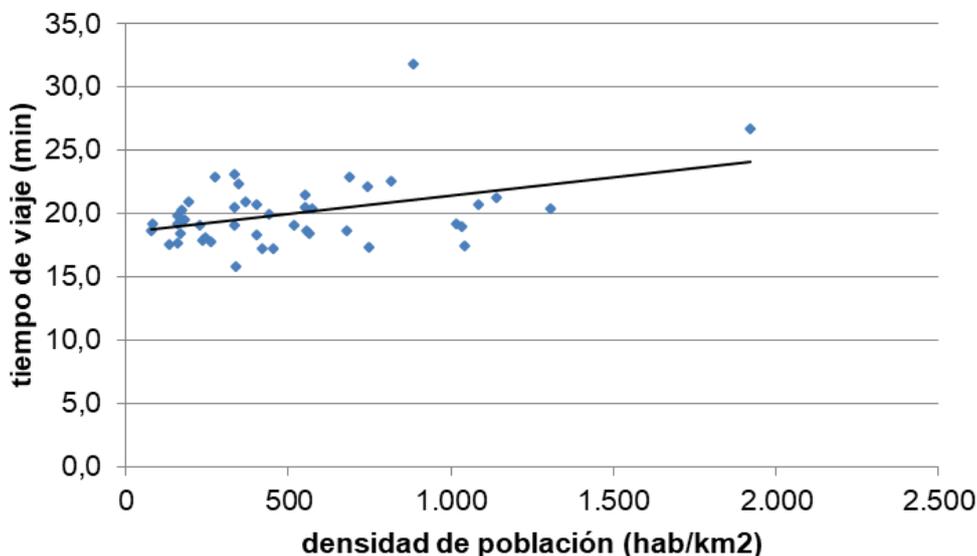


Figura 8. Relación entre densidad de población y tiempo medio de viaje en las AUF. Regresión lineal: $y=0.0029x+18,527$; $R^2= 0.1649$. Fuente: INE.

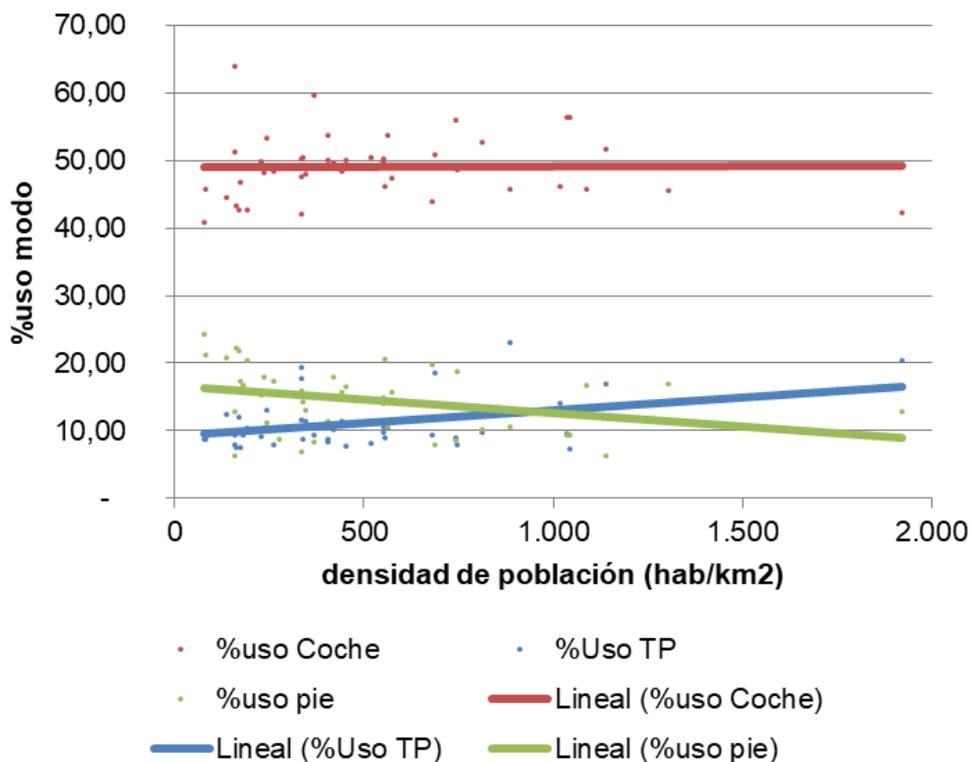


Figura 9. Relación entre densidad de población y % de uso de los modos coche, transporte público(TP) y peatonal (pie) en las AUF. Regresión lineal uso coche: $y=9 \cdot 10^{-5}x+49,043$; $R^2=5 \cdot 10^{-5}$. Regresión lineal uso pie: $y = -0,004x + 16,661$; $R^2 = 0,1098$. Regresión lineal uso TP: $y = 0,0038x + 9,2203$; $R^2 = 0,1509$. Fuente: INE.

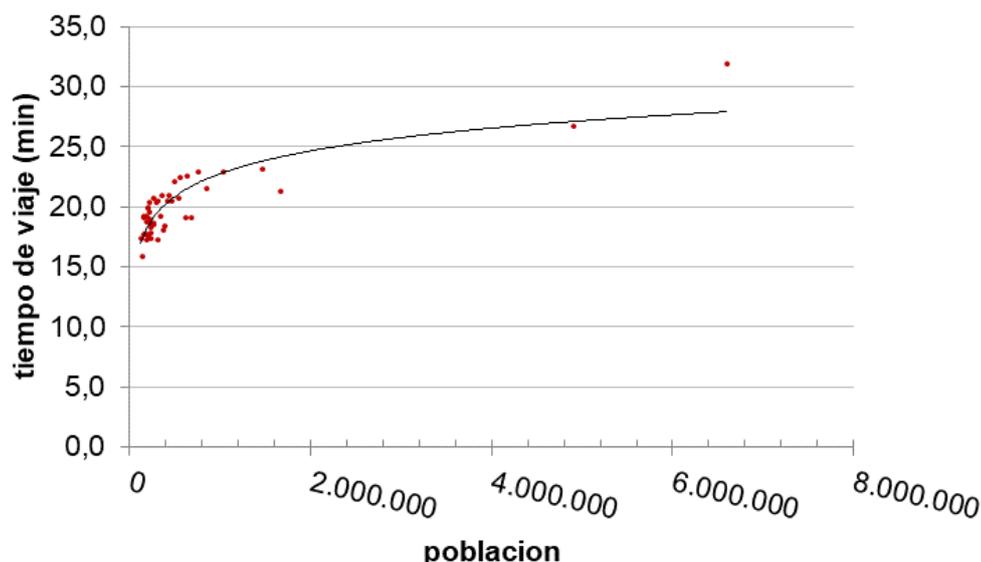


Figura 10. Relación entre tamaño de población y tiempo medio de viaje en las AUF. Regresión logarítmica: $y = 2,7261\ln(x) - 14,913$; $R^2 = 0,7412$. Fuente: INE.

Para las AUF, queda patente que hay una relación entre la densidad de población y el tiempo de transporte empleado. Esto es inconsistente con la idea de cercanía que se asocia inmediatamente al concepto de densidad de población, pero debe entenderse que una mayor densidad de población se presenta sobre todo en los municipios más grandes, más poblados y que el efecto de la cercanía queda eclipsado por los efectos propios del tamaño de la ciudad.

Esta intuición se confirma al relacionar el tamaño de la población y el tiempo de transporte, como en la *Figura 10*. Esta relación es mucho más fuerte que la observada para la densidad (*Figura 8*) e indica un crecimiento similar al que recogen los trabajos citados previamente (Bettencourt, 2013).

Además, es notorio que la densidad y la proporción de personas que van al trabajo en coche es independiente de la densidad. No así el uso de transporte público o de movilidad peatonal, lo que nos indica que conforme crece la densidad de población, el transporte público se hace más viable y sirve para suplantar los trayectos peatonales que se hacen en las áreas de menos densidad de población y, en realidad, de menos población (*Figura 9*).

Queda patente el enorme peso de Madrid y Barcelona en estas relaciones (Figura 10). Si bien su presencia tan solo refuerza las tendencias existentes entre las áreas de menor tamaño.

Si utilizamos los datos disponibles de las ciudades, en las que la muestra es mayor, las casuísticas más dispares y disponemos de la superficie de área realmente urbanizada, podemos obtener una densidad de población corregida más acorde a la realidad y que represente fehacientemente la aglomeración urbana, sin la distorsión que supone utilizar los términos municipales, como se utilizan en el caso de las AUF.

Es importante aquí señalar que las entidades que se toman como ciudades no son el objeto del modelo de las leyes de escala antes referidas. Este modelo adopta siempre unidades funcionales, para evitar la distorsión que supone analizar una unidad territorial urbana que funciona como una sola entidad de manera fragmentada en distintas ciudades.

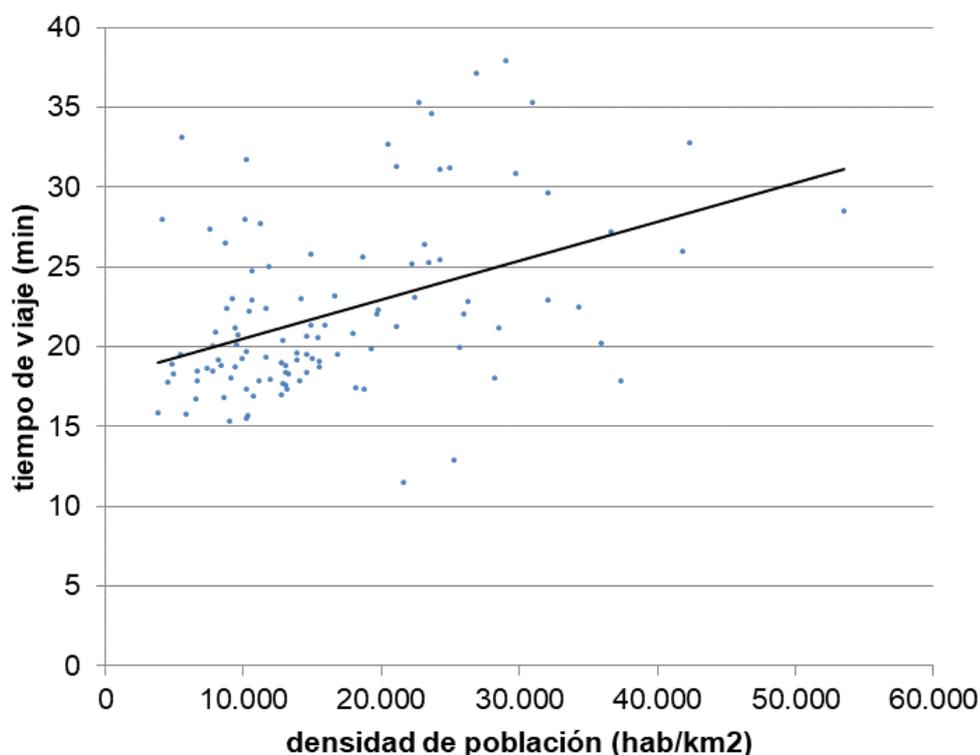


Figura 11. Relación entre densidad de población y tiempo medio de viaje en las ciudades. Regresión lineal: $y = 0,0002x + 18,083$; $R^2 = 0,1799$. Fuente: INE.

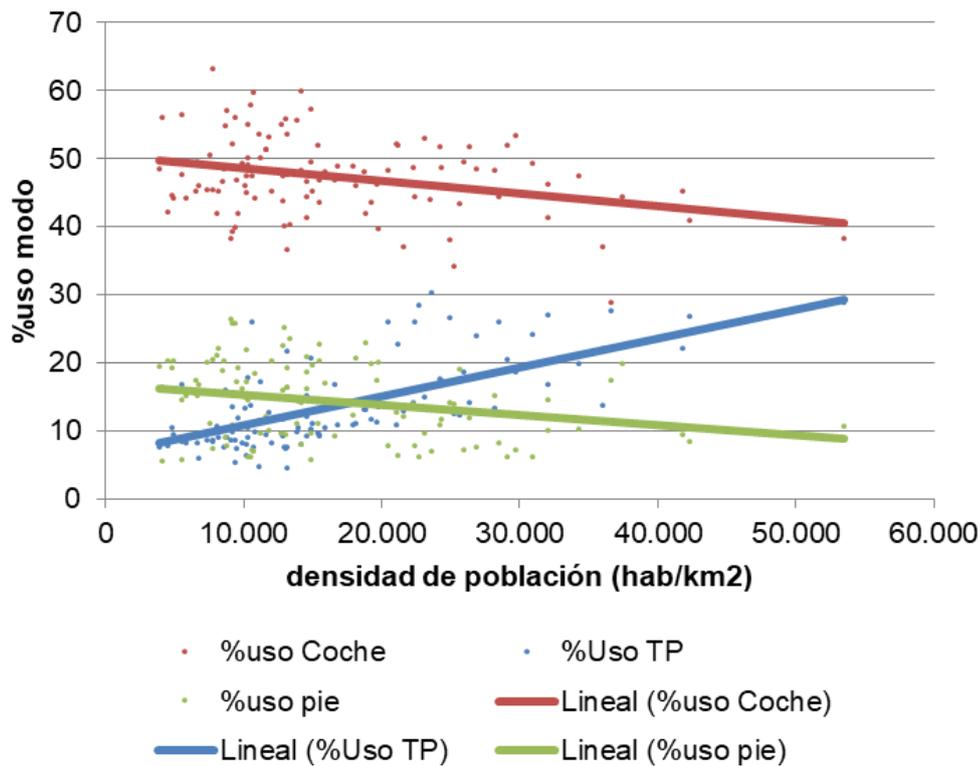


Figura 12. Relación entre densidad de población y % de uso de los modos coche, transporte público(TP) y peatonal (pie) en las ciudades. Regresión lineal uso coche: $y = -0,0002x + 50,45$; $R^2 = 0,0902$. Regresión lineal uso pie: $y = -0,0001x + 16,863$; $R^2 = 0,064$. Regresión lineal uso TP: $y = 0,0004x + 6,5434$; $R^2 = 0,4229$. Fuente: INE.

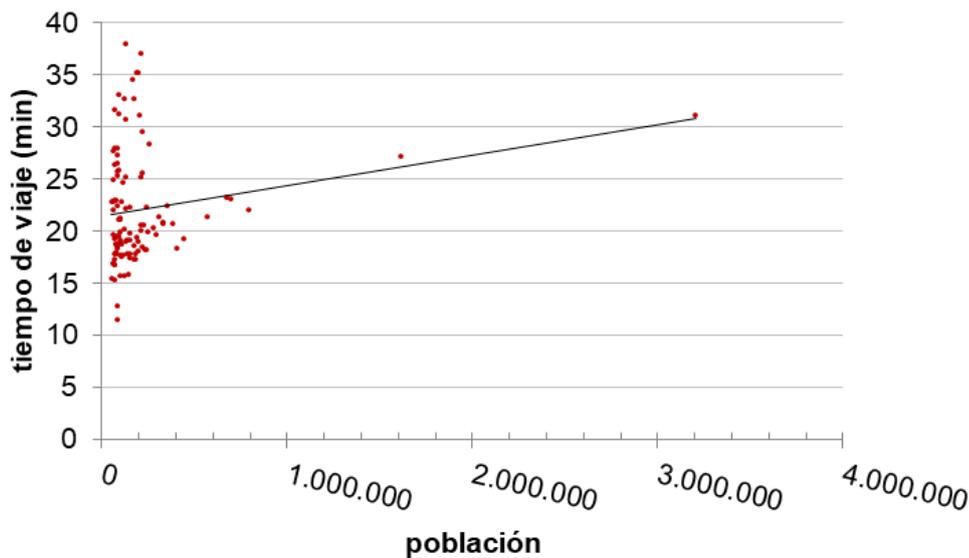


Figura 13. Relación entre tamaño de población y tiempo medio de viaje en las ciudades. Regresión lineal: $y = 3E-06x + 21,499$; $R^2 = 0,0348$. Fuente: INE.

La relación es manifiestamente débil entre la densidad de población y el resto de variables (Figuras 11 y 12). En el caso del uso del coche, aunque presentando una relación relativamente positiva, la dispersión de casos atenúa la relación (Figura 12). Destacan dos ciudades con densidades relativamente bajas como son el área de Toledo y de Valladolid que despuntan en torno al 60% de uso del coche, que serían los únicos casos de toda la muestra que confirmarían la intuición que se aprecia a nivel global en la bibliografía (Kenworthy y Laube, 1999). Los otros dos puntos que dan elevadas proporciones de uso del coche son Dos Hermanas y San Cristóbal de la Laguna, que serían ciudades insertas dentro de sistemas urbanos más grandes en las que hay un núcleo mayor (Sevilla y Santa Cruz de Tenerife, respectivamente). El comportamiento respecto el tamaño del núcleo de población muestra una relación mucho más débil que con las AUF (Figuras 10 y 13).

A este nivel podemos conocer la relación con el tipo de urbanismo, capturado por el indicador porcentaje de suelo urbanizado residencial y porcentaje de suelo urbanizado discontinuo en la *Figura 14*.

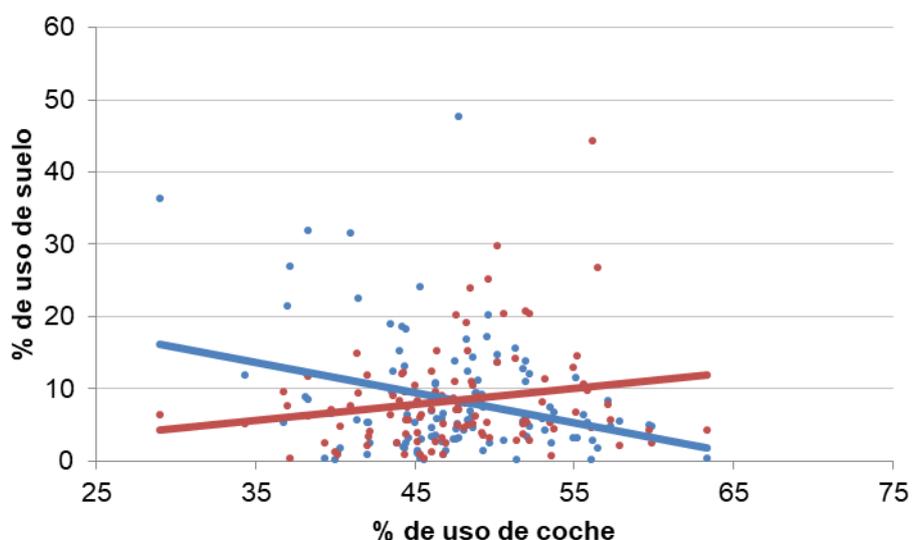


Figura 14. En Azul: Relación entre % de suelo urbanizado como residencial continuo frente a % de uso de coche. Regresión lineal: $y = -0,4158x + 28,148$; $R^2 = 0,0873$. En Rojo: Relación entre % de suelo urbanizado como residencial discontinuo frente a % de uso de coche. Regresión lineal: $y = 0,2216x - 2,0864$; $R^2 = 0,0355$. Fuente: INE.

En este caso se confirma la relación entre la densidad de población y el mayor tiempo en desplazamientos, pero sí que se aprecia una relación más consistente entre mayores densidades de población y menores usos del coche y del modo peatonal a favor del transporte público.

La relación confirma una cierta tendencia a un mayor uso del coche en urbanizaciones de tipo discontinua/dispersa, y un menor uso en las urbanizaciones continuas/compactas. Cabe señalar en todo caso la débil correlación existente, que se deduce principalmente por la existencia de casos extraños como Pozuelo de Alarcón en el caso de la proporción discontinua o Fuengirola en el caso de la proporción continua.

Como síntesis de lo observado en esta sección, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Existe una débil relación entre la densidad de población y la movilidad urbana, siendo mucho más fuerte la relación que se impone entre el tamaño de la población y la movilidad. Esto se explica por la existencia de umbrales que permiten la implantación de sistemas de transporte colectivo por un lado, y el aumento de las distancias recorridas para las poblaciones más grandes por otro.
- El tipo de urbanización sí tiene efecto sobre la movilidad, aunque a la escala del estudio la relación se manifiesta débil.
- En general, la existencia de configuraciones históricas y la homogeneidad de muchos de los casos (ciudades medianas capitales de provincia o comarca) hace que las relaciones se muestren de forma débil, afectadas por otras causas que explican el comportamiento interno de los patrones de movilidad.

En suma, la conclusión principal es que hay una gran heterogeneidad de situaciones a escala nacional entre distintos sistemas movilidad-territorio, lo que justifica la necesidad de abordar la problemática de manera pormenorizada para cada territorio, tal y como se hace para el área funcional de Valladolid.

3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA FUNCIONAL DE VALLADOLID

El siguiente capítulo aborda la definición del territorio objeto del análisis. Para ello, se realiza una caracterización que se inicia por una descripción de su estatus jurídico, seguido de las principales características del territorio. El capítulo concluye con una visión general de la movilidad.

3.1.INTRODUCCIÓN: LA MANCOMUNIDAD DE INTERÉS GENERAL DE VALLADOLID Y SU ALFOZ

El ámbito del estudio que se aborda en las siguientes secciones es el Área Funcional Estable (AFE) de Valladolid. Este área se define conforme a la legislación de ordenación del territorio de Castilla y León, competencia autonómica conforme a su Estatuto de Autonomía. La ley 10/1998, de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Castilla y León contempla la existencia de la figura de áreas funcionales estables. Posteriormente, los desarrollos normativos orientados a reformar la administración local en la etapa posterior a la reforma de la Constitución Española acometida en septiembre de 2011 e iniciados por la Ley 27/2013, de Racionalización y Sostenibilidad de la Administración local, impulsan la creación de figuras supramunicipales para reordenar la prestación de servicios locales.

Es en este marco en el que la Junta de Castilla y León adopta la perspectiva del gobierno central para la reforma de la administración local y promueve la aprobación de la Ley 7/2013, de Ordenación, Servicios y Gobierno del Territorio de la Comunidad de Castilla y León (LORSERGO). Esta ley incluye un articulado extenso que ordena la existencia de áreas funcionales y áreas funcionales estables¹¹, con el objetivo de definir posteriormente las Mancomunidades de Interés General (MIG) como la mancomunidad de municipios que cumplan determinados requisitos relacionados con el personal del que pueden disponer, además de las necesarias para ser consideradas de interés general. Esta figura nace como desarrollo de las previsiones ya contenidas en la Ley 1/1998, de Régimen Local de Castilla y León, que en su artículo 32 contemplaba la posibilidad de declarar mancomunidades de interés

¹¹ En su artículo 8, la ley dispone:” El área funcional estable es aquella integrada por la unidad básica de ordenación y servicios del territorio urbana y los municipios de su entorno o alfoz con los que mantiene relaciones funcionales que precisan una planificación conjunta.”

comunitario.¹² Esta misma ley contemplaba la creación de entidades metropolitanas para aquellos núcleos de población urbanos cuya vinculación lo justificara.

La concreción de las áreas funcionales estables se recoge por Decreto-Ley 2/2014, por el que se declaran las áreas funcionales estables de Castilla y León. Es en esta disposición en la que se recoge el área VA11 con los 25 municipios que la componen. Posteriormente, la convalidación del Decreto-Ley planteó modificaciones que terminaron con la aprobación de la Ley 9/2014, por la que se declaran las áreas funcionales estables de Castilla y León y se modifica la Ley 7/2013, de 27 de septiembre, de Ordenación, Servicios y Gobierno del Territorio de la Comunidad de Castilla y León.

El AFE de Valladolid amplía el área de los municipios asociados en la Asociación de Municipios Comunidad Urbana de Valladolid (CUVA)¹³. Con la aprobación de esta nueva ordenación del territorio y el desarrollo normativo generado en 2014 y 2015 para la formación de Mancomunidades de Interés General, en 2018 se inician los procesos para la formación de una MIG para el área de Valladolid.

La asamblea de concejales de los 25 municipios interesados en la creación de la MIG de Valladolid y su Alfoz del día 27.02.2019 aprobaron el Proyecto de Estatutos¹⁴, cuya ratificación se produjo en la asamblea del 23.04.2019, siendo aprobados por todos los municipios a excepción de Simancas, cuya incorporación se prevé.

Los citados estatutos contemplan numerosas áreas en las que la entidad puede desarrollar sus competencias, conforme a la regulación sobre régimen local a la que está sujeta y que se ha ido citando. Esas competencias incluyen apartados como el transporte público, la energía y sostenibilidad o el desarrollo industrial, agrario y el empleo. Este es el marco territorial de la evaluación que se presenta en el presente trabajo.

¹² Artículo 32.1. Ley 1/1998, de Régimen Local de Castilla y León, "Aquellas mancomunidades cuyo ámbito territorial concuerde sustancialmente con espacios de ordenación territorial para la prestación de servicios estatales, autonómicos o provinciales podrán ser declaradas de interés comunitario."

¹³ Fundación de CUVA en febrero de 2012

<https://www.valladolid.es/es/ayuntamiento/notas-prensa/ano-2012/febrero-2012/constituida-comunidad-urbana-valladolid-agrupa-capital-quin>

¹⁴ Publicado para información pública en el boletín Oficial de la Provincia de Valladolid de fecha 08.03.2019.

Ante la reciente creación de la entidad administrativa que da soporte institucional al ámbito, en la siguiente sección se realizará una caracterización del territorio basada en los niveles territoriales inferiores que la componen: los municipios.

3.2. FONDOS NATURALES: ENTORNO NATURAL Y BIOCAPACIDAD

El entorno natural en que se enmarca este conjunto de poblaciones está marcado por la existencia de ríos de primer orden en el sistema hidrológico peninsular: el Duero y el Pisuerga. La confluencia de ambos cauces en esta zona hace que sus respectivas riberas y los valles que se han formado alrededor sean entornos claramente diferenciados de los páramos que componen la otra cara geológica del área, especialmente al norte del Pisuerga (Figura 15).

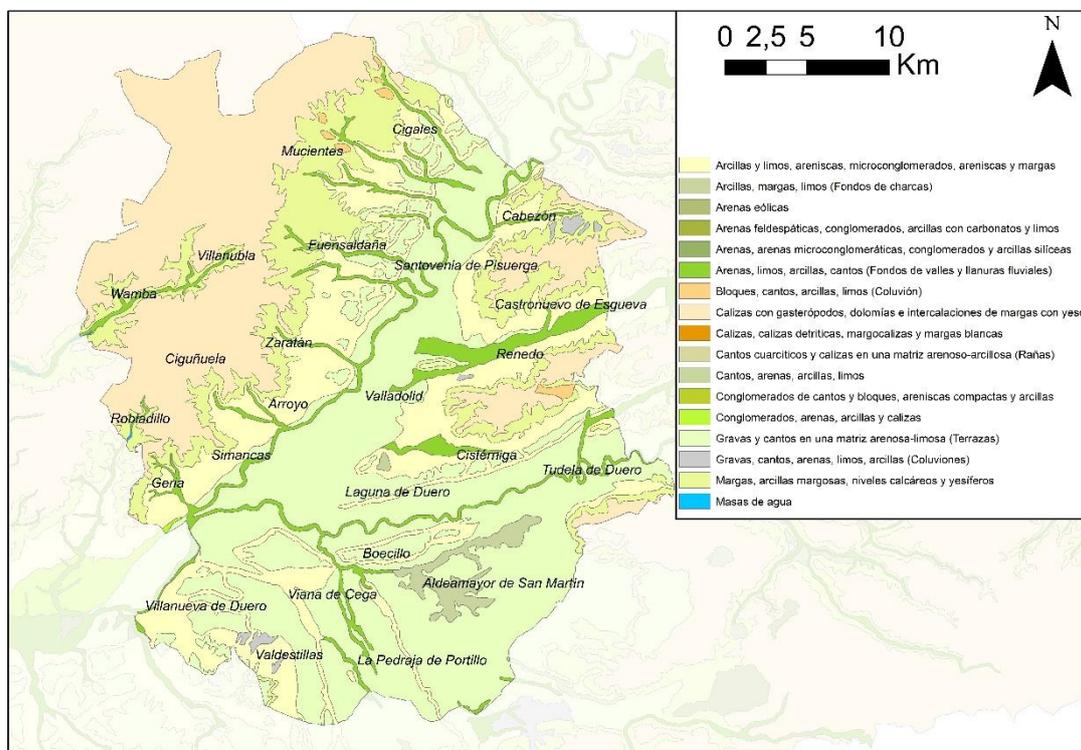


Figura 15. Mapa de suelos en la MIG Urbana de Valladolid y su Alfoz. Fuente: Elaboración propia con datos de IDECyL

La influencia humana sobre el entorno es muy marcada desde la antigüedad. Actualmente, la existencia de numerosos asentamientos humanos hace que la distribución de usos de suelo se explique principalmente por esta circunstancia, si bien hay grandes diferencias entre municipios (Figura 16).

Dentro de los usos de suelo, hay una mayoría destinada a usos agrarios: un 56,20 % de la superficie está destinada a cultivos de diferente tipo, entre los que destacan los 507 km² de cultivos herbáceos asociados a agricultura en secano y que

sólo ellos suponen el 49% de la superficie del área. Cabe destacar las amplias extensiones de pinares en la zona sur, cuya superficie asciende a 162 km², como se aprecia en la *Figura 17*.

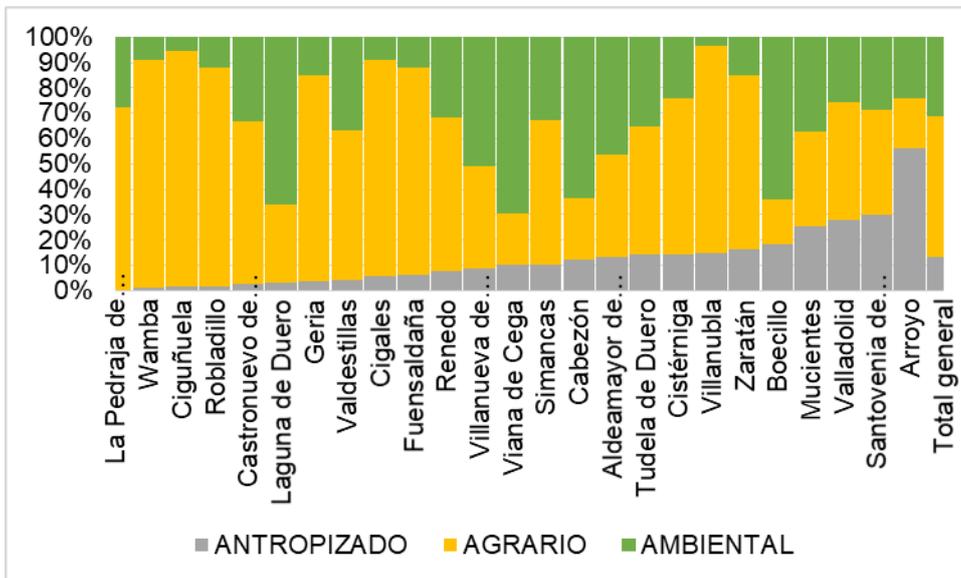


Figura 16. Distribución de usos de suelo en los municipios y en el conjunto de la MIG Urbana de Valladolid y su Alfoz. Se agrupan como antropizados los usos urbanos (residencial, industrial, extractiva...); como agrario los usos agroganaderos (cultivo, pasto) y como natural los suelos naturales (bosque, ladera, ribera, monte...). Fuente: Elaboración propia con datos de SIOSE 2014.

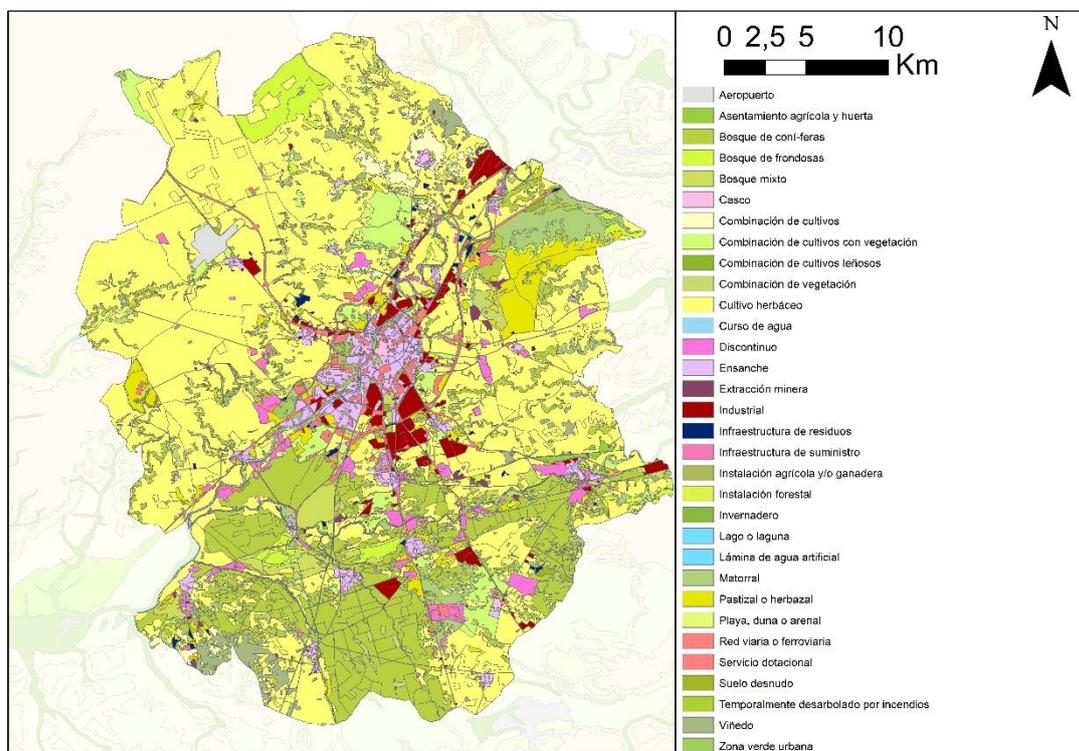


Figura 17. Mapa de usos de suelo en la MIG Urbana de Valladolid y su Alfoz. Fuente: Elaboración propia con datos de SIOSE 2014.

La zona del sur del Duero se caracteriza por la presencia de Pinares, lo que da lugar a algunas zonas de alto valor ecológico, sobre los que recae una figura de protección ambiental en el municipio de Aldeamayor de San Martín (*Figura 18*).

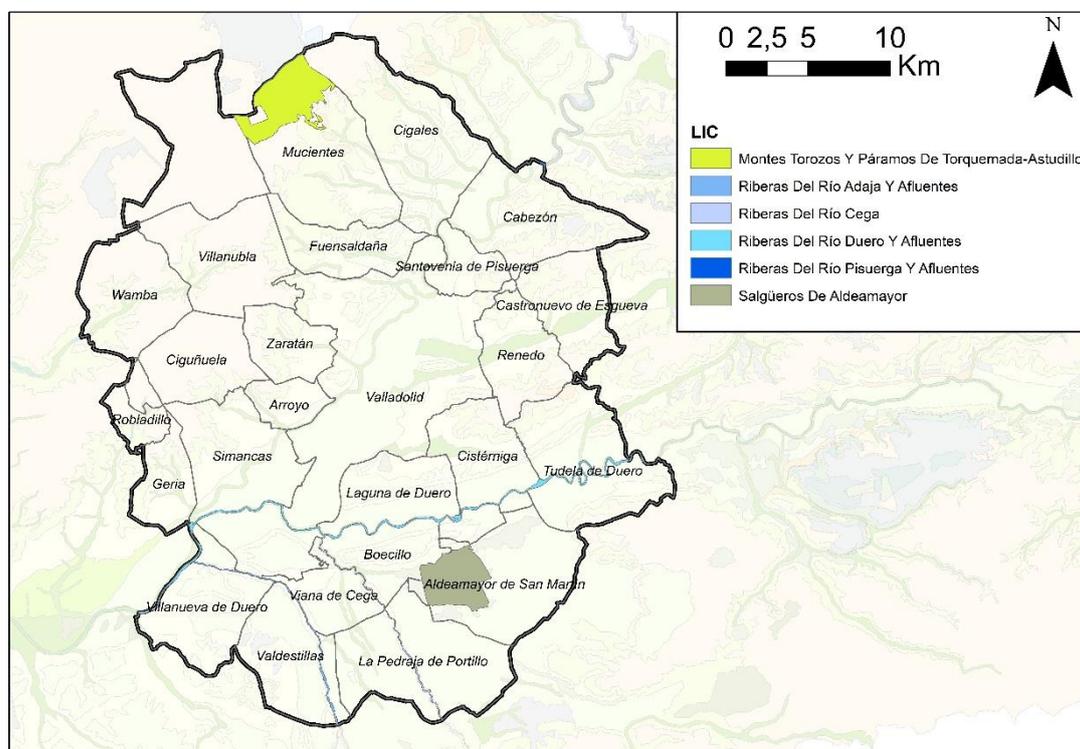


Figura 18 Mapa de zonas protegidas en la MIG Urbana de Valladolid y su Alfoz Fuente: Elaboración propia con datos de Confederación Hidrográfica del Duero.

En suma, el entorno de la MIG es una zona con amplias zonas naturales, pero minoritarias frente a los usos agrícolas y urbanos. Esto hace pensar que la biocapacidad propia del área sea, seguramente, insuficiente para soportar los impactos de las actividades que se desarrollan en el área.

Teniendo en cuenta la información de usos de suelo disponible (año 2014) y aplicando los factores de equivalencia utilizados por Global Footprint Network (MMAMRM, 2008, p.19) obtenemos la siguiente estimación de la biocapacidad del área. Con la población de ese año, el resultado son las hectáreas globales por habitante.

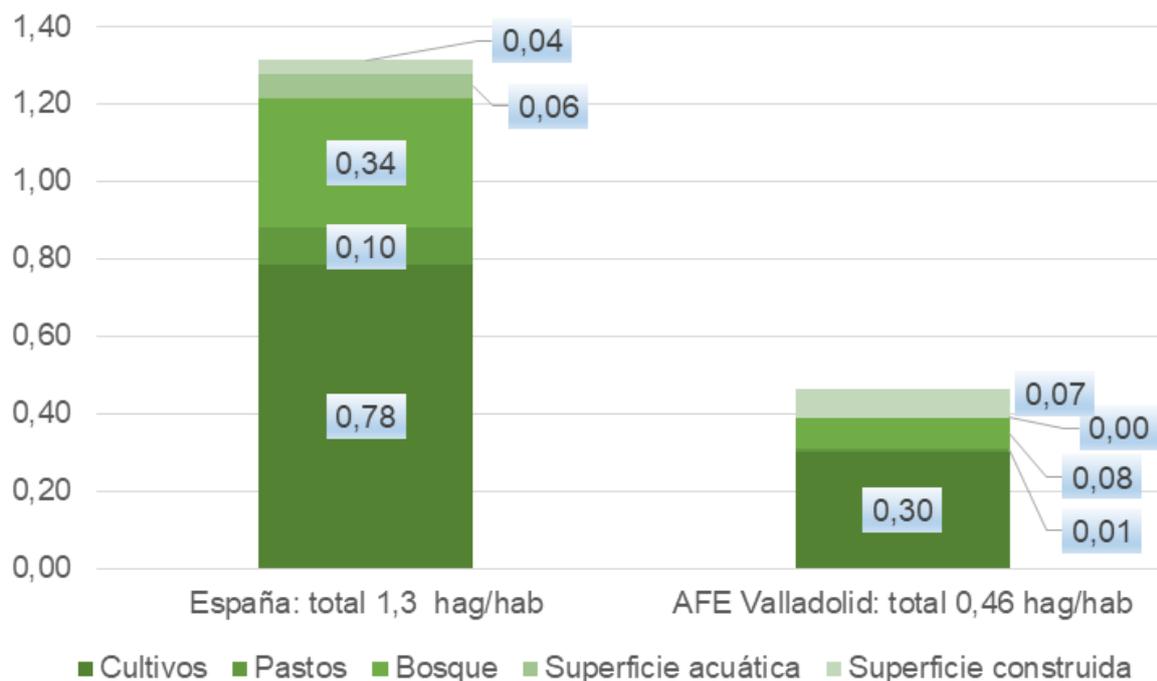


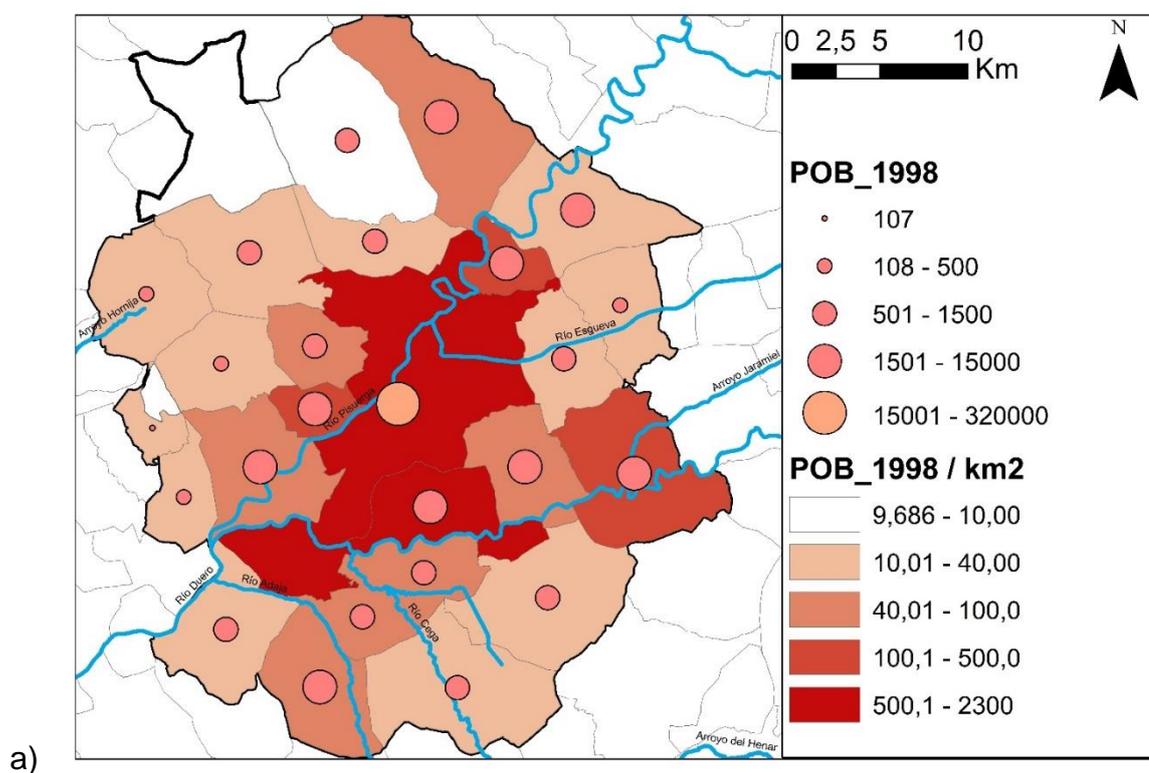
Figura 19. Biocapacidad de España (2014) y la MIG (2014). Fuente: Elaboración propia con datos de SIOSE 2014 y Global Footprint Network.

El resultado de 0,46 hectáreas globales por habitante que tenemos en el área de Valladolid indica que la biocapacidad por habitante es casi un tercio de la que presenta España en promedio (Figura 19). Esto debe entenderse por la diferente proporción entre territorio y población. España tiene mucha más extensión en relación a su población que la MIG, además de tener una composición diferente. La superficie española de bosque -cuya biocapacidad equivalente es superior- es mucho mayor en proporción que la que hay en la MIG, y en sentido contrario ocurre con el área urbanizada. Estos resultados son lógicos atendiendo a que la MIG tiene un territorio eminentemente urbano, lo que supone una mayor concentración de población por unidad de superficie.

3.3. ACTIVIDAD HUMANA EN EL ÁREA

3.3.1. Flujos y fondos demográficos

Dentro de la región, esta área aglutina la concentración más importante de población. La principal aglomeración se produce en torno a la ciudad de Valladolid (Figura 210), si bien durante los últimos años se ha ido produciendo una “dispersión”¹⁵ de la población en favor de otros municipios del área (Figura 21). De hecho, a nivel municipal, Valladolid ha perdido población durante los últimos 20 años, mientras que casi el resto de municipios inmediatamente colindantes la ha ganado.



¹⁵ Este fenómeno en la literatura se conoce como *urban sprawl*, y está asociado al fenómeno de dispersión de actividades provocado por el modo de transporte viario que se ha analizado en apartados anteriores.

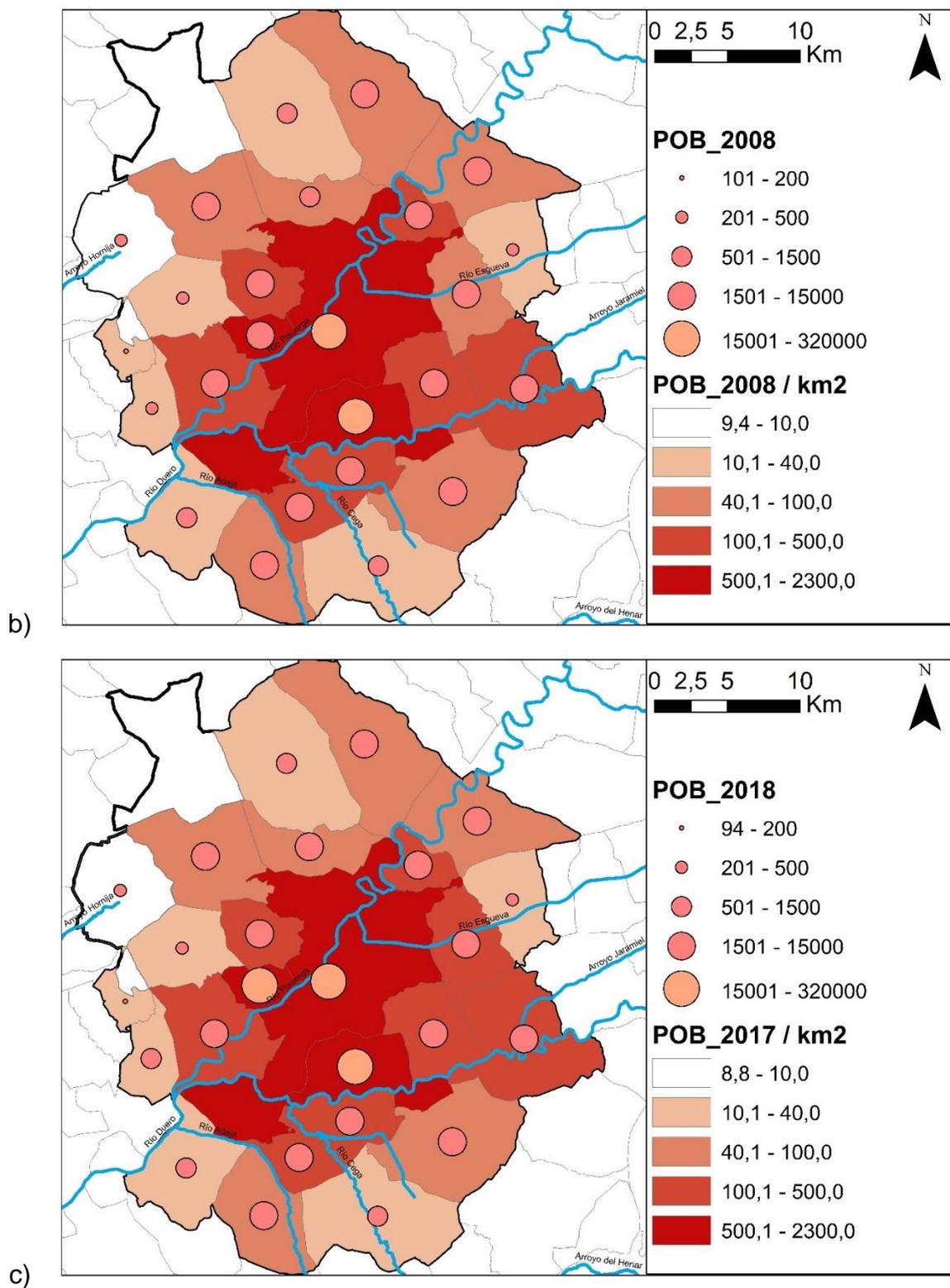


Figura 20. Mapa de población y densidad de población en 1998 -a)-, 2008 -b)- y 2018 -c)- en la MIG Urbana de Valladolid y su Alfoz Fuente: Elaboración propia con datos de INE.

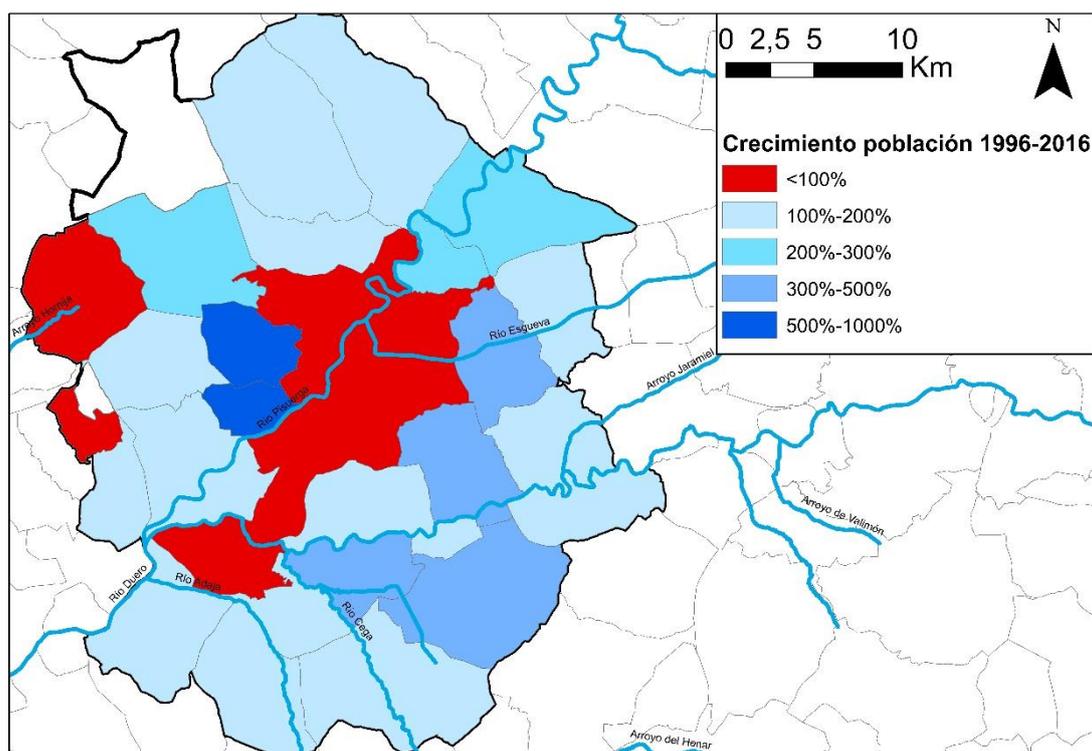


Figura 21. Mapa de variación de población en los municipios de la MIG Urbana de Valladolid y su Alfoz entre 1996 y 2018. Fuente: Elaboración propia con datos de INE.

Es especialmente notorio el crecimiento de Arroyo de la Encomienda, que ha multiplicado por 10 su población en el periodo 1996-2018 (Figura 22.b), con unas tasas de crecimiento interanual del 11,68%. Esta situación contrasta con la del municipio principal, Valladolid, que en el periodo ha perdido un 6,55 % de la población que tenía en 1996, lo que supone 20.939 habitantes (Figura 22.a).

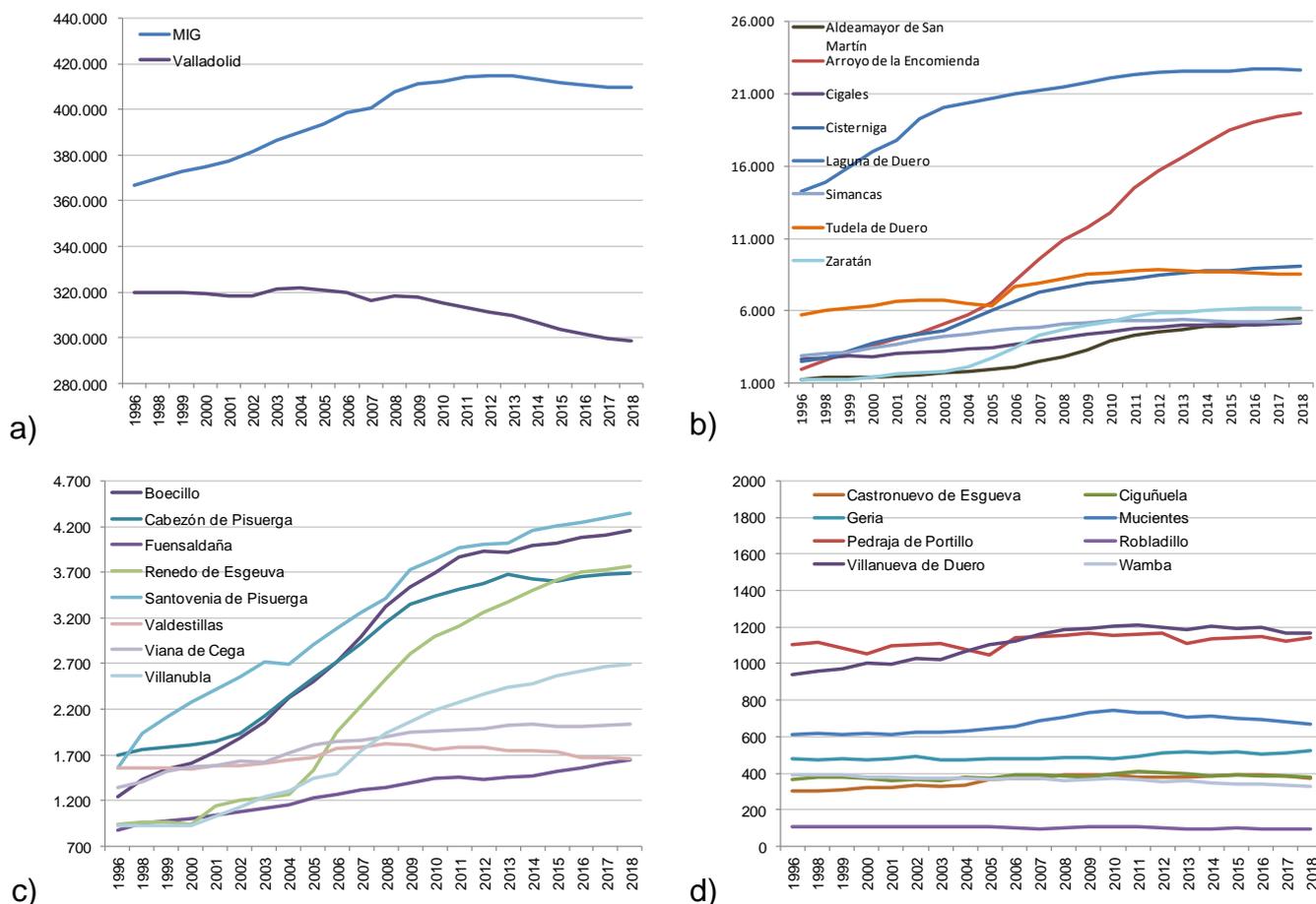


Figura 22. Evolución de la población en los municipios de la MIG Urbana Valladolid y su Alfoz entre 1996 y 2018 con datos anuales: a) Evolución del conjunto y Valladolid. b) Evolución de los municipios de mayor crecimiento. c) Evolución de los municipios que superan los 1.500 habitantes durante el periodo. d) Evolución de los municipios de menos de 1.500 habitantes. Fuente: Elaboración propia con datos de INE.

Como conjunto, el área ha ganado población hasta 2012, año en el que comienza el declive tras tocar un techo de 414.734 habitantes (Figura 22). Tras esta dinámica se sitúan varios fenómenos demográficos. Con respecto al crecimiento vegetativo de la población, este ámbito no se distingue de la dinámica general de la región y del país (Figura 24 y 27). Durante la primera década del siglo hubo un crecimiento vegetativo positivo debido a la mayor tasa de nacimientos sobre la tasa de mortalidad, situación que dura hasta 2015. Respecto al indicador de fecundidad se utiliza el número de hijos por mujer en edad reproductiva, con el cual podemos señalar que está en sintonía con la evolución del indicador a escala de país y de provincia, si bien con la particularidad de haber estado por encima de la media nacional entre los años 2009 y 2014 superando los 1,4 hijos por mujer (Figura 25). En todo momento podemos afirmar que la fecundidad es mayor que en el resto de la provincia.

Detrayendo estos fenómenos de la dinámica poblacional se obtienen las migraciones habidas en el área (Figura 26). Como vemos, hubo un saldo migratorio favorable hasta 2011 con varios miles de inmigrantes al año. Posteriormente, especialmente en los años 2013 y 2014 se produce una emigración que junto con la inversión del crecimiento vegetativo explican el descenso de población experimentado en el conjunto del área desde entonces.

Respecto de las características de esta población, la edad media de la misma ha ido aumentando con los años (Figura 23).

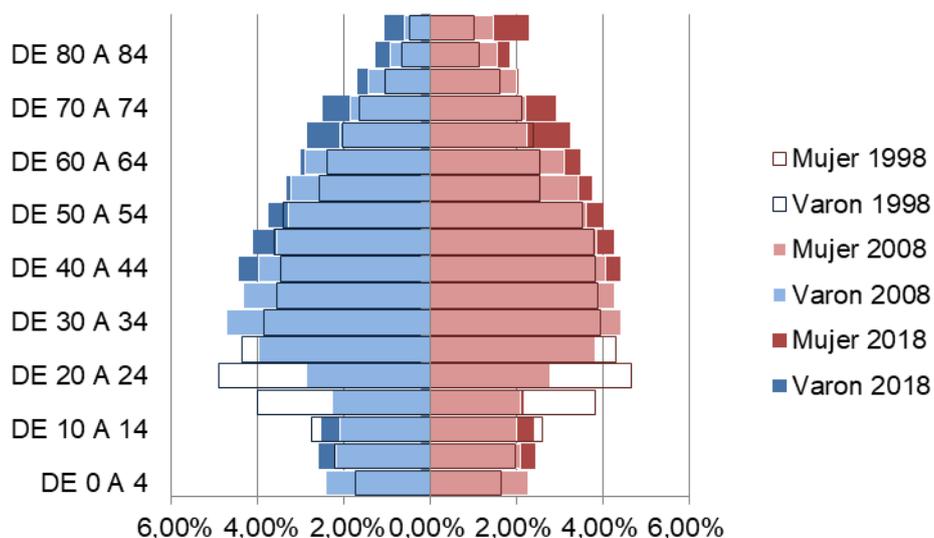


Figura 23. Superposición de las pirámides de población 1998, 2008 y 2018 de la MIG Urbana Valladolid y su Alfoz. Fuente: Elaboración propia con datos de SIECyL.

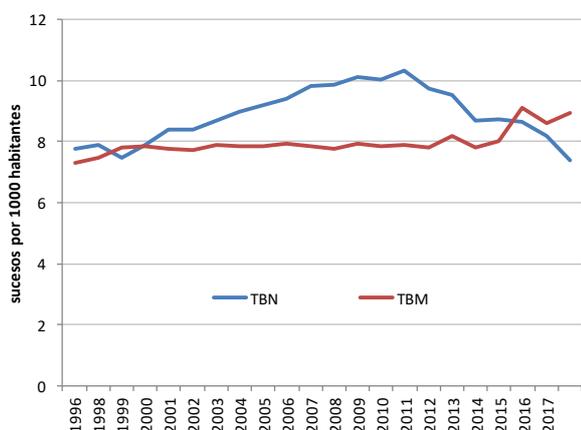


Figura 24. Evolución 1996-2018 de la Tasa Bruta de Natalidad y la Tasa Bruta de Mortalidad. Fuente: Elaboración propia con datos de SIECyL.

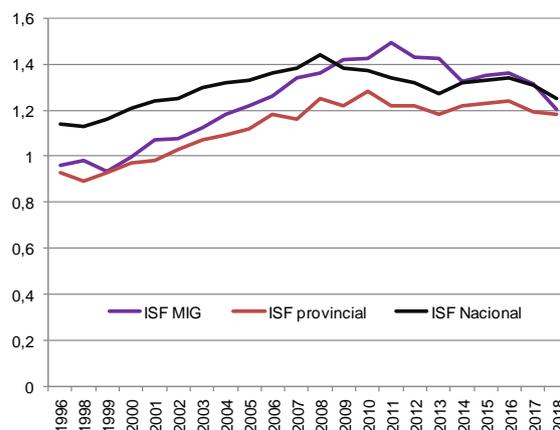


Figura 25. Índice Sintético de Fecundidad (número de hijos por mujer entre los 15 y los 45) para el área de la MIG, la provincia y el país. Fuente: Elaboración propia con datos de SIECyL.

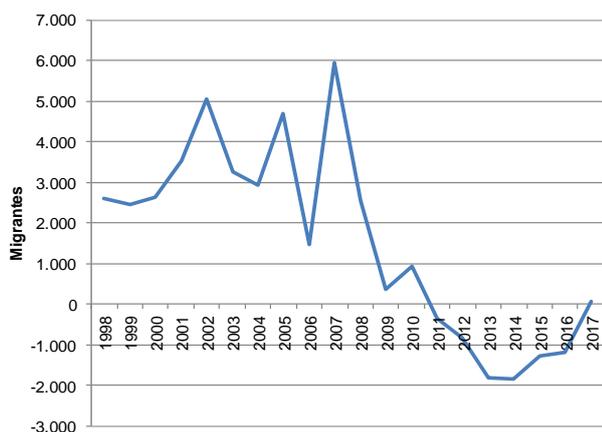


Figura 26. Evolución 1996-2017 de las migraciones de la MIG: en positivo recibe, en negativo emite. Fuente: Elaboración propia con datos de SIECyL.

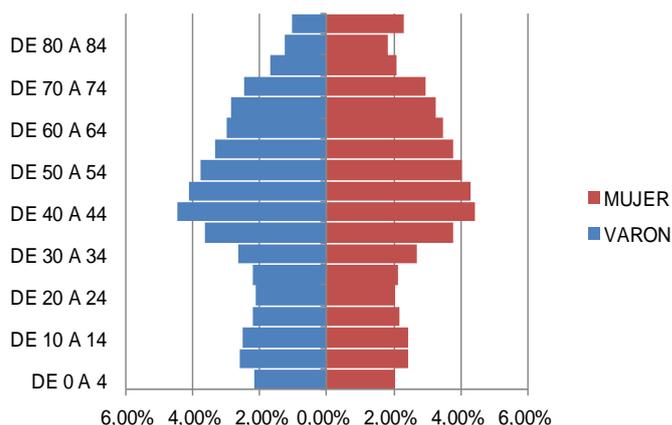


Figura 27. Pirámide de población para 2018. e) Proporción de población según lugar de nacimiento en la MIG en 2018 Fuente: Elaboración propia con datos de SIECyL.

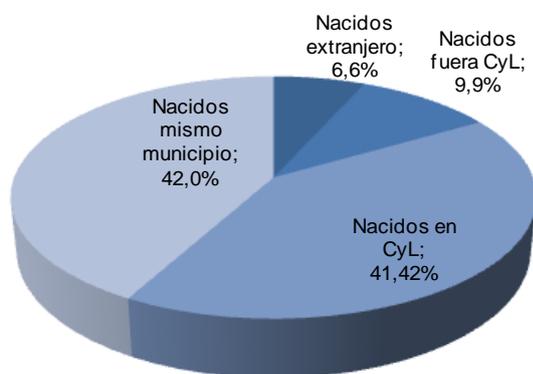


Figura 28. Proporción de población según lugar de nacimiento en la MIG en 2018. Fuente: Elaboración propia con datos de SIECyL.

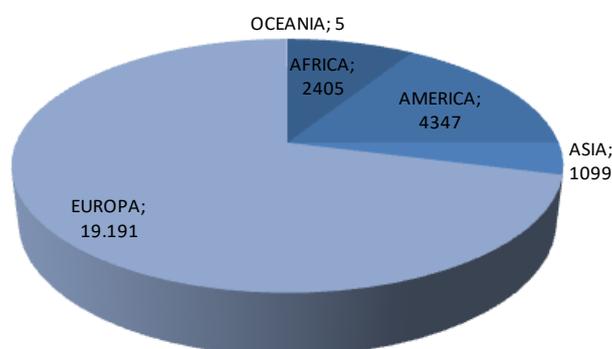


Figura 29. Proporción de país de continente de los nacidos en el extranjero en 2018 que residen en la MIG. Fuente: Elaboración propia con datos de SIECyL.

Con respecto al origen de la población, cabe señalar la presencia de un 40% de la población nacida en Castilla y León pero no en el municipio de residencia actual (Figura 28 y tabla 1). Este indicador revela la capacidad de atracción que ha tenido esta área respecto de la región, muy superior a la población extranjera o de fuera de la Comunidad Autónoma (Figura 29 y tabla 1).

	1998	2008	2018
Población total	369.881	407.609	409.475
Nacidos extranjero	1,4%	6,6%	6,6%
Nacidos municipio	47,5%	42,3%	42,0%
Nacidos fuera CCAA	10,5%	10,1%	9,9%
Nacidos fuera municipio	51,13%	51,05%	51,35%
Nacidos en CYL	40,64%	40,92%	41,42%

Tabla 1. Evolución de la proporción de población según lugar de nacimiento. Fuente: SIECyL

3.3.2. Actividad económica

La actividad humana en la zona se caracteriza a través de las principales magnitudes económicas que puedan conocerse a escala municipal, lo que permite conocer la intensidad de la actividad humana a través de parte de los procesos económicos con valor que se producen en el área. Estas actividades atraviesan las distintas dimensiones que configuran el metabolismo social. Los indicadores que se van a reflejar a continuación sirven de marcador de algunos de las características de estos procesos económicos de producción, distribución y consumo.

En el área hay una intensa actividad económica en todos los sectores, si bien por la existencia de un núcleo urbano de primer orden destaca el peso del sector servicios. También, la presencia desde los años 60 del siglo XX de un polo industrial ha supuesto una importante aportación industrial especialmente en torno al sector de la automoción en Valladolid.

El número de empresas de servicios, como vemos, es muy superior al del resto de sectores, siendo el 84% de las empresas activas en 2017 en el área (Figura 30).

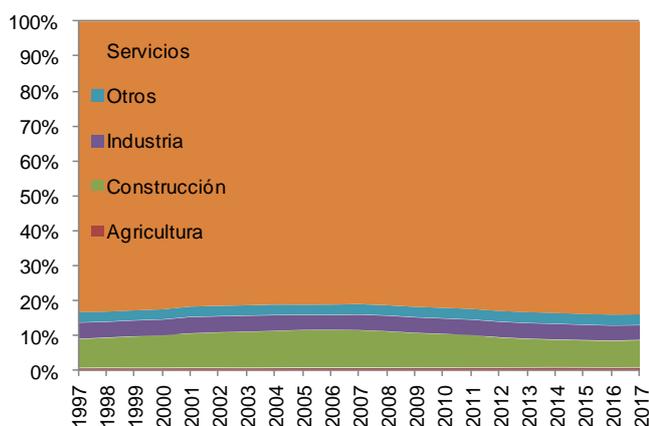


Figura 30. Evolución 1997-2017 la proporción de empresas por sectores. Fuente: Elaboración propia con datos de SIECyL.

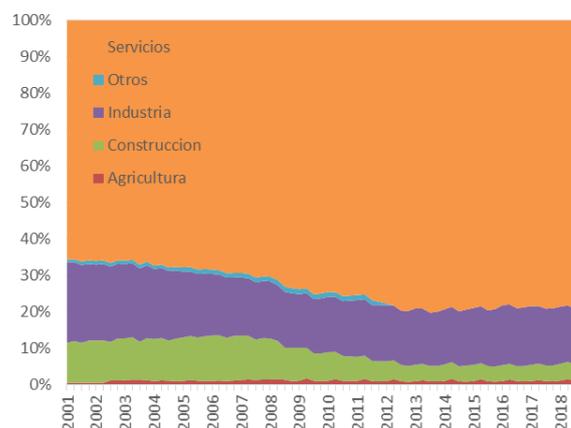


Figura 31. Evolución 2001-2019 de la proporción de afiliaciones a la seguridad social por sectores. Fuente: Elaboración propia con datos de SIECyL.

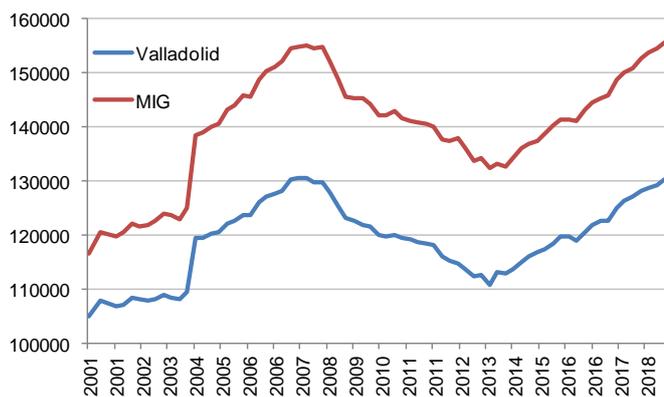


Figura 32. Evolución 2001-2018 de las afiliaciones a la seguridad social en la MIG y en el municipio de Valladolid. Fuente: Elaboración propia con datos de SIECyL.

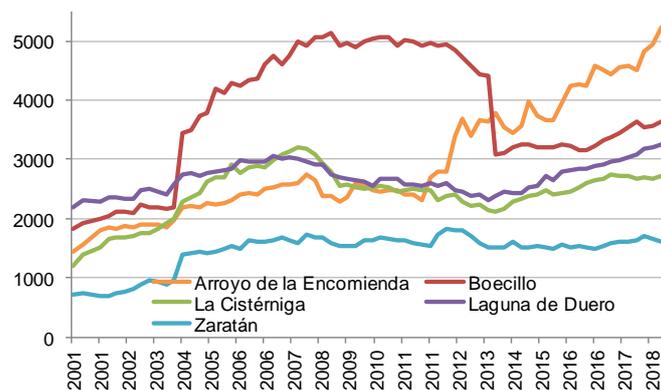


Figura 33. Evolución 2001-2018 de las afiliaciones a la seguridad social de los municipios con más del 1% de las afiliaciones de la MIG en el periodo. Fuente: Elaboración propia con datos de SIECyL.

En cuanto al empleo, el sector servicios es también dominante, y va en aumento con el tiempo, como se aprecia en la Figura 31 y en las Figuras 32 y 33 para varios municipios.

En el espacio, la inmensa mayoría de estos empleos se concentran en el municipio de Valladolid, que aglutina el 83,68% de los empleos en 2019, seguido por Arroyo de la Encomienda con un 3,34%. Resulta evidente que la actividad económica está fundamentalmente concentrada en Valladolid, de manera más intensa que la población (Valladolid concentra el 72,98 % de la población para el mismo año).

Desde otra óptica, los municipios del área no tienen una misma riqueza. Atendiendo a los datos de la renta declarada la diferencia entre municipios es importante, llegando casi a doblarse entre el que mayor renta media dispone y el que menos. Debe notarse que quedan fuera de los datos municipales facilitados los de los municipios de menos de 1.000 habitantes, cuya media provincial es levemente superior a los 16.000 euros anuales, como se aprecia en la Figura 34

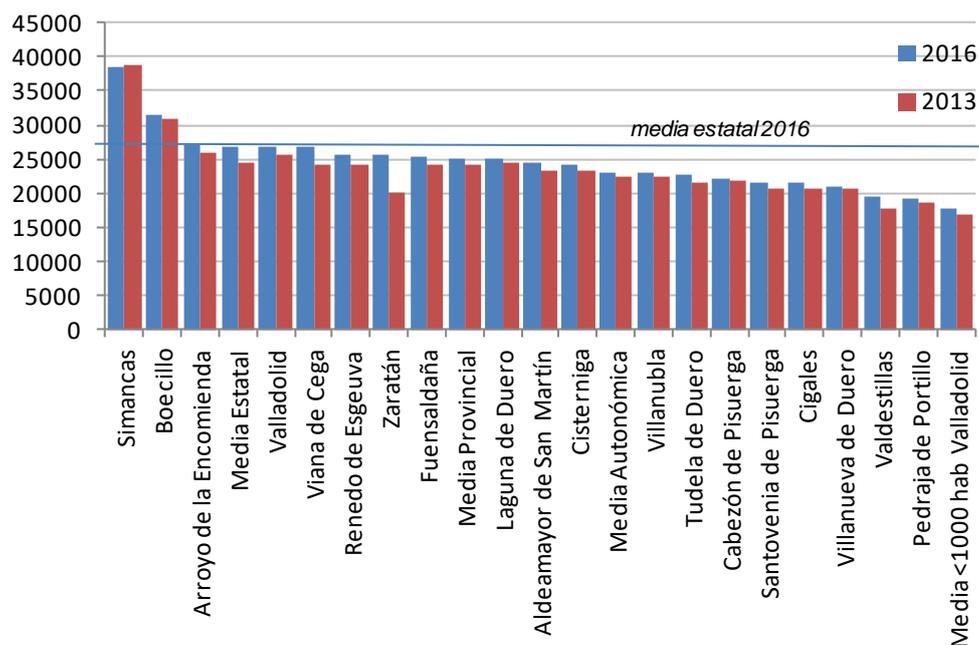


Figura 34. Renta media bruta de los municipios de la MIG Urbana Valladolid y su Alfoz para los años 2013 y 2016. Se incluye el promedio para los municipios de la provincia de menos de 100 habitantes, el promedio provincial, autonómico y estatal. Fuente: Elaboración propia con datos de AEAT¹⁶.

En promedio, el área se encuentra por encima de la media autonómica y por debajo de la media nacional.

Como síntesis, tenemos un territorio con una renta similar a la media nacional, con diferencias territoriales internas y con una estructura económica similar al resto de sociedades del centro global y del país en particular. El área urbana tiene una intensa actividad de servicios, si bien el empleo industrial es significativo en esta zona con empresas de un tamaño relativamente grande comparado con los otros sectores.

3.3.3. Infraestructuras de transporte y distribución

Una de las características más destacables del área es que históricamente ha tenido una importante confluencia de infraestructuras tanto energéticas como de transporte.

¹⁶ La fuente de los datos puede consultarse en https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/datosabiertos/catalogo/hacienda/Estadistica_de_los_declarantes_del_IRPF_por_municipios.shtml

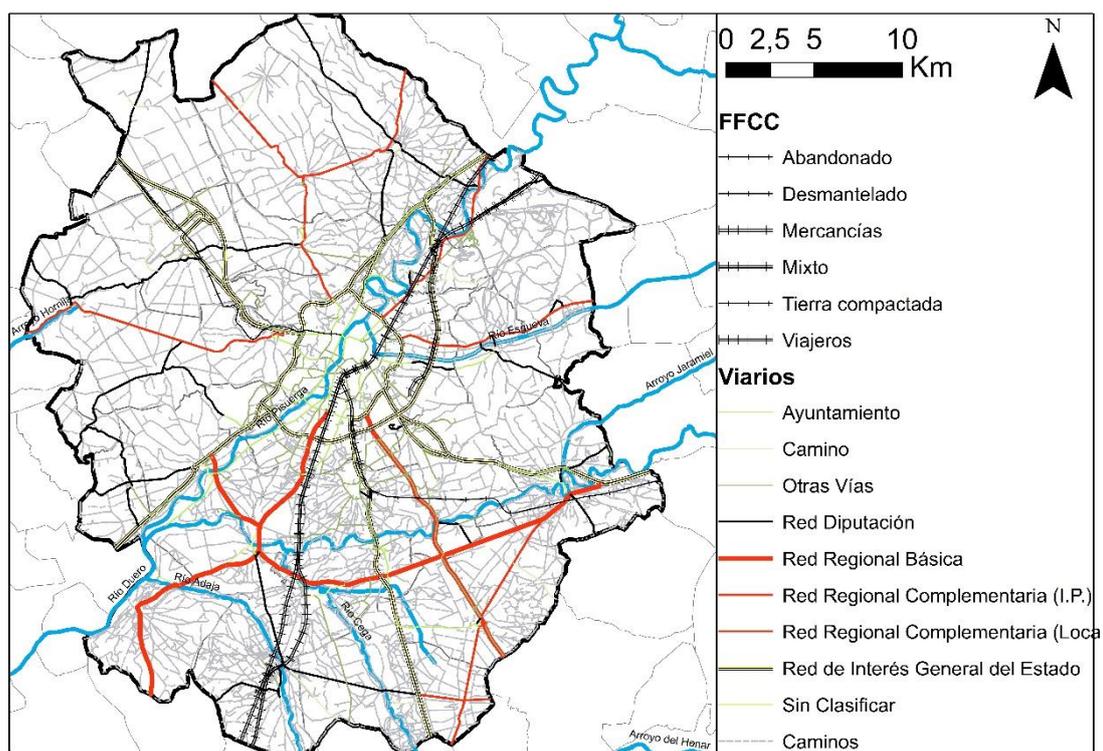


Figura 35. Mapa de infraestructuras de transporte de la MIG Urbana de Valladolid y su Alfoz en 2018. Fuente: Elaboración propia con datos de Confederación Hidrográfica del Duero.

La red viaria y ferroviaria existente alcanza a todos los municipios, con rutas de alta capacidad atravesando el ámbito (Figura 35). Entre ellas destaca el corredor ferroviario que opera en Alta Velocidad para viajeros por un lado y la Autovía A62, marcada como trayecto europeo E80. La red viaria depende de distintas administraciones, como se recoge en la tabla 2:

	Longitud de vías (km)
Ayuntamiento	69,63
Camino	24,36
Otras Vías	201,96
Red de Interés General del Estado	144,74
Red Diputación	124,53
Red Regional Básica	65,41
Red Regional Complementaria (I.P.)	40,33
Red Regional Complementaria (Locales)	44,53
Sin Clasificar	11,45
Total general	726,94

Tabla 2. Longitud de las redes viarias por tipo que hay en la MIG. Fuente: IDECyL

Con respecto a la red ferroviaria, hay varios tramos abandonados y desmantelados (ver tabla 3), concentrándose la infraestructura en el trazado principal norte-sur.

	Longitud (km)
Abandonado	18,36
Desmantelado	15,22
Mercancías	5,79
Mixto	83,13
Tierra compactada	3,71
Viajeros	73,38
Total general	199,62

Tabla 3. Longitud de las redes ferroviarias por tipo que hay en la MIG. Fuente: IDECyL

Respecto a las infraestructuras de transporte de recursos energéticos, cabe destacar por un lado la dotación de red eléctrica, muy vinculada a la subestación del municipio de La Mudarra, y por otro la existencia de un centro logístico de distribución de hidrocarburos situado en el municipio de Santovenia de Pisuerga, que tiene una capacidad de 105.609 m³ de capacidad de almacenamiento de distintos hidrocarburos y que se comunica por oleoducto con las estaciones de Burgos y Salamanca. Con respecto al gas natural, Enagás opera un gasoducto que atraviesa el área de este a oeste y el Centro de Transporte, en el municipio de Cigales.

3.3.4. Flujos de energía y materiales asociados a la actividad humana

Este apartado va a hacer una aproximación de la cantidad de energía y materiales que entran al ámbito estudiado desde el exterior.

Los trabajos desde la perspectiva metabólica en el ámbito de estudio son escasos, pero en los últimos años se han dado pasos para el cálculo del impacto de instituciones como la Universidad de Valladolid (Hernández et al., 2015) o de sectores de actividad como es el caso de la alimentación (Carpintero y Lomas, 2017). Como antecedente importante tenemos el trabajo sobre el municipio de Valladolid de María Huerga Contreras (2014), en el que se analiza su metabolismo urbano. Aunque la suma de estas investigaciones contribuye a dotarnos de una mejor información de nuestro entorno, a escala de la MIG no hay suficientes datos para poder tener una contabilidad material consistente con el resto de estudios.

Dado el déficit de datos desagregados a nivel municipal y la inexistencia de ninguna fuente estadística que trabaje a nivel del área funcional, estos flujos materiales y energéticos van a tener que estimarse sobre la base de los consumos

provinciales, admitiendo el peso que tiene esta zona dentro de la provincia al concentrar la mayoría de la población, la mayoría de la actividad económica, la mayoría de las infraestructuras de transporte.... El principal defecto de este enfoque está en que invisibiliza los flujos que existen entre los municipios de la provincia y la zona urbana de Valladolid, que presumiblemente son muy relevantes.¹⁷ Esta es una de las principales limitaciones en la contabilidad de flujos materiales del citado trabajo sobre el metabolismo urbano de Valladolid, por lo que se adopta el mismo enfoque a la hora de cuantificar los principales flujos (Huerga, 2014).

Con respecto a los consumos energéticos, (JCyL, vv.aa.), en el año 2017 se consumieron 12.590.318 MWh (tabla 4).

A excepción de la energía eléctrica, el resto de recursos energéticos se importaron. En cuanto a producción de energía eléctrica, en el año 2017 se produjeron 1.205.197 MWh, lo que supone un 45% de la energía eléctrica consumida (Figura 36). De esta producción, el 40% se produjo mediante cogeneración, el 36% mediante eólica y el 21% mediante solar fotovoltaica, como contribuciones principales. Territorialmente, dentro de la MIG la potencia de producción eléctrica renovable instalada es muy reducida, sobre todo en comparación con otros municipios de la provincia: la mayor parte de la potencia eólica se ubica en los Montes Torozos; la producción fotovoltaica se concentra en la zona sur-oeste. Sin embargo, la producción mediante cogeneración sí que se realiza de manera importante en la MIG, debido a las centrales de producción eléctrica asociadas a procesos industriales que se sirven de gas natural: Helios, Quesos Entrepinares o Michelin son ejemplos de empresas industriales que utilizan gas natural para producir calor para procesos y electricidad que explican ese importante peso de la producción de cogeneración en la provincia. Los principales destinos de la energía eléctrica se recogen en la Figura 37.

¹⁷ Esta afirmación se sostiene sobre la realidad de que en el área urbana no existen apenas instalaciones productoras de energía eléctrica, canteras para productos de construcción e instalaciones agropecuarias de todo tipo en comparación con las existentes en la provincia.

	Energía primaria	Unidades	Conversión	
			Energía primaria	Unidades
Electricidad	2.653.538	MWh	2.653.538	MWh
Gasolina	50.707	Ton.	648.543	MWh
Gasóleo A	259.556	Ton.	3.379.419	MWh
Gasóleo B	85.275	Ton.	1.110.281	MWh
Gasóleo C	23.613	Ton.	293.746	MWh
Fuelóleo	485	Ton.	6.315	MWh
Butano y propano	12.000	Ton.	146.520	MWh
Gas natural	4.351.957	MWh	4.351.957	MWh
Total			12.590.318	MWh

Tabla 4. Consumos energéticos en la provincia de Valladolid para 2017. Fuente: JCyL e IDAE

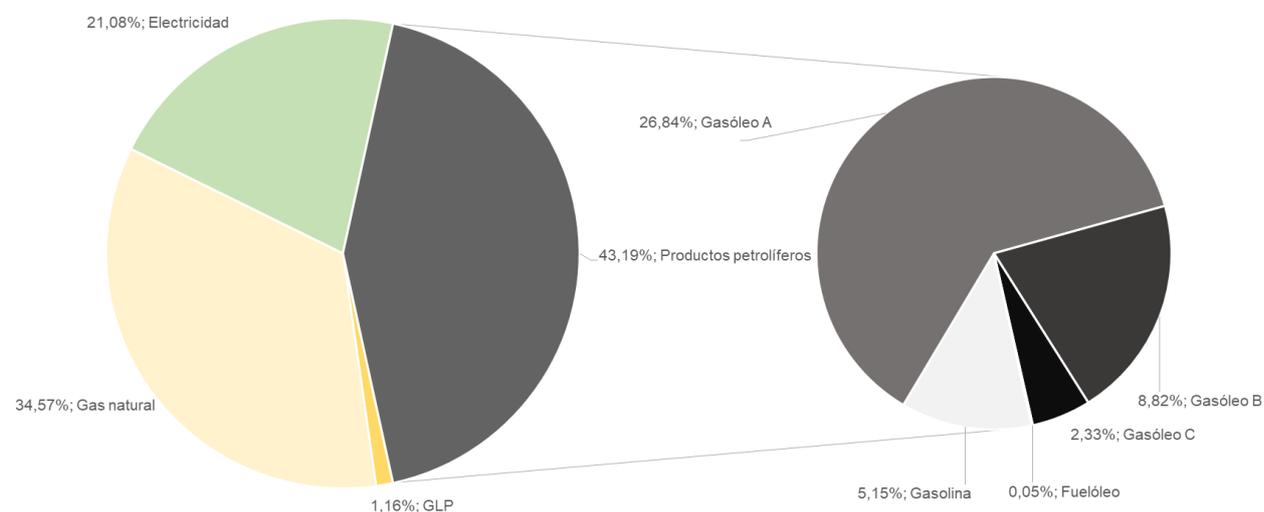


Figura 36. Proporción de energía primaria consumida en la provincia de Valladolid en 2017. Fuente: Elaboración propia con datos de JCyL.

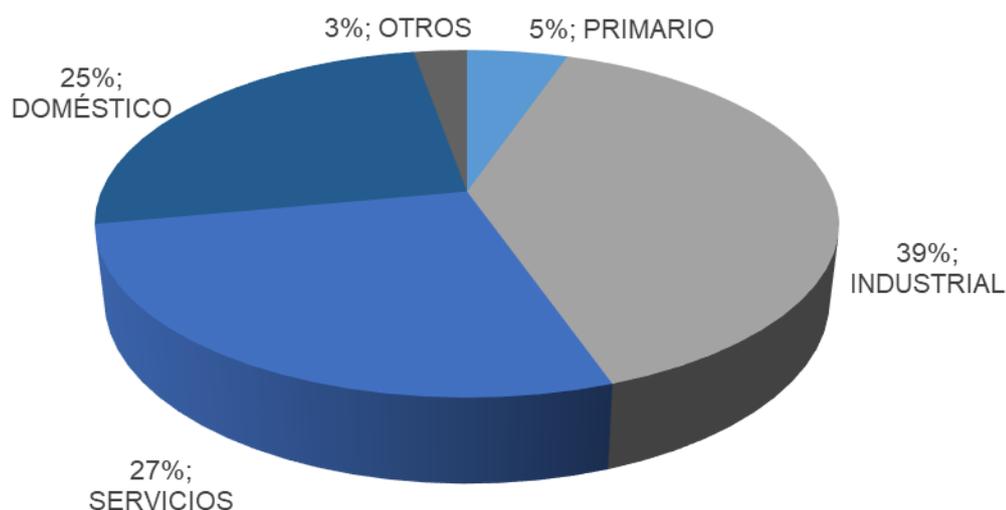


Figura 37. Consumo de energía eléctrica por sectores para el año 2016 en la provincia de Valladolid. Fuente: Elaboración propia con datos de JCyL.

Para estimar los consumos materiales de la MIG no hay fuentes de datos que permitan conocer los flujos de materiales que abastecen los municipios ni las provincias de manera rigurosa. Se pueden conocer los volúmenes de productos importados y exportados, pero son una mínima parte de los flujos materiales que abastecen las zonas urbanas.

Sí que es posible conocer los residuos urbanos que se generan en el ámbito de la MIG. Quedan por tanto al margen los residuos industriales, los cuales se tratan de manera especializada por empresas que tienen distintas localizaciones, lo que obliga a transportar los residuos a las plantas de tratamiento adecuadas, lo que dificulta el seguimiento a nivel territorial de las localizaciones de generación y las de tratamiento y fin de vida.

En el término municipal de Valladolid se ubica el Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos (CTR de Valladolid), que da servicio a toda la provincia. En este establecimiento terminan los residuos urbanos de toda el área funcional, a través de las distintas mancomunidades que actualmente prestan el servicio de recogida de basuras, cuyas magnitudes principales se recogen en las Figuras 38 y 39.

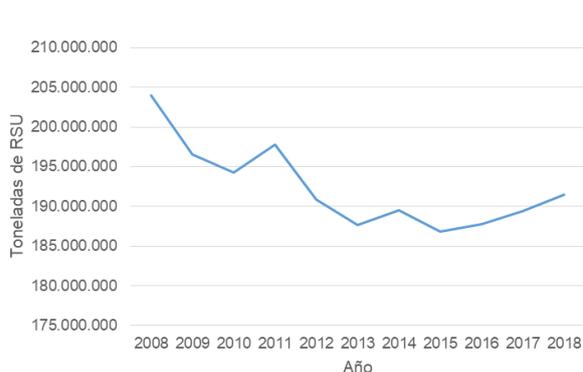


Figura 38. Evolución del total de residuos recibidos por el CTR de Valladolid. Fuente: Elaboración propia con datos de CTR Valladolid.¹⁸

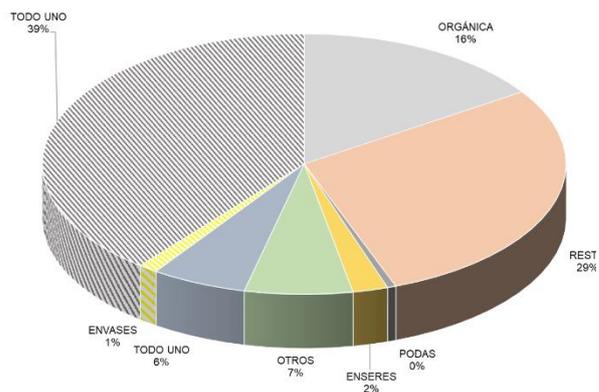


Figura 39. Tipo de residuos recogidos para el año 2017. En Rayado las fracciones que aportan los municipios que no son Valladolid. Fuente: Elaboración propia con datos de CTR Valladolid.

Con la limitación de datos que se ha mencionado recurrentemente se hace patente que toda estimación de los flujos sería una tarea que o bien excedería el alcance de este trabajo o bien carecería del rigor mínimo.

3.4. SÍNTESIS DE INFORMACIÓN: HUELLA ECOLÓGICA DEL ÁREA

Sin embargo, para concluir esta sección, aun careciendo de la estimación precisa para este territorio de los consumos por persona, si suponemos que el consumo medio de la población de esta zona se asemeja al consumo medio de la población española –lo cual no es una hipótesis descabellada atendiendo a otros indicadores como la renta media-, podríamos estimar el impacto ambiental en términos de huella ecológica de la MIG para la población que contiene. Asumida esta condición, se podría considerar que para el año 2014 la huella ecológica de la población de esta zona era de 3,9 hag/hab.¹⁹ Recordando que la biocapacidad estimada para la MIG es de 0,46 hag/hab, tenemos el siguiente resultado, que se recoge en la Tabla 5.

	Huella ecológica / habitante (hag/hab)	Biocapacidad (hag/hab)	Déficit de biocapacidad	Número de planetas requeridos	Número de territorios necesarios
España (2014)	3,9	1,3	2,7	2,1	3,1
MIG (2014)	3,9	0,5	3,4	2,1	8,5

Tabla 5. Comparativa de huella ecológica de España y de la MIG para 2014. Fuente: Elaboración propia con datos de Global Footprint Network

¹⁸ <http://www.ctrvalladolid.com>. Consultado el 10.07.2019.

¹⁹ Dato para España de Global Footprint Network. <http://data.footprintnetwork.org>. Consultado el 10.07.2019

A la vista está que la MIG, por su carácter eminentemente urbano, es un territorio extralimitado ambientalmente en comparación con el nivel nacional. Aparte quedan otras valoraciones respecto de la sostenibilidad ambiental del metabolismo de las sociedades del centro global, que indicadores como la huella ecológica permiten evidenciar como alarmantemente insostenibles.

3.5. ESTADO DE LA MOVILIDAD

En el este apartado se van a caracterizar algunas de las magnitudes asociadas a la movilidad de personas. Para ello se utilizará la Encuesta Domiciliaria de Movilidad 2015 (EDM 2015) (IDAE y Ayuntamiento de Valladolid, 2015). Esta referencia forma parte de los trabajos de revisión del Plan Integral de Movilidad Urbana Segura y Sostenible del Ayuntamiento de Valladolid, el cual no ha sido aprobado definitivamente.

La muestra de la que se dispone en este caso tiene el sesgo de ser local, si bien captura una parte de los trayectos realizados entre el municipio de Valladolid y su Alfoz, siendo funcional para caracterizar las líneas generales de la movilidad en Valladolid y su alfoz, con los datos de la Tabla 6.

		Modo de viaje				
Motivo agregado	Motivo de Viaje	A pie	TP	Coche	Otro	Total
Movilidad obligada	Trabajo	7,71%	2,90%	17,38%	2,24%	30,23%
	Asuntos trabajo	0,30%	0,14%	0,69%	0,06%	1,20%
	Estudios	9,03%	1,90%	2,10%	0,71%	13,75%
Consumo	Compra diaria	11,30%	0,41%	0,44%	0,04%	12,19%
	Compra no diaria	2,01%	1,23%	1,33%	0,05%	4,62%
Ocio	Ocio	12,99%	2,35%	2,61%	0,29%	13,74%
Cuidados	Asuntos personales	6,35%	3,45%	3,46%	0,48%	18,24%
	Llevar acompañante	1,90%	0,13%	1,49%	0,01%	3,54%
Otros	Otros	1,31%	0,54%	0,54%	0,13%	2,51%
	Total	52,90%	13,05%	30,05%	4,01%	100%

Tabla 6. Proporción de los viajes diarios realizados en Valladolid por modo y motivo. La columna de motivo agregado se añade para posteriores análisis. Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis de Movilidad del PIMUSSVA.

Los principales resultados se recogen en las siguientes Figuras:

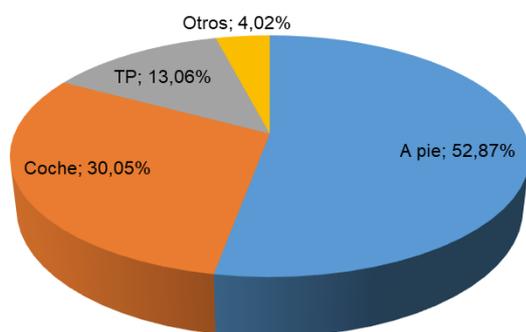


Figura 40. Reparto modal de los viajes diarios entre los 4 modos principales. Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis de Movilidad del PIMUSSVA.

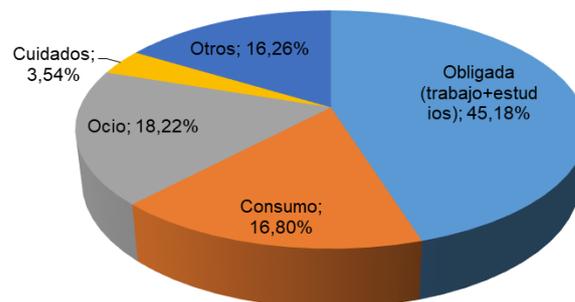


Figura 41. Motivo del viaje, agrupado conforme a las categorías establecidas en la caracterización del metabolismo. Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis de Movilidad del PIMUSSVA.

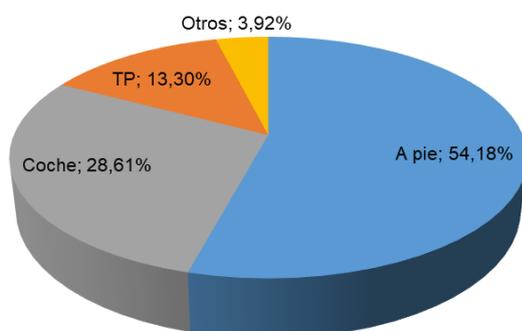


Figura 42. Reparto modal de los viajes generados en el interior del municipio de Valladolid. Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis de Movilidad del PIMUSSVA.

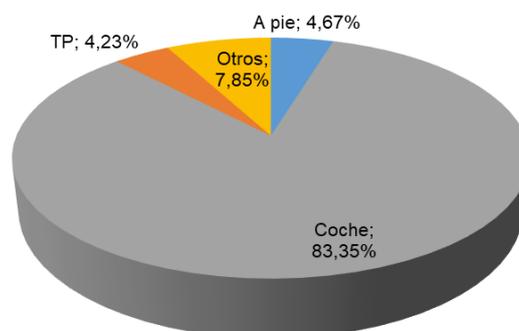


Figura 43. Reparto modal de los viajes generados fuera del municipio de Valladolid. Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis de Movilidad del PIMUSSVA.

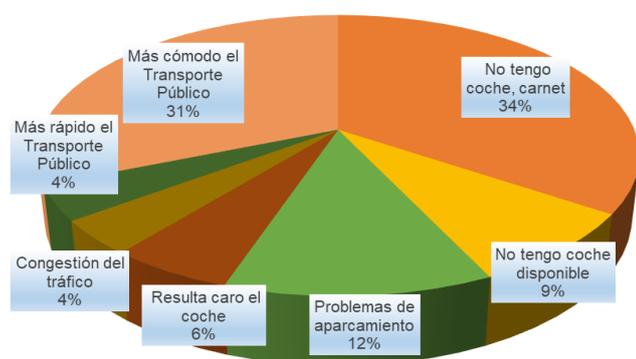


Figura 44. Motivo para viajar en TP frente a coche. Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis de Movilidad del PIMUSSVA.

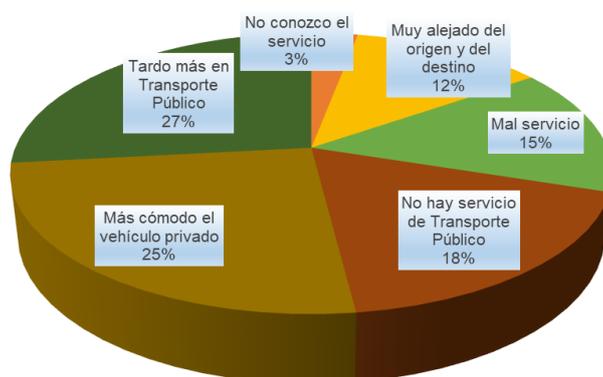


Figura 45. Motivo para viajar en coche frente a TP. Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis de Movilidad del PIMUSSVA.

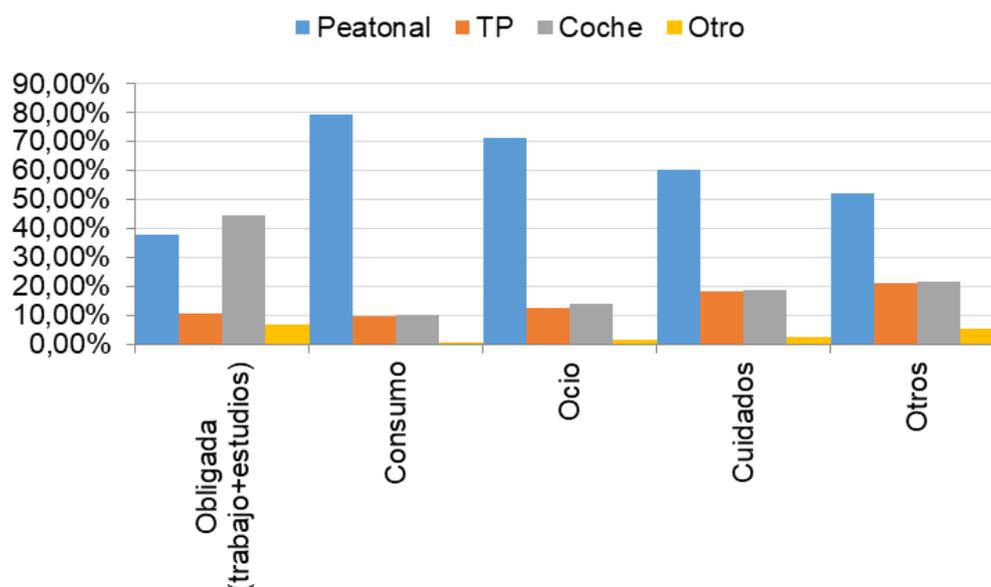


Figura 46. Proporción de viajes de cada motivo realizados con cada modo. Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis de Movilidad del PIMUSSVA.

A priori, se observa el dominio del modo peatonal para casi todos los motivos de viaje (Figura 40 y 41), a excepción de los “obligados”: trabajo, motivos de trabajo y estudios. Además, dentro de estos motivos, la proporción de viajes peatonales por motivo de estudios es predominante, dejando la opción motorizada vinculada principalmente a los trayectos laborales (Figura 46 y tabla 6).

Si a esta situación le sumamos los motivos por los que los encuestados declaran utilizar coche y no utilizar Transporte Público (TP), encontramos que la mayoría de la gente que va en TP es por problemas de acceso particular al coche (renta, no disposición, no disponibilidad) (Figura 44) y que la mayoría de gente que va en coche es por problemas de acceso estructurales del TP (Figura 45) (inexistencia, exceso de tiempo, defectos de servicio). Esta situación se agrava para los viajes desde fuera del municipio (Figura 43).

Relacionando estos datos con la caracterización previa, podemos extraer algunas conclusiones de la movilidad en el área:

- 1- Los desplazamientos vinculados con el empleo (acudir al puesto de trabajo, trayectos laborales o trayectos asociados a la formación) son mayoritariamente en vehículo privado y en particular en coche, si bien hay una participación importante del modo peatonal, seguido del transporte público. Es notoria la ausencia de otros modos, que en este estudio se corresponden principalmente con bicicleta y ferrocarril. Destaca el dominio del automóvil en los

desplazamientos al trabajo, que suponen la combinación de modo y motivo más abultada de todos los viajes que se recogen en la encuesta y es, con mucha diferencia, el principal contribuyente a la participación del transporte en coche dentro del reparto modal.

- 2- Las relaciones asociadas al consumo y al ocio son eminentemente en modo peatonal, lo que revela dos posibilidades: o bien el gran peso en estos trayectos de un segmento de población sin acceso a otro tipo de modo (jóvenes, tercera edad, mujeres...) o bien que prima la cercanía espacial en las opciones de ocio y consumo que se dan en la zona.

Es necesario hacer una salvedad a este comentario, debido a la realidad que refleja la Figura 43 en la que se aprecia una gran mayoría de viajes en automóvil. Esto revela que, con indiferencia del motivo, los viajes desde fuera del área urbana central de la MIG se realizan en coche.

- 3- Se han agrupado como cuidados aquellos trayectos que están asociados a llevar a otras personas o los denominados asuntos personales. Estos viajes muestran una mayor participación del TP y del automóvil que el ocio y el consumo. No obstante, el modo mayoritario en todo caso es el peatonal. Es en este tipo de desplazamientos en los que más peso relativo (dentro del motivo del viaje) tiene el uso del TP, lo que revela la existencia de una mayor participación en estos viajes del segmento sin acceso a coche antes aludido.

4. METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL MODELO.

El estudio de la movilidad en el área funcional de Valladolid va a abordarse analizando principalmente la accesibilidad.

Asumidos los conceptos explicados en los apartados previos, la accesibilidad se define como la probabilidad de establecer una relación social en el tiempo y el espacio, con el límite impuesto por el “presupuesto de tiempo” disponible:

$$Accesibilidad_{ij} = Prob(i \rightarrow j) \quad 1$$

$$Prob(i \rightarrow j) > 0 \forall t_{ij} \mid t_{ij} < t_{max}$$

Por supuesto, la relación entre la accesibilidad y la movilidad viene determinada por otros factores que promueven o no que se produzca la movilidad. La atención en el modelo que se desarrolla a continuación está en determinar las relaciones inaccesibles por requerir un tiempo superior al admisible.

En consecuencia, los resultados que aquí se exponen nos aproximan al límite mínimo de la accesibilidad en el ámbito del estudio. En el modelo que se desarrolla, se van a marcar como accesibles aquellas zonas que cumplan con las condiciones de la igualdad 2 de forma que:

$$Accesibilidad_{ij} = a \mid a \in \{0,1\} \quad 2$$

$$a = 1 \forall t_{ij} \mid t_{ij} \leq t_{max}; a = 0 \forall t_{ij} \mid t_{ij} > t_{max}$$

Omitiendo la existencia de otros factores que puedan impedir la accesibilidad entre zonas o capturándolos en el cálculo de t_{ij} , que se analiza en la próxima sección.

El cálculo del tiempo entre zonas parte del marco conceptual desplegado previamente, según el cual la accesibilidad viene determinada por una ordenación del territorio y un sistema de transporte dados. Estos dos sistemas se van a modelar de forma que se puedan capturar los rasgos principales que afectan a lo que determina el factor fundamental para obtener la accesibilidad entre zonas: el tiempo del trayecto entre sí t_{ij} .

Subsiguientemente, cada sistema nos ofrecerá un parámetro que sirva para dicho cálculo siguiendo el esquema de la Figura 47.

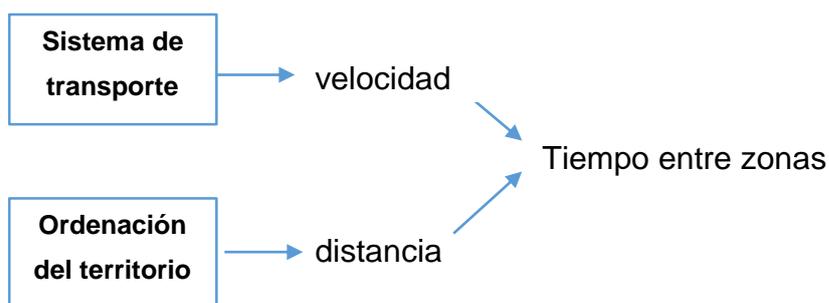


Figura 47. Marco conceptual del modelo de accesibilidades. El sistema de transporte determina la velocidad posible. La ordenación del territorio –sistema de usos de suelo– determina las distancias espaciales. Ambos parámetros permiten obtener el tiempo entre zonas. Fuente: elaboración propia.

La obtención del tiempo entre zonas resultará de la simple aplicación de la igualdad 3:

$$t_{ij} = \frac{d_{ij}}{\bar{v}} \quad 3$$

La manera de insertar en la simulación la información respecto de la ordenación del territorio y del sistema de transporte es como sigue:

1- Ordenación del territorio

El territorio objeto del estudio se subdivide en subzonas. Un modelo ideal dispondría de cada establecimiento y vivienda como zona, con su localización y uso, de forma que se pudiera establecer la accesibilidad para cada localización mínima en la que se desarrollan actividades. Habitualmente la información disponible no es tan pormenorizada, y las fuentes estadísticas oficiales y disponibles por el público están agregadas a nivel municipal.

Para la segregación por zonas el criterio mínimo es disponer de la población y el empleo de cada zona.

Una vez se establecen las zonas, se debe simplificar el sistema de usos de suelo que presente cada zona para conseguir localizaciones sobre las que calcular distancias. El método más sencillo para conseguir esto es estableciendo un centroide de cada uso de suelo de cada subzona. Aunque se pierde información respecto de la dispersión de los usos y del tamaño de las áreas, esta información es menos relevante que la que ofrece la posición del centroide de cada uso de suelo respecto del resto de usos de suelo, dado que eso nos revela el grado de segregación de usos de suelo que presenta cada zona. Por otro lado, la extensión de los ámbitos destinados a cada

uso de suelo no es tan relevante como el volumen real de actividad que desarrolle: un área industrial de gran extensión pero vacía de actividad arroja cero empleos, con lo que la información importante para el modelo se mantiene.

Para el tratamiento de la información espacial es imprescindible el software de información geográfica, para poder disponer de información geolocalizada.

2- Sistema de transporte

Como se ha planteado en la caracterización teórica del sistema de transporte, los elementos del mismo que más determinan su funcionalidad son las infraestructuras. Por ello el sistema de transporte va a sostenerse sobre la dotación de infraestructuras que recorre el territorio.

Por otro lado, el objetivo del sistema de transporte es proporcionar una velocidad media de desplazamiento para cada distancia.

La curva entre distancia y velocidades sigue la curva tipo que se representa en la Figura 48:

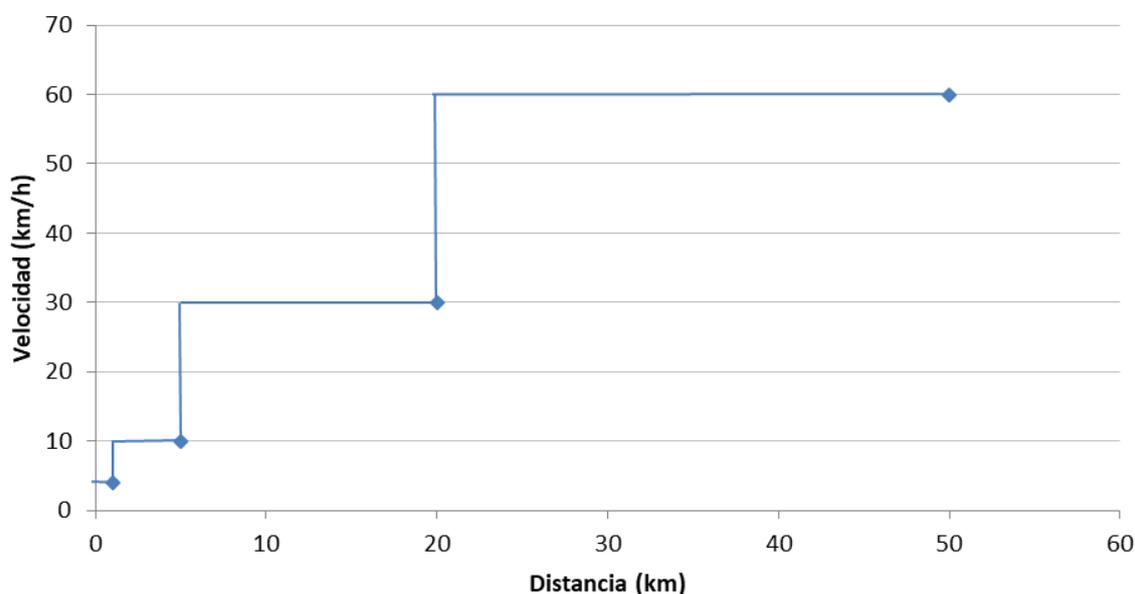


Figura 48. Curva tipo de velocidad-distancia. Fuente: elaboración propia.

Esta manera de modelar la velocidad es similar a la utilizada por Sim et al. (2015) con un propósito similar al de este estudio.

La curva de velocidad-distancia lo que representa es la velocidad media a la que se realizan los desplazamientos en función de la distancia de los mismos. Eso

implica dar por hecho que el sistema de transporte ofrece una combinación de modos de transporte desde que se inicia un desplazamiento hasta que se termina, y que esa combinación de modos no es igual para recorrer distancias cortas que largas. Por otro lado, tampoco se alcanzan velocidades medias iguales cuando los recorridos son de proximidad que cuando son de cierta distancia.

Uno de los aspectos fundamentales del modelo es determinar el efecto de barrera que supone tener o no tener acceso a movilidad motorizada (vehículos de tracción mecánica de titularidad privada y que requieren de permiso de conducir). Por ello se divide la población en dos segmentos: quienes tienen acceso (abreviado “con acceso”) y quienes no tienen acceso (abreviado “sin acceso”). Consecuentemente se debe establecer la curva de velocidad asociada a cada segmento en función de las infraestructuras que tenga disponible. Allí donde haya TP de cercanía la velocidad media del segmento sin acceso será mayor que donde sólo se pueda desplazar andando. Del mismo modo el segmento con acceso a vías de alta capacidad desarrollará más habitualmente velocidades más altas que quienes no, lo que se traduce en una velocidad media mayor de todos los desplazamientos, y, por tanto, en una curva de velocidad de mayores velocidades en menores distancias.

De nuevo, la información ideal para alimentar al modelo sería aquella que permitiese un grado de desagregación individual de las velocidades medias que adopta en sus desplazamientos cada persona tomando en cuenta todas las variables: acceso o no a movilidad motorizada, capacidades físicas, conocimientos de circulación, urgencia del desplazamiento... Esta información permitiría obtener una caracterización de la accesibilidad muy pormenorizada para cada localización, persona y situación.

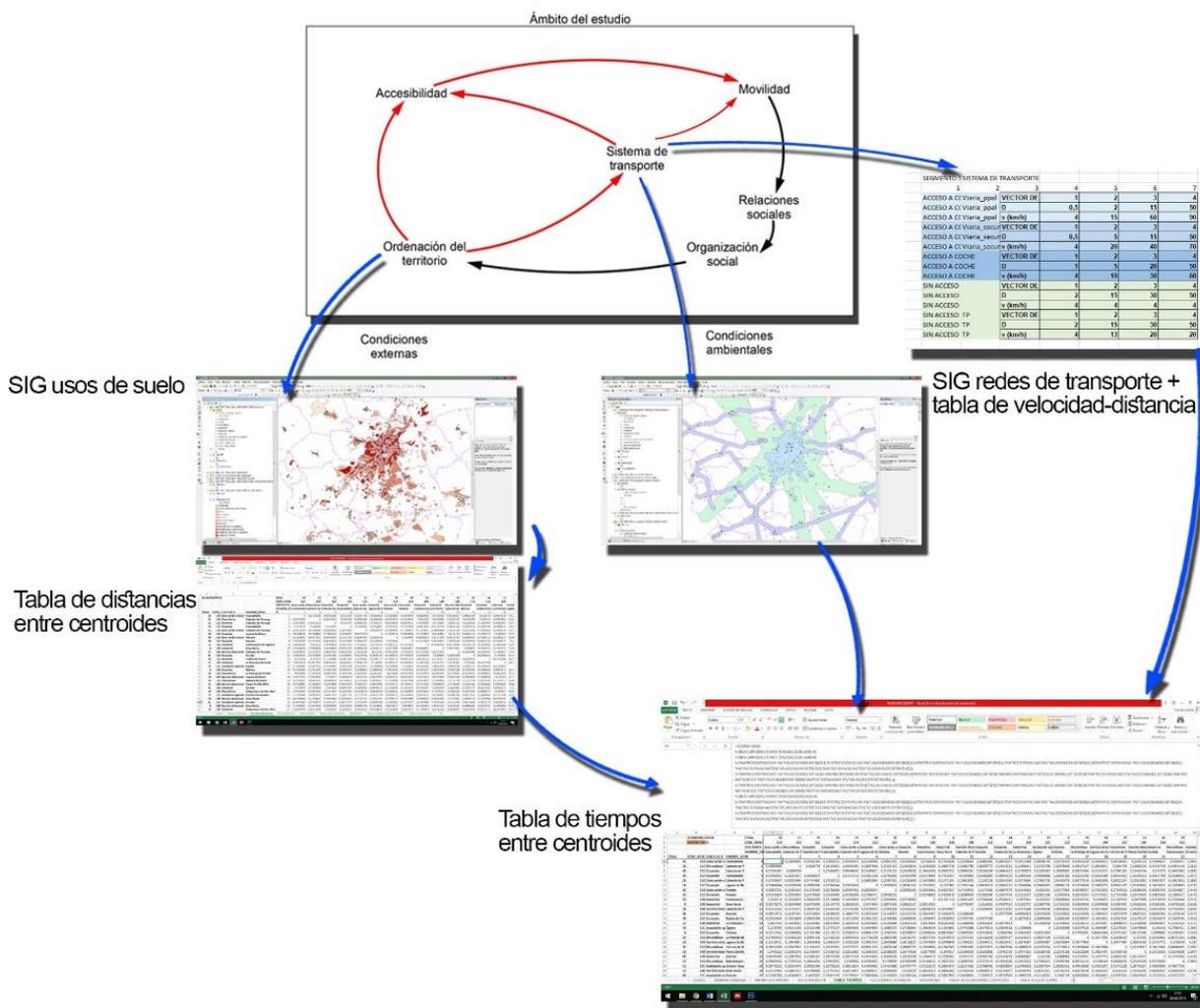


Figura 49. Marco conceptual del modelo, siguiendo las flechas azules. La ordenación del territorio proporciona información geográfica sobre las localizaciones (los centroides de cada uso y cada zona), de donde se extrae una tabla de distancias entre centroides. El sistema de transporte proporciona una tabla de velocidad-distancia para cada segmento de la sociedad y cada dotación de infraestructuras, y también información geográfica sobre la dotación de infraestructuras que afecta a cada centroide. El conjunto de los datos permite extraer el tiempo de desplazamiento entre centroides para cada segmento de la sociedad. Fuente: elaboración propia.

La información que se obtiene tras aplicar la metodología (representada en la Figura 49) es el conjunto de tiempos medios que se consume en los desplazamientos entre las localizaciones de los usos de suelo de cada zona. Esto es: el tiempo medio entre zonas y sus actividades. Estos tiempos son un dato aproximado y de escasa utilidad per se, más que obtener tiempos medios de acceso entre zonas.

Sin embargo, el tratamiento de esa información permite filtrar aquellos recorridos que excedan el “presupuesto de tiempo”, con lo que se puede obtener la

matriz de zonas-actividades accesibles/inaccesibles entre sí, que tiene un aspecto similar al de la Figura 50.

ZONA	CODE_SIOSE	USO SUELO	NOMBRE_ZC	0	26	21	21	26	21	18	30	30	22	8	21	41	34	12	23
segmento	SIN ACCESO	0	0	USO SUELO	Zona verde u Discontinuo	Ensanche	Ensanche	Zona verde l Ensanche	Zona verde l Ensanche	Industrial	Industrial	Servicio dots Ensanche	Ensanche	Ensanche	Industrial	Instalación a En			
umbral [HOR]	0,5	0	0	NOMBRE_ZC	Fuensaldaña	Cabezón de P	Cabezón de	Fuensaldaña	Cabezón de l	Laguna de Di	Renedo	Renedo	Castro nuevo Zona Norte	Castro nuevo Zona Norte	Cabezón de l	Zaratán	Tudela de Di	La Overuela	Cigales
	0	0	0	ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Figura 50. Matriz de accesibilidad entre zonas y usos de suelo: en blanco los trayectos inaccesibles, con texto los trayectos accesibles (con el tiempo en horas del trayecto). En la esquina superior el segmento social y el umbral del presupuesto del tiempo en la casilla coloreada, en horas. Fuente: elaboración propia.

Con esta tabla (Figura 50), asociando a las zonas residenciales la población residente de cada zona y a las zonas de actividad (cascos, zonas industriales...) los empleos, se obtienen los promedios de población, empleo u otros atributos de las otras zonas a las que se alcanza desde cada zona, lo que ofrece, para cada zona, un resumen de la proporción sobre el total a la que se tiene acceso en cada simulación.

5. APLICACIÓN DEL MODELO SOBRE EL ÁREA FUNCIONAL DE VALLADOLID. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

El siguiente capítulo contiene la aplicación práctica del marco teórico desarrollado previamente al ámbito territorial caracterizado en el capítulo 3. En primer lugar se define la metodología que se ha seguido, seguido de una evaluación del modelo mediante la simulación del llamado *Escenario 0*. A continuación se evalúan dos posibles escenarios de cambio. Por último se incluye un apartado con las respectivas valoraciones de los resultados obtenidos.

5.1. APLICACIÓN DEL MODELO

La aplicación de los enfoques anteriores al ámbito del estudio requiere de manera previa definir el tratamiento de la información disponible. En los siguientes apartados se describe de forma general la forma en que se ha zonificado el ámbito del estudio, cómo se ha analizado el sistema de usos de suelo y por último, como se ha tratado la información del sistema de transporte.

En conjunto, el procedimiento de trabajo seguido se resume en los siguientes pasos:

1. Zonificación del ámbito del estudio.
2. Tratamiento de la información estadística disponible para cada zona.
3. Tratamiento de la información de usos de suelo para la obtención de las localizaciones principales (denominados centroides²⁰).
4. Tratamiento de la información del sistema de transporte para caracterizar las localizaciones.
5. Cálculo de las distancias entre localizaciones.
6. Cálculo de los tiempos de desplazamiento entre localizaciones.
7. Cálculo de la accesibilidad entre localizaciones.
8. Tratamiento de la información obtenida de cada zona.

Seguidamente se describen motivadamente los pasos seguidos para la zonificación y el tratamiento de la información. Se ha reflejado un desarrollo

²⁰ Se denominará centroide a los centros geométricos de los polígonos que son resultado de agregar las coberturas de uso de suelo del mismo uso para cada zona. De esta forma, el centroide representa la localización media de cada uso de suelo en cada zona. En adelante se denomina centroide a las localizaciones más representativas de cada zona para cada uso, que serán el objeto del estudio.

pormenorizado tanto el proceso de obtención y tratamiento de información como de la implementación del modelo en el Anexo 8.3.

5.1.1. La zonificación del ámbito de estudio

Para el estudio que se emprende es necesario segregar las distintas zonas que componen el área funcional reflejadas en la Figura 51. Se opta por utilizar los municipios como zona de estudio, a excepción del municipio de Valladolid –que se divide en subzonas- y el de Tudela de Duero del que se separa Herrera de Duero. En el caso del municipio de Valladolid, este se ha dividido en 16 zonas coincidentes con los distritos de las zonas censales definidos por el INE²¹.

La información principal que se ha asignado a cada zona es la de población y empleo mediante la información proporcionada por el INE en su Estadística del Padrón Continuo. Para el empleo, a escala municipal se han utilizado las bases de datos de afiliación para todos los regímenes que ofrece el Sistema de Información Estadística de Castilla y León (SIECyL)²².

Se utiliza para la caracterización la media de empleos y población de los últimos cinco años (2014-2019), de manera que los datos sean representativos de todo el periodo²³. La *Tabla 7* recoge también las desviaciones estándar y los coeficientes de variación de todas las zonas. A excepción de algunos valores de empleo, las variaciones experimentadas no han supuesto que los valores medios del periodo dejen de ser representativos. Los valores que sí muestran una variabilidad relativa importante son aquellas que tienen valores muy bajos (empleo de Geria y Castronuevo de Esgueva), por lo que a efectos del modelo el error acumulado no es problemático.

²¹ Ver Anexo 8.3 para más detalle de la obtención de zonas.

²² Ver Anexo 8.3 para más detalle de la obtención de la información y su tratamiento, especialmente para las zonas submunicipales del municipio de Valladolid.

²³ Los valores para el periodo de cada zona se recogen en el Anexo 8.3.

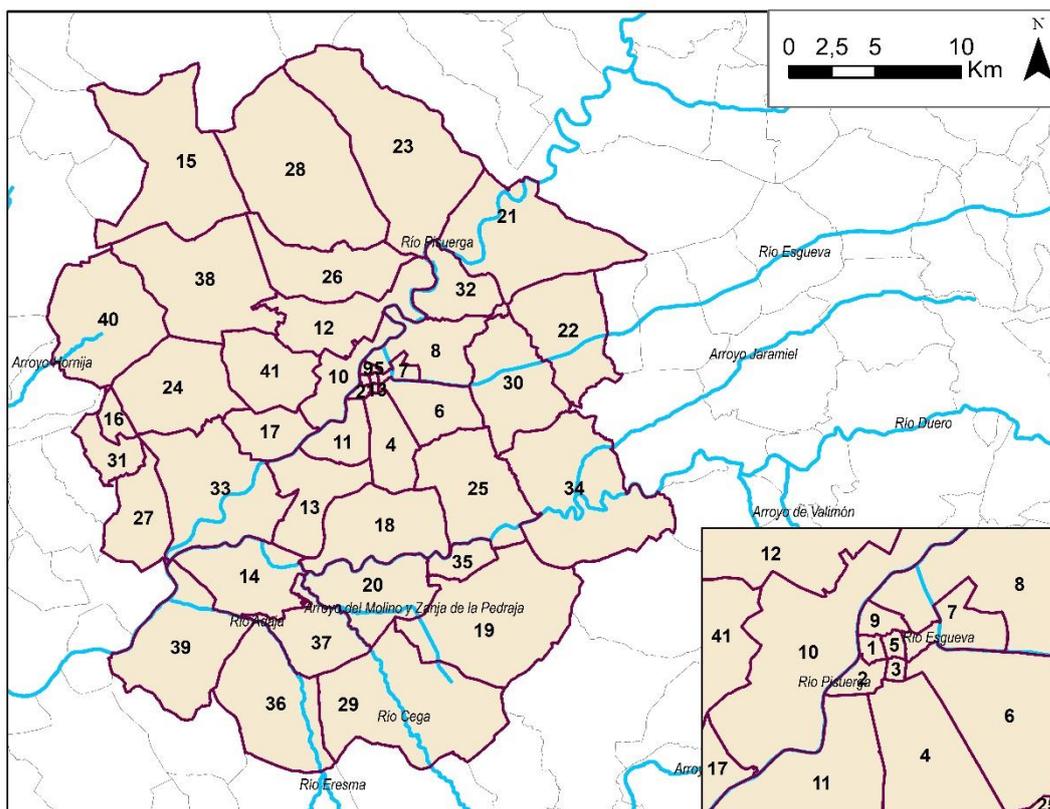


Figura 51. Mapa de zonificación. Fuente: elaboración propia.

Código zona	Nombre de zona	Población media	Empleo medio	σ población	σ empleo
1	Centro	3.903	6.605	58,9	300,3
2	Paseo Zorrilla (Bajo)	14.801	5.756	299,2	261,7
3	Caño Argales	7.310	6.605	87,6	300,3
4	Delicias	44.122	19.205	653,1	873,3
5	Universidad	4.777	6.605	57,6	300,3
6	Pajarillos-Circular	38.136	7.316	695	332,7
7	Esgueva	20.388	7.013	273,2	318,9
8	Zona Norte	34.657	9.615	722,1	437,2
9	San Nicolás	10.963	5.584	182,7	253,9
10	Zona Oeste	69.623	21.481	422,2	976,8
11	Paseo Zorrilla (Alto)	51.219	19.448	106,3	884,4
12	La Overuela-Berrocal	3.295	637	28,1	29
13	El Pinar de Antequera	953	3.986	13,4	181,2
14	Puente Duero	1.127	274	12,9	12,5
15	Enclave Navabuena	21	0	7,2	0
16	Enclave Rebollar	0	0	0	0
17	Arroyo de la Encomienda	18.234	4.123	1128,9	567,7
18	Laguna de Duero	22.627	2.830	63,4	284
19	Aldeamayor de San Martín	4.992	1.268	210,1	121,5
20	Boecillo	4.023	3.295	73,8	163
21	Cabezón de Pisuerga	3.648	631	33,4	60,5
22	Castronuevo de Esgueva	386	34	6,6	7,2
23	Cigales	5.041	421	27,3	10,8
24	Ciguñuela	389	35	5,2	4,1
25	Cistérniga	8.796	2.543	155,4	185,1
26	Fuensaldaña	1.522	353	63,9	52,2
27	Geria	513	171	5,1	51,2
28	Mucientes	699	67	12,7	2,4
29	La Pedraja de Portillo	1.132	110	16,6	8,1
30	Renedo	3.584	256	146,1	24,4
31	Robladillo	96	2	1,9	0
32	Santovenia de Pisuerga	4.184	1.120	104,1	149,8
33	Simancas	5.294	892	75,4	18
34	Tudela de Duero	7.031	888	112,4	36,9
35	Herrera de Duero	1.622	0	31,5	0
36	Valdestillas	1.712	251	38,4	20,2
37	Viana de Cega	2.017	124	4,8	15,5
38	Villanubla	2.548	1.263	101,9	83,2
39	Villanueva de Duero	1.184	105	12,1	7,8
40	Wamba	348	17	11,3	2,7
41	Zaratán	6.057	1.589	164,8	69,8

Tabla 7 Zonificación de la MIG Urbana Valladolid y su Alfoz Fuente: INE, PIMUSSVA, SIECyL.

5.1.2. Información de usos de suelo

Sobre esta zonificación se superpone la información de usos de suelo recopilada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en el proyecto SIOSE²⁴. En este caso se utilizan los datos de 2014.

Tal y como se ha argumentado, se eliminan del estudio las zonas de uso distintas a las urbanas. Para tal fin se reducen las superficies destinadas a actividades clasificadas como Cobertura artificial, dentro de las Coberturas Simples²⁵. A su vez se unifican las capas de cada tipo dentro de cada zona y el resultado se puede observar en la Figura 52.

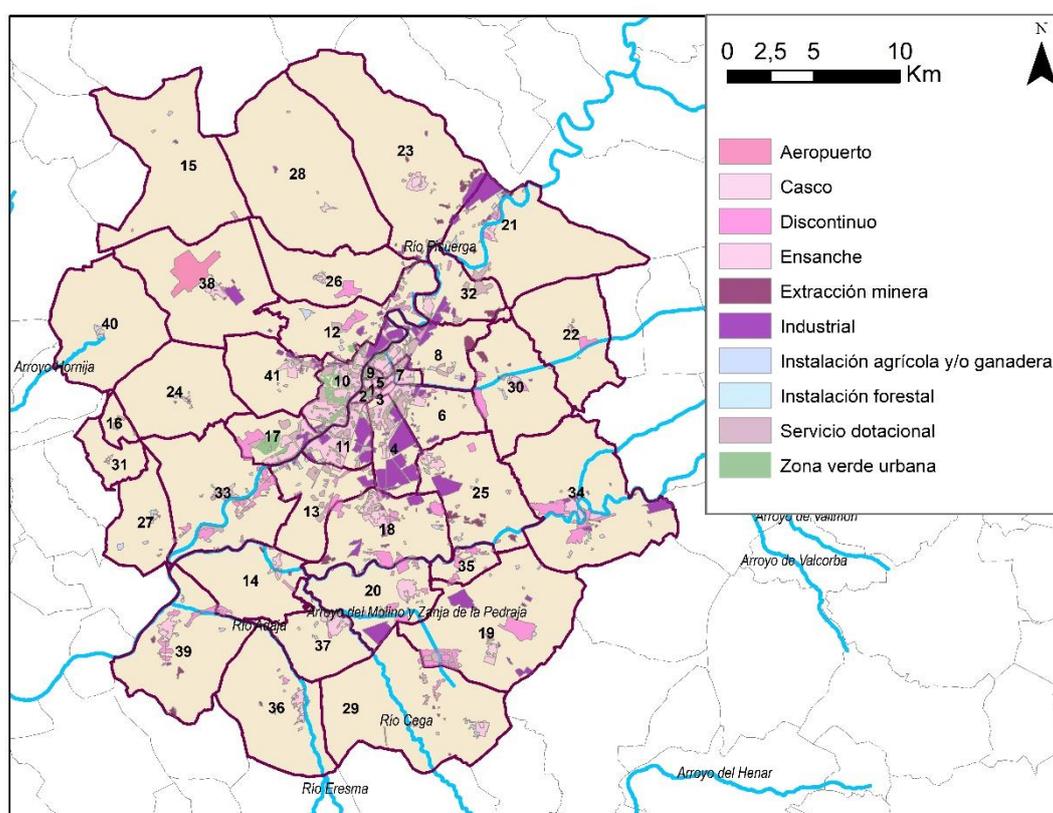


Figura 52. Mapa de usos de suelo. Coberturas. Fuente: elaboración propia.

A continuación se extraen los centroides para cada uso de suelo y cada zona. De los centroides se obtiene la matriz de distancias de las distintas zonas y usos de

²⁴ Web del proyecto: <https://www.siose.es/>

²⁵ Ver Anexo 8.3 para más detalle del filtrado de coberturas de suelo.

suelo, que servirá de base para caracterizar las distancias promedio para cada zona (ver procedimiento en Anexo 8.3).

La información que ofrecen los centroides permite apreciar las características de la ordenación del territorio de cada una de las zonas (ver Figura 53). Por ejemplo, se aprecian zonas con una concentración importante de las actividades residenciales por un lado y las productivas por otro, indicando una zonificación elevada pero poca dispersión. Las zonas verdes y los servicios dotacionales de algunas zonas están claramente cercanos a las zonas residenciales, como es el caso de los barrios de la capital (zona oeste, Delicias, zona este) o en Tudela de Duero lo que contrasta con zonas como Arroyo de la Encomienda, Aldeamayor de San Martín o Laguna de Duero, en las que se percibe una mayor dispersión y segregación de usos.

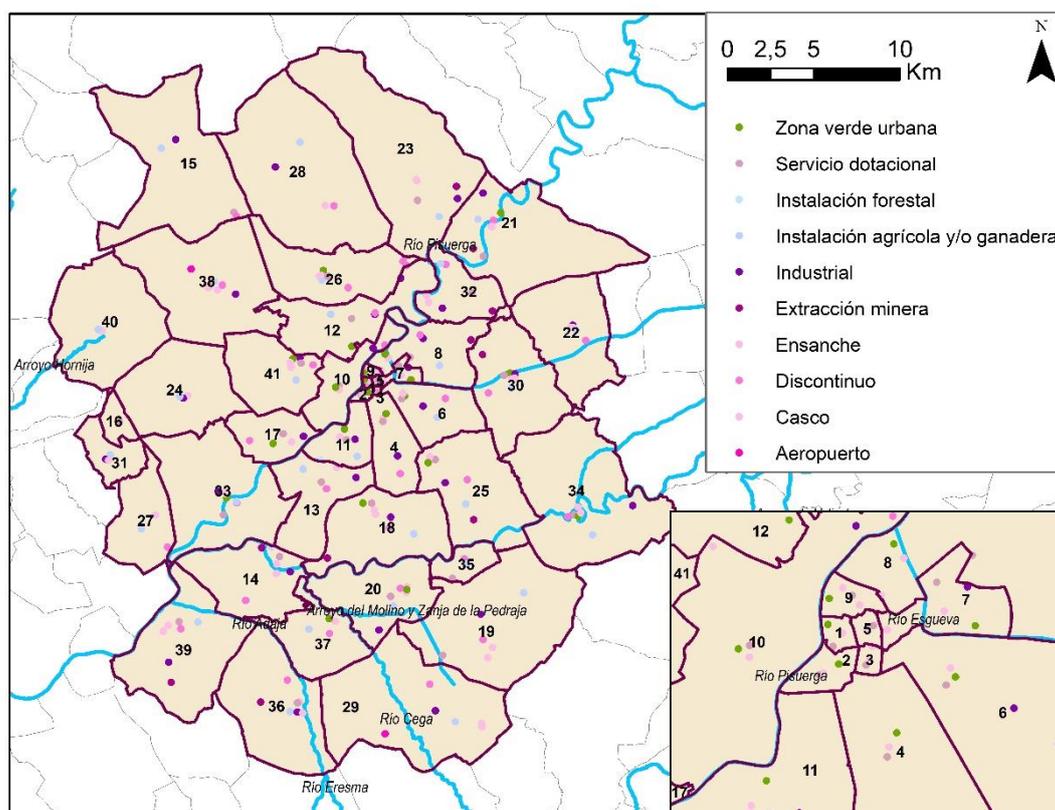


Figura 53. Mapa de usos de suelo. Centroides. Fuente: elaboración propia.

5.1.3. Información del sistema de transporte

El sistema de transporte, como se ha expuesto, se caracteriza por sus infraestructuras principales.

Para la representación del transporte público se han representado las paradas de autobús de AUVASA y se han situado paradas de autobús en los cascos urbanos

de aquellos núcleos en los que hay información de la existencia de servicios regulares de transporte colectivo²⁶, si bien la disparidad de servicios hace que esta sea una aproximación un tanto grosera.

Por otro lado, se omiten los trayectos en transporte colectivo que prestan algunas empresas, entre las que destaca Renault España S.A., tanto por el volumen de movilidad que desplaza como por la extensión de su red de transporte colectivo. Esta omisión no tiene efecto sobre el modelo dado que la mayoría de estas líneas discurren por el ámbito por el que discurren autobuses urbanos, por lo que su hipotética zona de influencia queda recogida dentro de las ya representadas.

Las redes de transporte definen áreas de influencia en el territorio. Así, se establece para las redes de transporte público un área de influencia de 300 metros, para las redes viarias secundarias de 300 metros y finalmente para las redes viarias principales de 1 kilómetro. Aquellos centroides del sistema de uso de suelo que quedan dentro del área de afección de una infraestructura de transporte (viario principal, viario secundario o transporte público) tienen una curva de velocidad distinta que aquellos que quedan fuera. De esta manera se representa la importancia para la accesibilidad de la cercanía a infraestructuras de transporte como condición previa al despliegue de la movilidad. El resultado se representa en la Figura 54.

²⁶ Estos municipios son: Laguna de Duero (ECSA), Tudela de Duero (Linecar), Castronuevo de Esgueva (Diputación), Renedo de Esgueva (Diputación), Cabezón de Pisuerga (La Regional VSA), Santovenia de Pisuerga (La Regional VSA), Cigales (La Regional VSA), Mucientes (La Regional VSA), Fuensaldaña (La Regional VSA), Villanubla, Villanueva de Duero (La Regional VSA) y Aldeamayor de San Martín (Linecar).

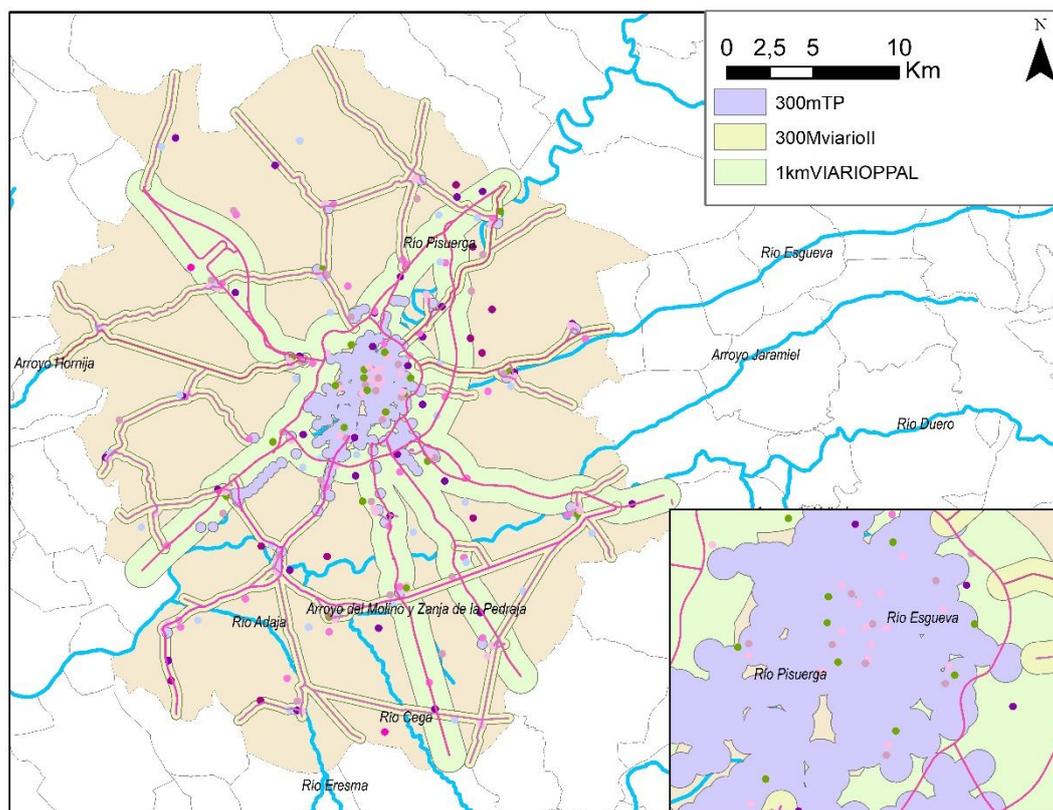


Figura 54. Mapa del sistema de transporte con zonas de influencia de infraestructuras y centroides. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, en todos los casos se define un sistema segmentado entre personas con acceso a vehículos privados a motor/acceso a coche y personas sin acceso. Esta distinción entre segmentos sociales y redes de transporte permite implementar una tabla de velocidades que permita el cálculo de tiempos de transporte entre zonas.

En cuanto a las velocidades, estas se van a modelar siguiendo el patrón expuesto²⁷. El comportamiento de la curva de velocidades para el cálculo de los tiempos es escalonado, lo que resulta realista ya que las velocidades que representa son velocidades medias. No se tarda lo mismo en recorrer una distancia corta -de las del primer tramo de cada vector- porque se suelen hacer en modos peatonales, que en recorrer distancias de otros tramos para las que hay que utilizar ya modos motorizados o transporte público. El resultado se recoge en la *Tabla 8*.

²⁷ El procedimiento concreto se expone en el Anexo 8.3.

Segmento social	Zona influencia	VECTOR DE VELOCIDADES				
Con acceso a coche	Viario principal	D (km)	0,5	2	15	50
		v (km/h)	4	15	60	90
	Viario secundario	VECTOR DE VELOCIDADES				
		D (km)	0,5	5	15	50
	Resto	v (km/h)	4	20	40	70
		VECTOR DE VELOCIDADES				
Sin acceso a coche	Resto	D (km)	2	15	30	50
		v (km/h)	4	4	4	4
Sin acceso a coche	TP	VECTOR DE VELOCIDADES				
		D (km)	2	15	30	50
		v (km/h)	4	13	20	20

Tabla 8. Tabla de velocidad-distancia para el escenario 0 Fuente: Elaboración propia.

La cuantificación de la velocidad se ha obtenido mediante simulaciones en el motor de búsqueda de rutas de Google. El mecanismo de asignación de rutas de esta empresa utiliza datos reales de desplazamientos, por lo que captura las velocidades reales a las que se realizan de manera estadísticamente relevante cada tramo de un trayecto. De manera análoga se establecen las modificaciones de estos vectores en los escenarios 1 y 2, simulando recorridos que utilizan sistemas de transporte que incluyan las variaciones que se definen.

5.2. EVALUACIÓN DEL MODELO – ESCENARIO 0

Con el planteamiento seguido hasta ahora y los datos que se han introducido, los resultados que ofrece el modelo se obtienen tras el cálculo de la accesibilidad de cada centroide.

Una vez obtenida la matriz de distancias entre centroides, el cálculo del tiempo entre centroides se obtiene aplicando la velocidad correspondiente a cada infraestructura (dependiente del centroide) y cada segmento social (opción a elegir en cada simulación). La tabla de tiempo nos permite extraer información sobre el promedio de tiempo que supone desplazarse desde cada localización al resto para cada segmento social. Esta información, agregada por zonas, se recoge en el Anexo 8.4.

A continuación, la manera de determinar si hay o no hay accesibilidad consiste en filtrar aquellos tiempos de viaje menores que el “presupuesto de tiempo”²⁸ para un viaje (fijado en media hora). El resultado se representa mediante líneas entre los centroides accesibles en la Figura 55.

Los datos de accesibilidad permiten, mediante la información de población y empleo, obtener la proporción de empleo y población que resulta accesible desde cada zona. Esto se consigue asociando a los centroides la información estadística correspondiente²⁹. Para hacer esta asociación, la asignación de atributos de empleo y población no se ha hecho sobre todos los centroides con la finalidad de dar más realismo al modelo. La población se ha asignado a los centroides que representan la posición relativa de los usos Casco, Ensanche y Discontinuo, mientras que el empleo se ha asignado a los centroides de los usos de Suelo Industrial, Casco y Ensanche.

De esta manera, obtenemos la cantidad de personas y de empleos a las que se tiene acceso desde cada zona para cada segmento y recogidos en la *Tabla 9*. Ese indicador nos representa la cantidad de personas o empleo del conjunto del área a las que es posible acceder desde cada zona. Por ejemplo: una zona con un 90% de empleo accesible para el segmento sin acceso a coche es una zona en la que el 90% de los empleos están a menos de media hora de trayecto sin necesidad de utilizar vehículo privado. En sentido contrario, esta cifra nos da una aproximación de la cantidad de personas y empleos de la MIG que quedan fuera del alcance de las personas según su residencia. Esto es especialmente sensible a la disponibilidad o no de vehículo privado, lo que captura el modelo mediante la definición de segmentos sociales. La diferencia de accesibilidad entre ambos segmentos se representa en las figuras 56 y 57, que informan sobre la proporción de empleos que sólo son accesibles en vehículo privado para cada zona.

²⁸ Este concepto y su valor se utiliza en coherencia con lo expuesto en el capítulo 2 y la literatura (v. gr.: Zahavi, 1979; Marchetti, 1994; Barbosa et al., 2018)

²⁹ El procedimiento se detallan en el Anexo 8.3.

ID	ZONA	Sin acceso		Con acceso	
		% de empleo accesible	% de población accesible	% de empleo accesible	% de población accesible
1	Centro	90,92%	83,04%	99,81%	97,98%
2	Paseo Zorrilla (Bajo)	90,68%	83,04%	99,74%	97,98%
3	Caño Argales	90,92%	83,91%	99,81%	97,98%
4	Delicias	91,88%	88,01%	100,00%	100,00%
5	Universidad	90,92%	83,91%	99,69%	97,86%
6	Pajarillos-Circular	90,86%	79,13%	100,00%	100,00%
7	Esgueva	91,10%	83,91%	100,00%	100,00%
8	Zona Norte	90,92%	79,49%	100,00%	100,00%
9	San Nicolás	90,92%	83,04%	99,10%	98,40%
10	Zona Oeste	89,14%	80,91%	100,00%	100,00%
11	Paseo Zorrilla (Alto)	91,88%	87,14%	100,00%	100,00%
12	La Overuela-Berrocal	69,80%	63,86%	100,00%	100,00%
13	El Pinar de Antequera	92,25%	87,90%	100,00%	100,00%
14	Puente Duero	5,69%	8,58%	100,00%	100,00%
15	Enclave Navabuena	0,00%	0,01%	99,92%	100,00%
16	Enclave Rebollar	0,00%	0,00%	53,45%	56,71%
17	Arroyo de la Encomienda	78,86%	68,76%	100,00%	100,00%
18	Laguna de Duero	39,17%	37,47%	100,00%	100,00%
19	Aldeamayor de San Martín	0,89%	1,48%	100,00%	100,00%
20	Boecillo	2,31%	0,97%	100,00%	100,00%
21	Cabezón de Pisuerga	0,74%	1,90%	100,00%	100,00%
22	Castro nuevo de Esgueva	0,20%	0,96%	100,00%	100,00%
23	Cigales	1,03%	3,65%	100,00%	100,00%
24	Ciguñuela	0,02%	0,09%	100,00%	100,00%
25	Cistérniga	72,53%	64,86%	100,00%	100,00%
26	Fuensaldaña	1,03%	1,38%	100,00%	100,00%
27	Geria	0,12%	0,12%	100,00%	100,00%
28	Mucientes	0,05%	0,17%	100,00%	100,00%
29	La Pedraja de Portillo	0,08%	0,27%	100,00%	100,00%
30	Renedo	19,57%	26,67%	100,00%	100,00%
31	Robladillo	0,00%	0,02%	100,00%	100,00%
32	Santovenia de Pisuerga	1,03%	9,77%	100,00%	100,00%
33	Simancas	6,63%	6,32%	100,00%	100,00%
34	Tudela de Duero	0,62%	1,70%	100,00%	100,00%
35	Herrera de Duero	0,00%	0,39%	100,00%	100,00%
36	Valdestillas	0,18%	0,41%	100,00%	100,00%
37	Viana de Cega	4,75%	7,63%	100,00%	100,00%
38	Villanubla	2,27%	2,55%	100,00%	100,00%
39	Villanueva de Duero	0,07%	0,29%	100,00%	100,00%
40	Wamba	0,01%	0,08%	100,00%	100,00%
41	Zaratán	89,27%	80,61%	100,00%	100,00%

Tabla 9. Tabla de accesibilidades para cada zona en el escenario 0 Fuente: Elaboración propia.

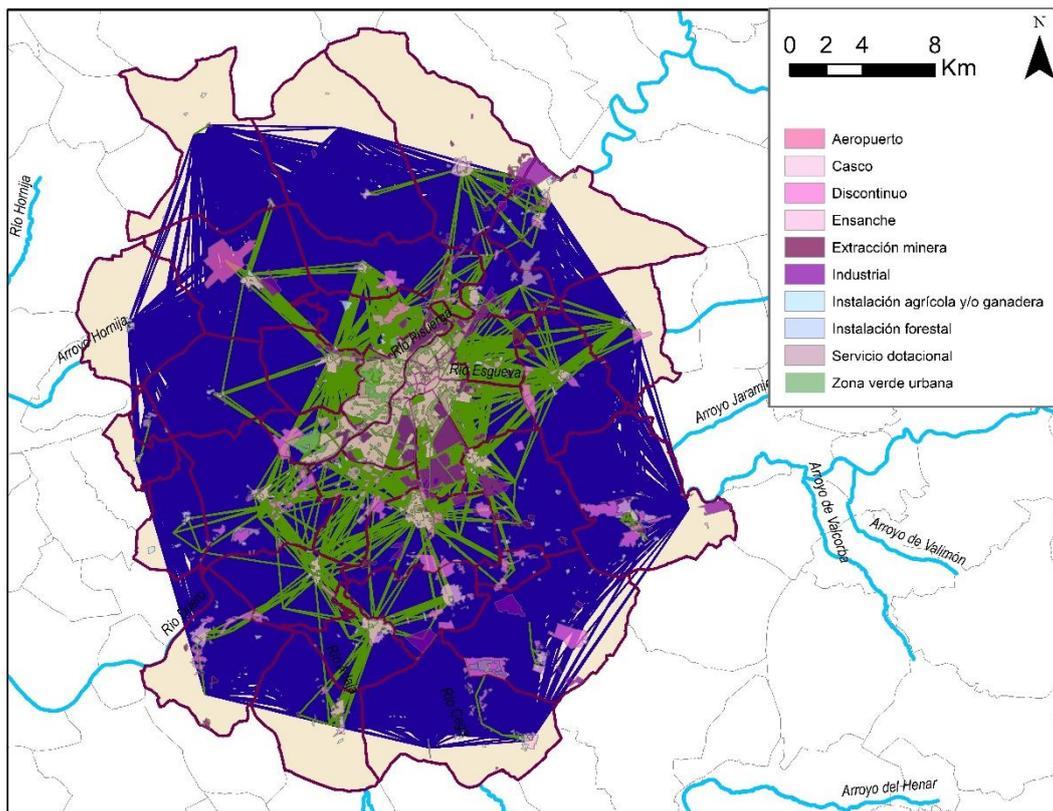


Figura 55. Mapa de accesibilidades del modelo. En azul las zonas accesibles para el segmento con acceso a motorización. En verde las zonas accesibles para el segmento sin motorización. Fuente: elaboración propia.

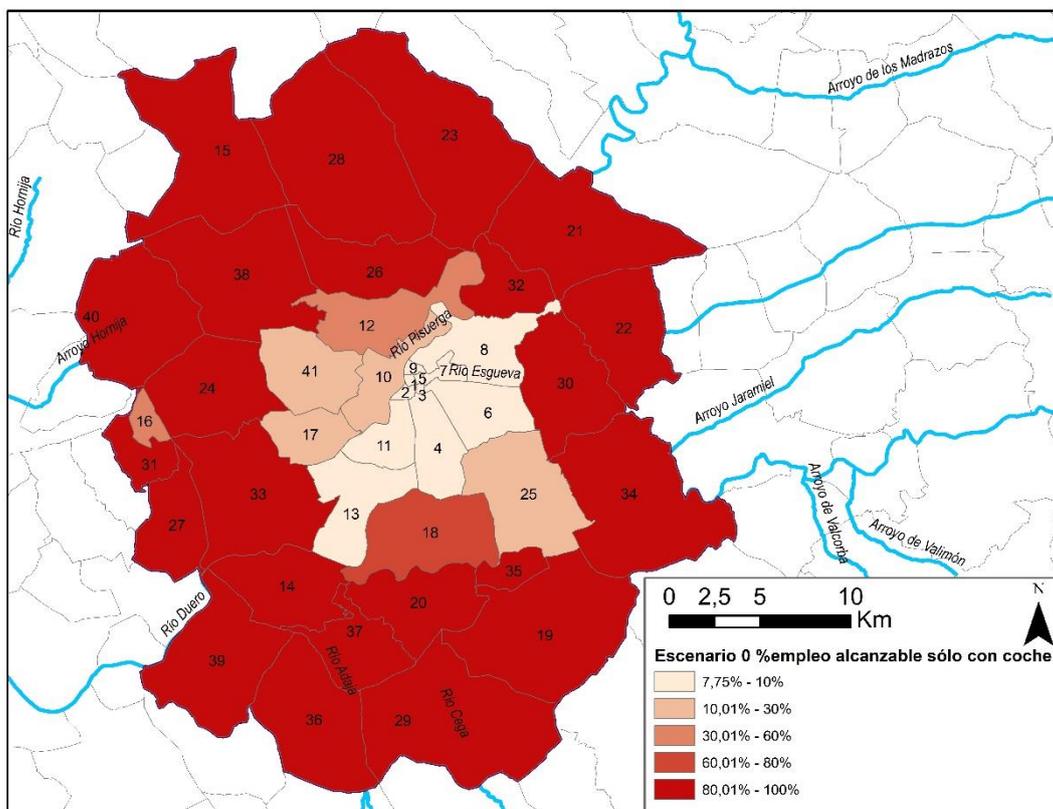


Figura 56. Mapa de proporción de empleos que sólo se pueden alcanzar en modos motorizados privados para cada zona. Fuente: elaboración propia.

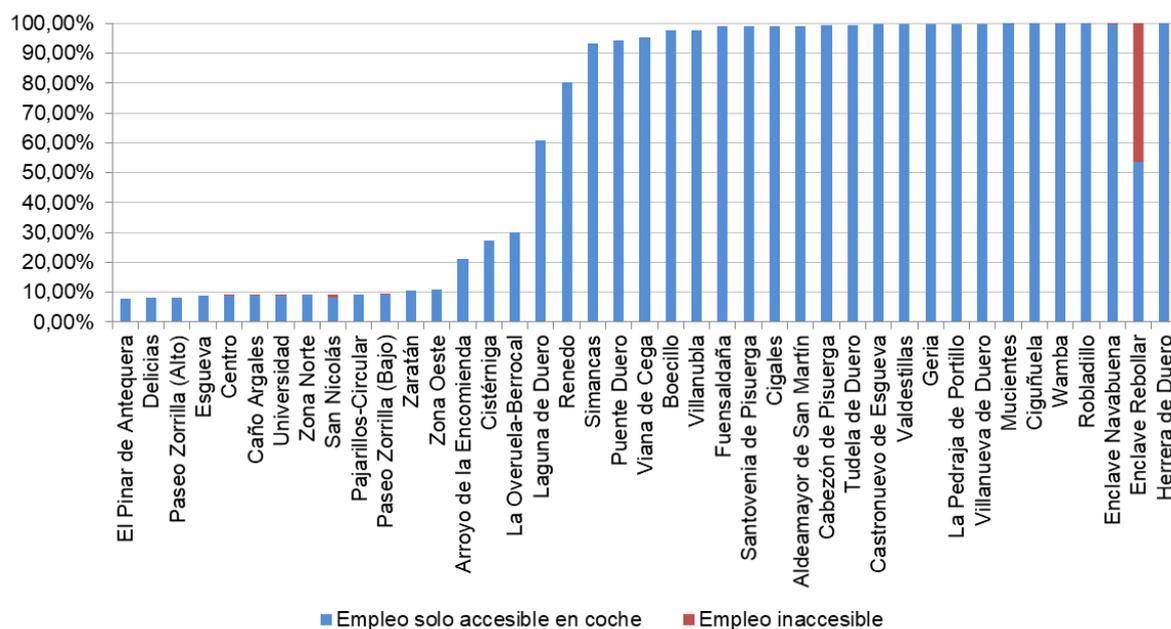


Figura 57. Proporción de empleos accesibles para cada zona solo en coche e empleo inaccesible. Fuente: elaboración propia.

5.3. EVALUACIÓN DE OTROS ESCENARIOS:

5.3.1. Escenario 1: evaluación del impacto en la accesibilidad en la MIG de la implantación de un sistema de cercanías

Este escenario evalúa el efecto en la accesibilidad entre las zonas del área del estudio que tendría la articulación del corredor ferroviario como eje de la movilidad norte-sur para el ámbito. Para tal fin se han planteado varias propuestas en este sentido:

- El Plan Integral de Movilidad Urbana de Valladolid (PIMUVA)³⁰ contemplaba para las actuaciones a largo plazo varias actuaciones vinculadas al vial que se preveía discurriera por el trazado de la plataforma ferroviaria soterrada. Esas actuaciones incluían un posible nuevo modo de tranvía-metro ligero cuyo mayor potencial recorría el eje norte-sur.
- En 2015, Comisiones Obreras (CCOO) publicó un informe (Riol, 2015) en el que se evaluaba la posible implementación de una red de cercanías entre Palencia y Medina del Campo que atravesaría el área funcional de Valladolid

³⁰ Aprobado por el Pleno del Ayuntamiento de Valladolid en fecha 02.11.2004 y publicado en el Boletín Oficial de la Provincia de Valladolid de fecha 01.03.2005.

umentando los servicios ferroviarios que se prestan actualmente en las distintas estaciones que existen e incluiría nuevas estaciones.

En ambos casos la propuesta ha quedado lejos de materializarse. En el primero por la condición necesaria de darse un soterramiento de las vías ferroviarias principales que no va a producirse conforme al convenio firmado entre ADIF, ADIF-Alta Velocidad, Renfe-Operadora, la Sociedad Valladolid Alta Velocidad 2003 S.A., la Junta de Castilla y León y el Ayuntamiento de Valladolid.³¹

Por otro lado, la propuesta de implementar una red de cercanías en el eje propuesto por CCOO quedó descartada por el INECO en la última *Revisión de los servicios ferroviarios de viajeros declarados como obligación de servicio público*. En dicha revisión se estimaba suficiente la oferta de servicios y la flexibilidad de los mismos para ese eje, si bien se admite que es necesaria una mejor coordinación para cubrir el eje Palencia-Medina del Campo de manera continua (Ineco, 2017, p.318).

A la vista de estos antecedentes, queda patente que la posibilidad de utilizar el corredor ferroviario para estructurar el sistema metropolitano de Valladolid es una opción que se ha estudiado y descartado bien por contingencias sobrevenidas, bien por la adopción de enfoques de escala regional para los que la movilidad interior del área metropolitana es secundaria.

Desde el punto de vista de la movilidad interior, es obvia la necesidad de ampliar la cobertura de la red para el segmento de personas sin acceso a movilidad motorizada. Una de las opciones es reabrir la posibilidad de utilizar el corredor ferroviario de viajeros que está en operación para dotar de una mayor accesibilidad interior a la MIG a las zonas afectadas. Esto podría hacerse de distintas maneras:

- Mediante una red de cercanías con suficiente cobertura de frecuencias que aprovechara la infraestructura existente para desplegarse.
- Mediante un aumento en la oferta de los servicios ferroviarios existentes, una mejora de su coordinación y de sus prestaciones para convertirse en un modo preferente para la movilidad interna.

³¹ Resolución del 22.12.2017, publicado en el Boletín Oficial del Estado del 25.01.2018. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2018-947

- Mediante un sistema de metro ligero o similar instalado en las inmediaciones del trazado ferroviario actual, que permitiera disponer de numerosas paradas y una gran cobertura espacial, sin menoscabar la oferta actual de servicios ferroviarios.

Cualquiera de estas alternativas debería implementarse con una reorientación de los servicios de transporte colectivo, principalmente autobuses urbanos e interurbanos, para combinarse con este servicio. Esta reordenación conseguiría mejoras en la velocidad media total de desplazamiento aprovechando la combinación de modos y amplificaría aún más la disponibilidad espacial de acceso a este modo de transporte.

Además, cabe señalar la existencia de al menos dos vías ferroviarias en desuso que discurrían dentro del área. Una es la línea entre Zaratán y Villanubla, actualmente una vía verde en el término municipal de Zaratán. La otra es la vía de Ariza, que dentro del área de estudio comunicaría el eje principal ferroviario con el barrio de las delicias, la zona industrial del sur de Valladolid, Laguna de Duero y Tudela de Duero. Dicha vía está en funcionamiento para el transporte de mercancías desde las factorías de Renault España S.A. del sur de Valladolid y abandonada en el resto del trazado.

Por otro lado, la variante de mercancías que circunda la ciudad de Valladolid es un proyecto cuya ejecución completa está contemplada en el citado convenio entre administraciones, por lo que la red ferroviaria en activo por la zona Este de la ciudad va a terminar de desplegarse según los compromisos adoptados.

5.3.1.1. Implementación en el modelo

Para evaluar el efecto potencial sobre la movilidad que podría tener esta política en el área de estudio se supone que en el trazado de viajeros actual se adopta cualquiera de las alternativas planteadas previamente. Del mismo modo que se ha planteado para los otros modos de transporte, la infraestructura ferroviaria estaría desplegando a su paso un área de influencia que se impone sobre las zonas de actividad urbana que atraviesa, reflejado en la Figura 58.

Se adopta tan sólo el trazado actual de la línea de viajeros, a pesar de que como se ha indicado el trazado podría ampliarse al menos hasta las factorías del sur de Valladolid, dado que son vías en uso. Sin embargo, se adopta en este sentido una posición conservadora.

Por otro lado, en vez de aplicar el área de influencia sobre las estaciones existentes o planteadas para las alternativas referidas se ha preferido hacer un área de influencia continua del mismo modo que funcionan los viarios. De esta manera el modelo captura esos efectos sinérgicos que se despliegan en torno a cualquiera de las alternativas, haciendo que una adecuada combinación de modos permita aumentar las velocidades de circulación de los segmentos sociales sin acceso a movilidad motorizada, como refleja la *Tabla 10*.³²

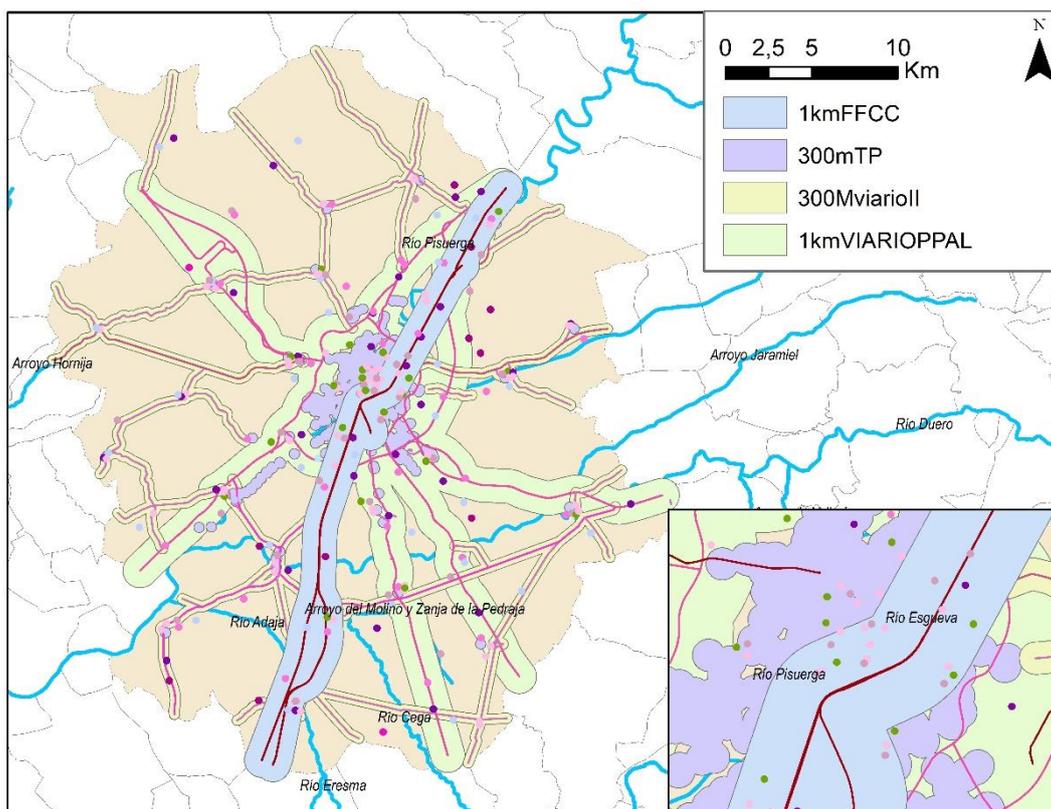


Figura 58. Mapa del sistema de transporte con zonas de influencia de infraestructuras, incluyendo ferrocarril y centroides. Fuente: elaboración propia

³² Para la inserción de velocidades medias asociadas al modo ferroviario, se ha consultado el motor de búsqueda para las distancias consignadas con el mismo procedimiento expuesto en apartados anteriores y en el Anexo 8.3 para núcleos urbanos con servicios similares a los descritos: Zaragoza, Oviedo y Bilbao.

Segmento social	Zona influencia					
Con acceso a coche	Viario principal	VECTOR DE VELOCIDADES				
		D (km)	0,5	2	15	50
	Viario secundario	VECTOR DE VELOCIDADES				
		D (km)	0,5	5	15	50
	Resto	VECTOR DE VELOCIDADES				
		D (km)	1	5	20	50
Sin acceso a coche	Resto	VECTOR DE VELOCIDADES				
		D (km)	2	15	30	50
	TP	VECTOR DE VELOCIDADES				
		D (km)	2	15	30	50
	FFCC	VECTOR DE VELOCIDADES				
		D (km)	2	5	15	50
		v (km/h)	4	13	20	33

Tabla 10. Vectores de velocidad para el escenario 1. Fuente: Elaboración propia.

5.3.1.2. Resultados de la evaluación

Se ofrecen a continuación los resultados de la evaluación siguiendo la misma metodología que para el escenario anterior. La Figura 49 representa las accesibilidades entre localizaciones, mientras que en la tabla 11 y las Figuras 60 y 61 se ofrece y representa la información de acceso a empleos, con la diferencia respecto al escenario 0. El resumen de datos de tiempos para cada zona y segmento se recoge en el Anexo 8.5.

ID	ZONA	Sin acceso		Con acceso	
		% de empleo accesible	% de población accesible	% de empleo accesible	% de población accesible
1	Centro	94,88%	90,83%	99,81%	97,98%
2	Paseo Zorrilla (Bajo)	94,62%	91,99%	99,74%	97,98%
3	Caño Argales	95,50%	90,83%	99,81%	97,98%
4	Delicias	97,59%	93,96%	100,00%	100,00%
5	Universidad	94,73%	91,59%	99,69%	97,86%
6	Pajarillos-Circular	94,15%	90,99%	100,00%	100,00%
7	Esgueva	98,47%	92,46%	100,00%	100,00%
8	Zona Norte	98,00%	93,49%	100,00%	100,00%
9	San Nicolás	90,92%	83,04%	99,10%	98,40%
10	Zona Oeste	89,14%	80,91%	100,00%	100,00%
11	Paseo Zorrilla (Alto)	98,97%	97,36%	100,00%	100,00%
12	La Overuela-Berrocal	69,80%	63,86%	100,00%	100,00%
13	El Pinar de Antequera	96,10%	93,96%	100,00%	100,00%
14	Puente Duero	5,69%	8,58%	100,00%	100,00%
15	Enclave Navabuena	0,00%	0,01%	99,92%	100,00%
16	Enclave Rebollar	0,00%	0,00%	53,45%	56,71%
17	Arroyo de la Encomienda	78,86%	68,76%	100,00%	100,00%
18	Laguna de Duero	62,07%	62,54%	100,00%	100,00%
19	Aldeamayor de San Martín	0,89%	1,48%	100,00%	100,00%
20	Boecillo	2,31%	0,97%	100,00%	100,00%
21	Cabezón de Pisuerga	91,37%	90,50%	100,00%	100,00%
22	Castro nuevo de Esgueva	0,20%	0,96%	100,00%	100,00%
23	Cigales	1,03%	3,65%	100,00%	100,00%
24	Ciguñuela	0,02%	0,09%	100,00%	100,00%
25	Cistérniga	72,53%	64,86%	100,00%	100,00%
26	Fuensaldaña	1,03%	1,38%	100,00%	100,00%
27	Geria	0,12%	0,12%	100,00%	100,00%
28	Mucientes	0,05%	0,17%	100,00%	100,00%
29	La Pedraja de Portillo	0,08%	0,27%	100,00%	100,00%
30	Renedo	19,57%	26,67%	100,00%	100,00%
31	Robladillo	0,00%	0,02%	100,00%	100,00%
32	Santovenia de Pisuerga	91,79%	95,97%	100,00%	100,00%
33	Simancas	6,63%	6,32%	100,00%	100,00%
34	Tudela de Duero	0,62%	1,70%	100,00%	100,00%
35	Herrera de Duero	0,00%	0,39%	100,00%	100,00%
36	Valdestillas	34,72%	32,34%	100,00%	100,00%
37	Viana de Cega	55,56%	69,14%	100,00%	100,00%
38	Villanubla	2,27%	2,55%	100,00%	100,00%
39	Villanueva de Duero	0,07%	0,29%	100,00%	100,00%
40	Wamba	0,01%	0,08%	100,00%	100,00%
41	Zaratán	89,27%	80,61%	100,00%	100,00%

Tabla 11 Tabla de accesibilidades para cada zona en el escenario 1 Fuente: Elaboración propia

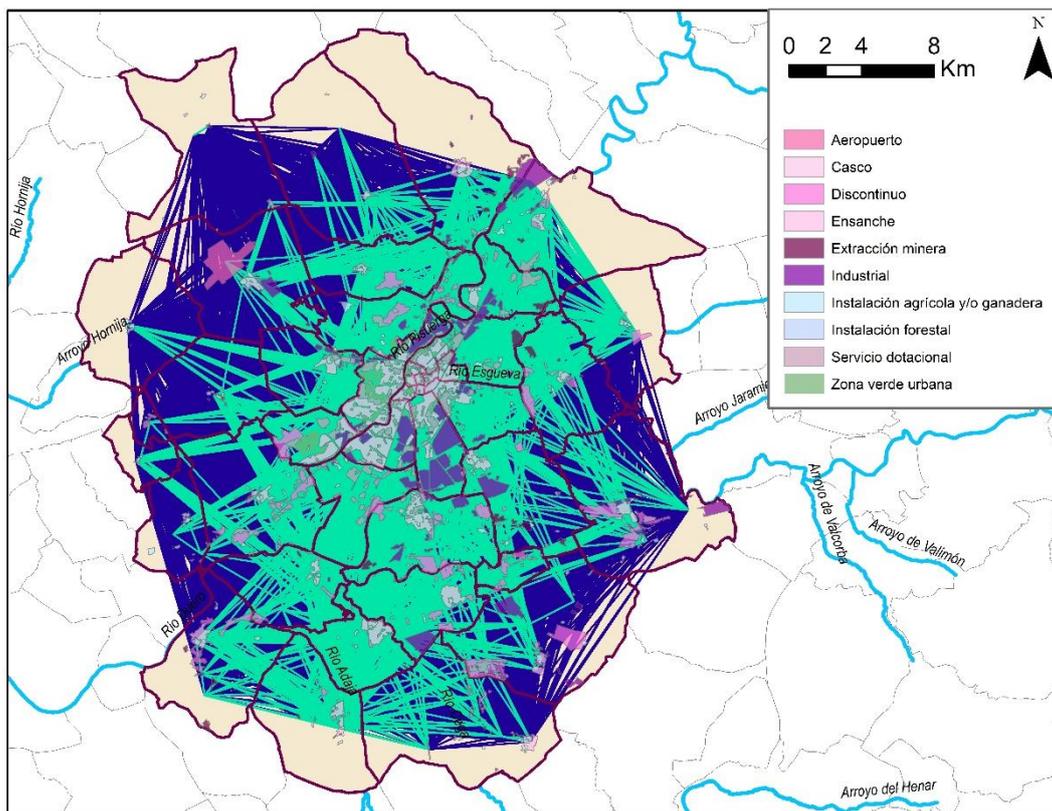


Figura 59. Mapa de accesibilidades del modelo. En azul las zonas accesibles para el segmento con acceso a motorización. En verde las zonas accesibles para el segmento sin motorización. Fuente: elaboración propia.

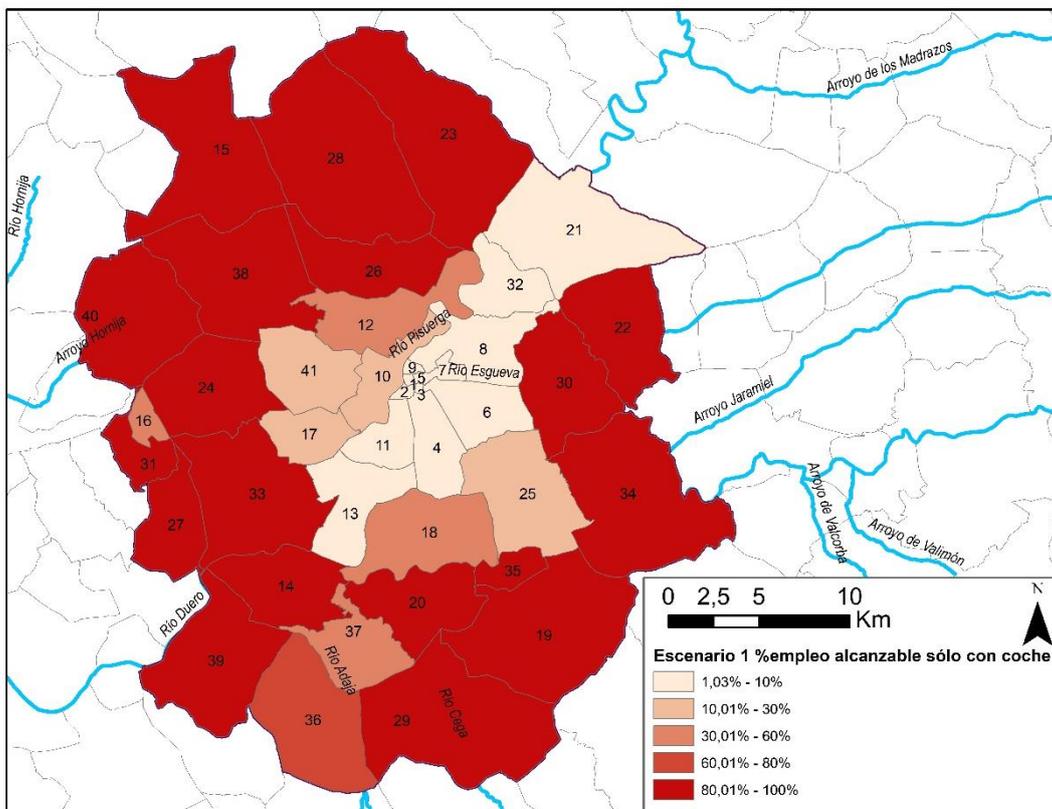


Figura 60. Mapa de proporción de empleos que sólo se pueden alcanzar en modos motorizados privados para cada zona. Fuente: elaboración propia.

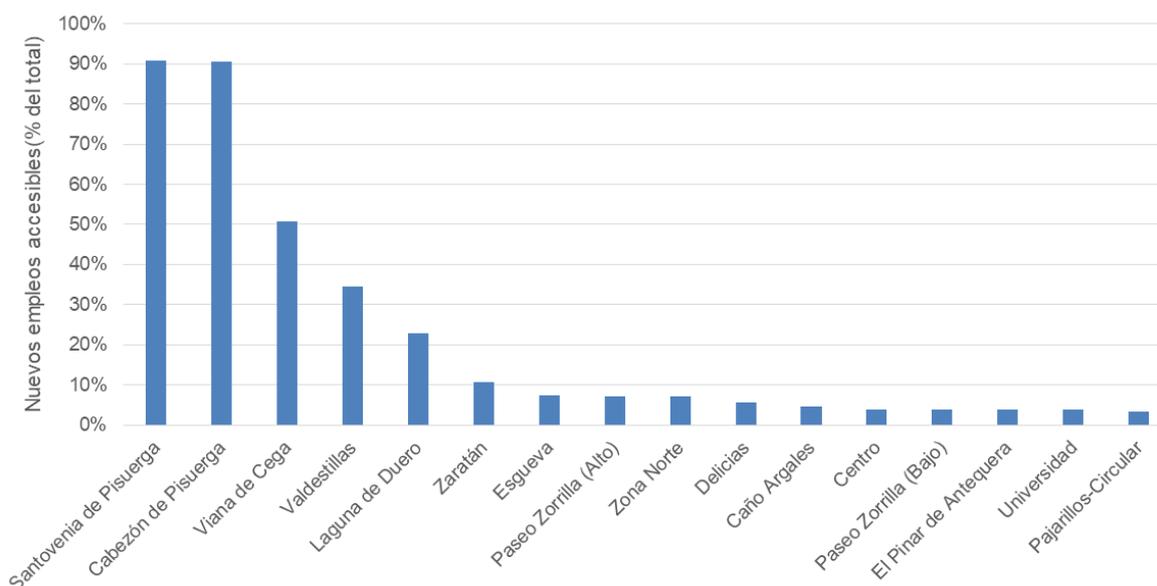


Figura 61. Empleos accesibles sin motorización en el escenario 1 que no lo eran en el escenario 0. Fuente: elaboración propia

5.3.2. Escenario 2: evaluación del impacto en la accesibilidad en la MIG de los proyectos de ampliación de la VA30 y desdoble de la A62

El segundo objeto de evaluación en el área del estudio es el proyecto promovido por el Ministerio de Fomento que persigue la ampliación de las infraestructuras viarias de alta capacidad que se desarrollan íntegramente en el interior del área funcional de Valladolid.

El primero de los proyectos es la finalización de la Ronda Exterior Oeste VA-30, que comunicaría los municipios de Arroyo de la Encomienda y Villanubla mediante una ampliación de la Ronda Exterior de 8,416 kilómetros entre la A-60 y la A-62. Este proyecto, promovido por la Dirección General de Carreteras, y con fecha 24.01.2019 se anunciaba en el Boletín Oficial del Estado con la aprobación del Estudio Informativo “VA-30. Ronda Exterior Oeste de Valladolid”, en el cual se elegía una de las alternativas planteadas con un presupuesto estimado de licitación de 53.081.142,13 €.

El segundo proyecto es la ampliación de la autovía A-62 entre los municipios de Cigales y Simancas. El proyecto de trazado “Mejora de capacidad y funcionalidad de la Autovía de Castilla (A-62). Tramo: Cigales-Simancas. Desde el p.k. 118+100 al 140+500” fue aprobado junto con su estudio de impacto ambiental mediante una resolución de la Dirección General de Carreteras de fecha 15.04.2019. El proyecto

consiste en la remodelación de los enlaces de la autovía, la ampliación en todo el tramo de la plataforma para albergar tres carriles en los dos sentidos y el soterramiento de la misma a su paso por Simancas. El presupuesto base de licitación asciende a 162.692.473,05 €.

Como queda expuesto, ambas tramitaciones están avanzadas y son actuaciones que se justifican en la mejora de la capacidad de los viarios. A este respecto cabe recordar que la autovía A-62 forma parte de un itinerario europeo (E-80) y soporta una alta intensidad circulatoria de mercancías entre el oeste peninsular y el resto de Europa. El proyecto recoge una justificación de su necesidad en una proyección de crecimiento hasta 2041 según la cual el flujo de vehículos aumenta en todos los tramos de la intervención entre un 20% y un 60%, lo que derivaría en una saturación de la capacidad de la vía en algunos puntos.³³

Con respecto a la ampliación de la VA-30 según su trazado original, la motivación se justifica en enlazar directamente la ronda con la futura autovía que comunique Valladolid con León, también en tramitación.

Ambos proyectos discurren enteramente por el área funcional de Valladolid, pero obedecen a una planificación de mayor escala que persigue evitar las complicaciones viarias (congestión, accidentes...) que puedan suponer para el tráfico regional, nacional e internacional los recorridos internos de la zona urbana. En consecuencia, no pueden entenderse como proyectos que busquen la mejora de la accesibilidad interior de la zona, con excepción de algunos trayectos concretos que se realicen en modos motorizados.

5.3.2.1. *Implementación en el modelo*

En el modelo, la ampliación de la VA-30 y el aumento de capacidad de la A-62 suponen un aumento de la dotación de viarios principales por un lado y un aumento de la velocidad media para las zonas con acceso a viarios principales por otro. Esta segunda derivada del aumento de capacidad se justifica para todas las zonas con acceso a viario por el efecto de succión del tráfico “de paso” que supondría la existencia de una vía de alta capacidad, que evitaría la puntual congestión que pueda

³³ No consta en el proyecto la justificación de esta previsión de crecimiento, salvo la homogeneidad con la ampliación también prevista en el tramo de Venta de Baños- Dueñas y en el tramo de Simancas-Tordesillas, ambas coherentes con los *parámetros de eficiencia para los estudios y proyectos de carreteras* recogidos en la ORDEN FOM/3317/2010, que establece que a partir de 2017 los incrementos de tráfico en carretera son de un 1,44% anual.

darse en los recorridos internos. Sin embargo, el aumento de velocidad que se estima en este ensayo va a ser menor, dado que la velocidad comercial que actualmente ofrecen los viarios principales del sistema de transporte ya es elevada y se acerca al límite legal de velocidad en dichas vías (tabla 12).

Como se aprecia en el mapa de la Figura 62, ambas intervenciones no afectan a más zonas de las que ya estaban.

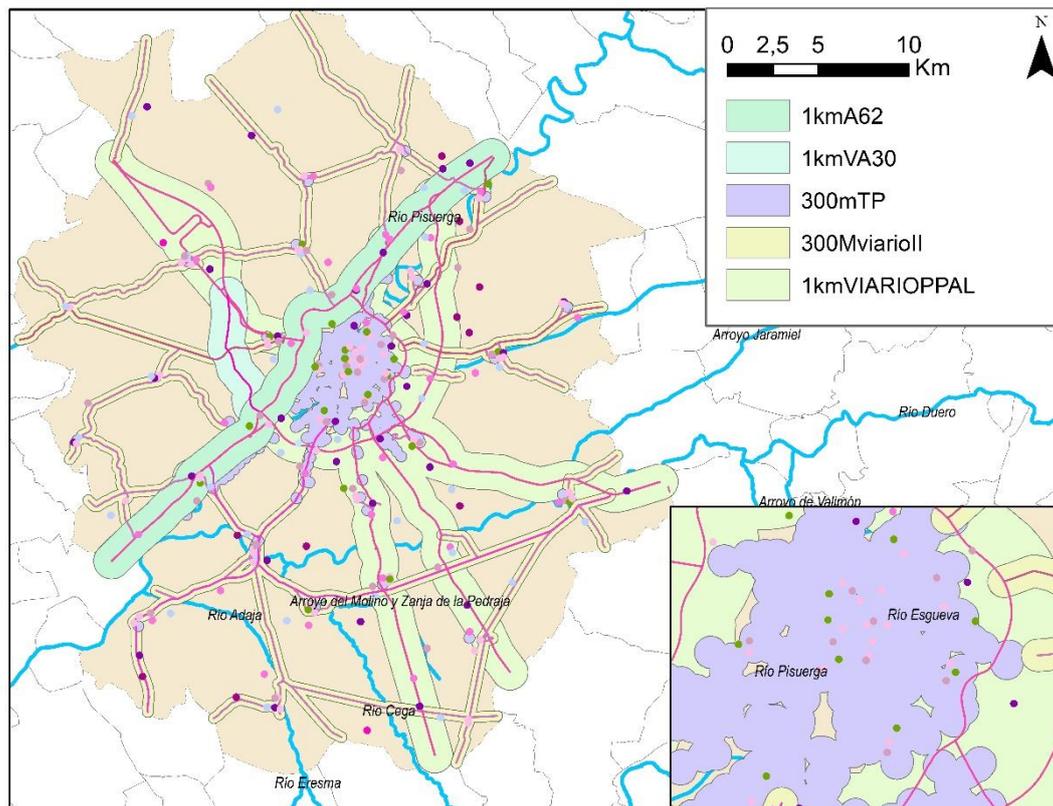


Figura 62. Mapa del sistema de transporte con zonas de influencia de infraestructuras, ampliaciones viarias y centroides. Fuente: elaboración propia

Segmento social	Zona influencia					
Con acceso a coche	Viario principal	VECTOR DE VELOCIDADES				
		D (km)	0,5	2	15	50
		v (km/h)	4	15	60	110
	Viario secundario	VECTOR DE VELOCIDADES				
		D (km)	0,5	5	15	50
		v (km/h)	4	20	40	70
Resto	VECTOR DE VELOCIDADES					
	D (km)	1	5	20	50	
	v (km/h)	4	10	30	60	
Sin acceso a coche	Resto	VECTOR DE VELOCIDADES				
		D (km)	2	15	30	50
		v (km/h)	4	4	4	4
	TP	VECTOR DE VELOCIDADES				
D (km)		2	15	30	50	
	v (km/h)	4	13	20	20	

Tabla 12. Vectores de velocidad para el escenario 2. Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.2. Resultados de la evaluación

Se ofrecen a continuación los resultados de la evaluación siguiendo la misma metodología. La simulación arroja la misma situación que en el escenario original, lo que era previsible dado que inicialmente el segmento de personas con acceso a movilidad motorizada ya era alto y la intervención planteada ni afecta a las personas sin acceso ni a las zonas que previamente estaban excluidas de los viarios principales.

Sí se aprecian modestas mejoras en los tiempos medios de algunas zonas, debido al aumento de velocidad que se ha argumentado previamente. En promedio, se reduce en un minuto el tiempo medio de acceso entre zonas. Se ofrecen los resultados de tiempos medios de cada zona en el Anexo 8.6. La tabla 13 refleja la variación de las velocidades de cada zona respecto el escenario inicial.

		Escenario 0		Escenario 2		reducción tiempo (Min)
		t medio (Min)	σ medio (Min)	t medio (Min)	σ medio (Min)	
1	Centro	21,24	8,18	21,1	8,23	-0,13
2	Paseo Zorrilla (Bajo)	21,52	8,22	21,45	8,25	-0,07
3	Caño Argales	20,9	8,55	20,8	8,58	-0,1
4	Delicias	8,71	3,6	8,36	3,41	-0,35
5	Universidad	20,78	8,43	20,62	8,48	-0,16
6	Pajarillos-Circular	8,88	3,76	8,48	3,48	-0,4
7	Esgueva	13,58	5,69	13,22	5,51	-0,36
8	Zona Norte	14,28	5,51	13,79	5,28	-0,5
9	San Nicolás	20,73	8,08	20,47	8,16	-0,26
10	Zona Oeste	19,1	6,99	18,87	6,95	-0,24
11	Paseo Zorrilla (Alto)	16,33	5,49	16,17	5,46	-0,16
12	La Overuela-Berrocal	11,19	4,51	10,6	4,12	-0,59
13	El Pinar de Antequera	12,58	4,46	12,3	4,37	-0,28
14	Puente Duero	18,88	5,58	18,12	5,63	-0,76
15	Enclave Navabuena	25,28	6,31	22,95	6,84	-2,33
16	Enclave Rebollar	27,1	6,91	25,54	7,98	-1,55
17	Arroyo de la Encomienda	10,19	3,24	9,73	3,04	-0,46
18	Laguna de Duero	12,9	4,24	12,48	4,12	-0,42
19	Aldeamayor de San Martín	17,78	4,94	16,25	4,89	-1,53
20	Boecillo	12,88	4,09	12,04	3,78	-0,84
21	Cabezón de Pisuerga	17,55	5,32	16,17	4,84	-1,38
22	Castronuevo de Esgueva	18,72	4,7	17,42	4,51	-1,3
23	Cigales	18,2	5,3	16,65	4,9	-1,55
24	Ciguñuela	15,79	3,96	14,97	3,85	-0,82
25	Cistérniga	12,74	4,32	12,26	4,15	-0,48
26	Fuensaldaña	14,09	4,77	13,32	4,3	-0,77
27	Geria	18,5	4,86	17,14	4,96	-1,36
28	Mucientes	21,99	5,56	20,27	5,64	-1,72
29	La Pedraja de Portillo	17,27	4,8	15,19	4,25	-2,08
30	Renedo	17,68	5,54	16,97	5,4	-0,71
31	Robladillo	16,73	4,09	15,25	3,76	-1,48
32	Santovenia de Pisuerga	14,44	5,25	13,54	4,81	-0,9
33	Simancas	12,06	3,36	11,39	3,09	-0,67
34	Tudela de Duero	22,7	6,12	21,22	6,55	-1,48
35	Herrera de Duero	10,99	3,37	10,18	2,95	-0,82
36	Valdestillas	20,27	5,83	18,49	5,57	-1,78
37	Viana de Cega	20,07	5,84	18,98	5,96	-1,08
38	Villanubla	11,75	3,35	10,66	2,73	-1,09
39	Villanueva de Duero	20,37	5,58	18,64	5,41	-1,73
40	Wamba	17,55	4,24	15,9	3,84	-1,65
41	Zaratán	11,18	4,23	10,75	3,97	-0,43
Total		16,72	5,3	15,82	5,17	-0,9

Tabla 13. Tabla de resultados para cada zona en el escenario 2. Fuente: Elaboración propia.

5.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.4.1. Contraste de resultados del modelo con fuentes de datos

Retomando la caracterización planteada en el apartado 4 de este trabajo, los datos obtenidos sobre la accesibilidad parecen reflejarse en la movilidad que describe la EDM 2015. La segregación realizada entre trayectos con acceso a vehículo privado y sin acceso permite delimitar los campos de los trayectos hábiles para desplazamientos laborales y para desplazamientos de consumo o propios de la economía doméstica. En este sentido, el grado de accesibilidad que muestra en el primer escenario el alfoz con respecto a la ciudad es coherente con la información recogida por la EDM 2015, que representaba que más de un 80% de los trayectos entre la ciudad de Valladolid y el alfoz se realizaron en vehículo privado (Figura 43).

Del mismo modo, esa dependencia del vehículo privado para muchos de los desplazamientos laborales se refleja en el modelo como proporción de empleos solo accesibles en coche, lo que también es coherente con las motivaciones de usar coche frente TP. En la Figura 45 el 27% de las personas que se desplazan en coche lo hacen porque tardan menos que en TP, el 18% lo hacen por inexistencia de TP y el 12% por exceso de lejanía. Dejando al margen las otras argumentaciones más sujetas a percepción (más comodidad, mal servicio...), el 57% de los desplazamientos en coche se hacen por motivos relacionados con problemas de accesibilidad del TP.

Los tiempos medios obtenidos indican la fiabilidad de la simulación: según los datos de la encuesta Urban Audit (INE, vv.aa.), el tiempo medio de los recorridos laborales en el AUF era de 21 minutos. En el caso de la EDM 2015, el tiempo medio de los recorridos laborales (acudir al trabajo) es de 20,6 minutos, con un mínimo para los recorridos de consumo -11 minutos- y un máximo para los recorridos por asuntos laborales -35 minutos-. (IDAE y Ayuntamiento de Valladolid, 2015. p.50)

En el modelo el tiempo medio potencial es de 16 minutos para el segmento con acceso a vehículo y de 160 minutos para el segmento sin acceso a vehículo, lo que no significa que esos sean los tiempos empleados en los viajes, pero sí los márgenes en los que estos pueden darse.

Con todas las limitaciones que tiene cuantificar la accesibilidad de un territorio por la ausencia de datos actualizados, fiables y sistematizados para contrastar resultados, los resultados que ofrece el modelo parecen consistentes.

5.4.2. Evaluación de los resultados de los distintos escenarios

Los tres escenarios que se han simulado arrojan diferentes estados en la accesibilidad del ámbito de estudio. Esta información por sí misma no permite emitir predicciones rigurosas sobre la evolución de la movilidad en el área, aunque sí permite determinar las líneas generales de su evolución, como se hace en el próximo apartado.

Sin embargo, la accesibilidad tal y como se ha estudiado nos ofrece una información relevante sobre cómo la ordenación del territorio y el sistema de transporte permiten desarrollar sus actividades a la población que habita en el territorio. La diversidad territorial que muestra el área demuestra que existen varias líneas de divergencia en cuanto a la accesibilidad:

- 1- **Divergencia en el servicio de los distintos modos de transporte.** En el ámbito del estudio hay una enorme diferencia entre las velocidades medias con TP y con movilidad privada, especialmente al salir del casco de Valladolid. Esto es una característica intrínseca del sistema de transporte que explica la predilección existente por el modo viario. Es especialmente explícita en el área rural del área. A pesar de la consideración de área funcional, a la luz de los datos, la red de TP en muchos de los núcleos de población del ámbito son escasas y en algunos casos inexistentes.

Separando las zonas centrales de Valladolid (áreas 1 a 11 de la zonificación) del resto obtenemos la siguiente tabla de velocidades medias.

	escenario 0		escenario 1		escenario 2	
	Sin acceso	Con acceso	Sin acceso	Con acceso	Sin acceso	Con acceso
Zona urbana Valladolid (h)	1,04	0,28	0,76	0,28	1,04	0,279612
Resto (h)	3,27	0,27	2,86	0,27	3,27	0,272249
% tiempo resto / zona urbana	315,9%	96,8%	379,3%	96,8%	315,9%	97,4%
% escenario / base - zona urbana			72,9%	100,0%	100,0%	99,2%
% escenario / base - Resto			87,5%	100,0%	100,0%	99,7%

Tabla 14. Tabla de velocidades medias y sus diferencias entre zona urbana Valladolid (zonas 1-11) y el resto de zonas para cada escenario. Fuente: Elaboración propia

La divergencia es explícita: en el casco urbano los desplazamientos – de media- son un tercio de la duración que tienen en el resto de zonas para el

segmento sin acceso, mientras que son ligeramente más largos para el segmento con acceso (Ver tabla 14).

Con respecto a los escenarios evaluados, resulta llamativo cómo el escenario 1, que supone una apuesta importante por el TP, a pesar de conseguir una reducción significativa en los tiempos medios de desplazamiento, beneficia mucho más a la zona urbana de Valladolid que al resto del área, en cuanto a velocidad de desplazamiento. Por otro lado, la reducción de tiempos que supone el escenario 2 es minúscula y no muestra divergencias significativas entre las zonas centrales y periféricas del área.

La discriminación interna entre las velocidades que ofrecen los distintos modos de transporte en el área de estudio es uno de los motivos principales de la escasa accesibilidad que tienen muchos de los núcleos de población del área para el segmento de población sin acceso a transporte motorizado.

Por otro lado, el sistema de transporte que se despliega en esta zona muestra a simple vista la estructura monocéntrica en torno a Valladolid. En cuanto a la dotación de infraestructuras viarias hay una red de autovías muy central y a la vez de carreteras secundarias malladas que permite que las velocidades que el modo viario alcanza en la zona hagan accesible para el modo viario toda la zona. La disposición del TP, tanto ferrocarril como servicios de autobús, es mucho más dual y es la causa de la gran diferencia de accesibilidades que se aprecia entre localizaciones centrales y periféricas.

- 2- **Divergencia entre segmentos sociales.** El modelo y el análisis se sustentan sobre la diferenciación de dos segmentos sociales: uno con acceso a la movilidad motorizada y otro sin él. Como se ha discutido en distintos apartados del trabajo, este acceso tiene diversas causas y es una aproximación a un fenómeno mucho más complejo: la distinta apropiación que hacen las personas del sistema de transporte.

Sin embargo, con la aproximación que se ha utilizado en este trabajo y para esta área encontramos una importante línea de fractura en términos sociales. Los resultados muestran que la mayoría de la población que habita en las zonas que no son centrales de Valladolid necesita usar el modo viario para acceder a la mayoría del empleo: en las zonas no centrales de Valladolid (zonas 12 a 41 de la zonificación) sólo es accesible, de media, el 16,31% de los empleos sin coche. Del mismo modo, en esas zonas de media solo son

accesibles el 15,96 % de los habitantes del área, lo que nos da una muestra de la barrera entre personas existente en una zona supuestamente compacta y pequeña.

Este dato, si bien resulta intuitivo y es una realidad cotidiana para quienes habitan la zona, encubre una carga de costes al ámbito privado en función del lugar de residencia, lo que provoca una atracción centrípeta hacia Valladolid central de quienes no pueden soportar esa carga y, en general, de quienes no tienen acceso a la movilidad motorizada. La trascendencia, por tanto, de la fractura social que provoca la configuración del sistema de transporte es que refuerza en el medio plazo la divergencia territorial que se da en el área: una zona central superpoblada con mucha población sin acceso a vehículo privado y una zona periférica escasamente poblada por residentes cada vez más dependientes de la movilidad motorizada.

- 3- **Divergencia en el acceso a localizaciones centrales.** La configuración espacial de los usos de suelo en el área funcional de Valladolid muestra una estructura fuertemente monocéntrica, si bien las últimas décadas han establecido algunas zonas de residencia y actividad alejadas del núcleo central de la ciudad, en concreto en torno a las infraestructuras viarias.

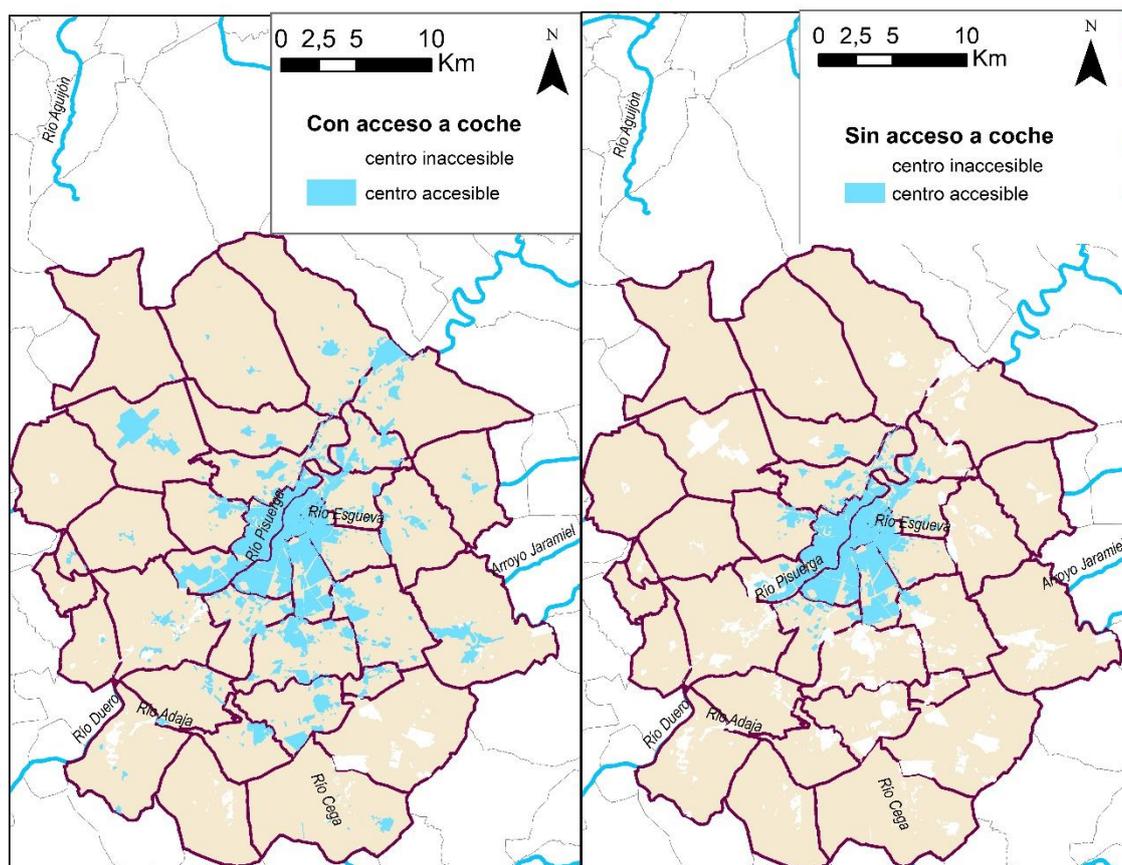


Figura 63. Mapa de accesibilidades al centro (zona 1, Casco) en el escenario 0. Fuente: Elaboración propia.

La accesibilidad de esta zona central es bastante buena para la gran mayoría de la población de la zona, si bien, la mayoría de la población reside en la zona central, que es accesible al centro sin acceso al coche. Hay localizaciones, especialmente en el sur (Aldeamayor de San Martín, Valdestillas), que tienen el centro de la zona inaccesible incluso con acceso a coche, como se aprecia en la Figura 63. En los distintos escenarios esta situación cambia poco, excepto en algunos núcleos con la implantación de un corredor ferroviario que mejora la accesibilidad directa de Cabezón de Pisuerga a Valdestillas.

Hay otras localizaciones que por su particularidad merecen algún comentario sobre su accesibilidad. Una de ellas es el aeropuerto de Villanubla. A la luz de los mapas de accesibilidades que arrojan los resultados de las simulaciones, salta a la vista que el aeropuerto resulta accesible para todos los segmentos desde las zonas centrales de Valladolid y nada más. El efecto del

corredor ferroviario del escenario 1 en el acceso a esta infraestructura es significativo, porque aumenta las zonas de Valladolid que tienen acceso a la misma, pero no del resto de localizaciones periféricas. Esto se debe a la combinación de modos de transporte que se simula con un leve aumento de la velocidad media del TP.

Otra localización muy relevante es el área industrial del sur de Valladolid, que concentra varias factorías de gran volumen de empleo (Iveco, Renault, talleres de Renfe), los grandes polígonos industriales de Valladolid y el Hospital Rio Ortega. El modelo simula de manera pobre esta zona al agregarla al barrio de Delicias, generando una macro zona en cuanto a población residente, empleo, actividad y extensión. La realidad dentro del área funcional es que esta zona tiene la centralidad para muchas de las actividades económicas. A la luz de los resultados, la accesibilidad para los segmentos sin acceso es pobre, como se pone de manifiesto en la escasa accesibilidad a esta zona que tienen los núcleos del sur-este (Aldeamayor de San Martín, Tudela de Duero), que espacialmente no están alejados pero la ausencia de TP dificulta el acceso.

- 4- **Diverso efecto sobre la movilidad de la accesibilidad de cada zona.** Con respecto a la accesibilidad estudiada y la movilidad que se observa en la EDM 2015, resulta necesario señalar cómo aquellos ámbitos en los que la accesibilidad se produce sin acceso al coche devienen una movilidad mucho mayor, lo que explica que haya muchos más viajes en modos no motorizados que en vehículo privado. Teniendo una accesibilidad menor -o mucho menor- a empleos y zonas de actividad (del orden de un 10% a un 90% menor que en el segmento con acceso), los recorridos peatonales son mucho más abundantes (53 % del total de los recorridos frente al 30%). Por analogía física, si la accesibilidad es el potencial del desplazamiento entre dos puntos y los viajes son la intensidad de dicho desplazamiento, la impedancia asociada a los modos peatonales y TP es $Z < 1$, mientras que en el modo vehículo privado es $Z > 1$. Esto significa que la posibilidad de usar modos peatonales y colectivos multiplica la accesibilidad –lo que se traduce en más desplazamientos-, frente a la sola posibilidad de transporte motorizado. Esta deducción es consistente con el razonamiento intuitivo de que la proximidad multiplica los desplazamientos probables frente a la lejanía, aunque esta afirmación supondría asimilar distancia a modo escogido. Esto también es coherente con

la mayor ubicuidad espacial del modo peatonal frente al automóvil, así como sus menores costes asociados.

Esta constatación abunda en la importancia que tiene para la sociabilidad y la actividad económica-como consecuencia-, la accesibilidad interna de las áreas urbanas para los modos distintos al vehículo privado y en particular, para el modo peatonal. Por otro lado, respecto de la lectura dicotómica del concepto de accesibilidad que explican A. Estevan y A. Sanz (1996), este ámbito muestra como la accesibilidad leída como cercanía espacial multiplica las interacciones sociales, mientras que la accesibilidad leída como producción eficaz de transporte no.

- 5- **Diversas capacidades de incidir en el metabolismo.** La segmentación social y espacial que se ha ido evidenciando en distintos apartados tienen un efecto sobre el metabolismo social de la zona. La accesibilidad no deviene en un consumo de energía y materiales concreto, dado que entre la accesibilidad de un territorio y el patrón de movilidad que manifiesta median otros factores que se han ido señalando en los apartados previos. Sin embargo, la accesibilidad delimita gran parte de los comportamientos posibles de la movilidad de una población. En este caso, la accesibilidad exclusivamente mediante modo motorizado de muchos ámbitos avoca a corto-medio plazo a la dependencia de este modo para esa población. A la vez, aquellas zonas con dotación de TP y peor accesibilidad viaria ofrecen una gama de elecciones en modos de transporte que permiten a la población optar por modos de transporte distintos. Desde el punto de vista del análisis metabólico, los impactos de la movilidad que se han apuntado previamente tienen un cierto margen de cambio reforzando aquellos trayectos de mayor impacto y con mayores opciones. En este caso, se trataría de la movilidad laboral en las zonas centrales del área. Este tipo de movilidad es la que tiene mayor capacidad de afectar al metabolismo social del área respecto del transporte.

5.4.3. Prospección de impactos de los distintos escenarios

Los escenarios de cambios en el sistema de transporte que se han evaluado, además de tener los efectos que derivan del modelo sobre la accesibilidad y el tiempo medio de transporte, tienen efectos sobre la relación metabólica de la MIG con su entorno y con el exterior. Se abordan los siguientes aspectos:

- Efectos ambientales: consumos energéticos y emisiones.
- Efectos sociales: aumento de desplazamientos y segregación social.
- Efectos territoriales: segregación espacial.

1. Consumo de energía

a. *Consumo de hidrocarburos.* El consumo de hidrocarburos en movilidad está asociado principalmente a la movilidad privada, que es el principal demandante, como demuestra la contabilidad ambiental del sector (Sanz et al., 2014). Este consumo lleva asociadas las emisiones de GEI que se han cuantificado anteriormente como producto inmediato de su utilización, pero además hay que contemplar todos los impactos asociados a la extracción, tratamiento, transporte y distribución de dichos líquidos.

En la MIG hay un consumo de movilidad motorizada superior a la media nacional, que además ha aumentado con los años (IDAE y Ayuntamiento de Valladolid, 2015).

La continuidad en el tiempo del estado del sistema de transporte existente en los últimos cinco años sólo podría conseguir una reducción en los consumos de hidrocarburos por la penetración de vehículos más eficientes (obviando el previsible efecto rebote) o consumidores de otras fuentes de energía.

De los escenarios simulados, la inclusión de un corredor ferroviario si bien tiene potencial de absorber viajes que actualmente se realizan en automóvil, especialmente a Palencia o Medina del Campo, no necesariamente tiene porque conseguirlo.

El segundo escenario lleva asociada una previsión de aumento de los trayectos motorizados explícita. La existencia del efecto conocido como demanda inducida³⁴ nos permite pronosticar que la ampliación de las redes viarias derivará en un aumento en el consumo de movilidad motorizada.

³⁴ En el caso español, la literatura encuentra la existencia de este efecto para el periodo 1998-2006, concluyendo que efectivamente el tiempo que se redujeron los trayectos en automóvil provocó un aumento del consumo de transporte motorizado, si bien no de manera proporcional. (Marina y Marrero, 2012)

- b. *Consumo de energía eléctrica.* El consumo de electricidad en el sistema de transporte actualmente existente que da servicio a los desplazamientos internos a la MIG es casi despreciable. Esto se debe a que el único modo que utiliza de manera significativa este vector energético es el ferroviario, cuyos servicios ya se ha indicado que están diseñados para trayectos externos a la MIG. Del mismo modo, los datos existentes no permiten considerar que haya una fracción importante de los trayectos realizados en ferrocarril.

En prospección, la electrificación del transporte es una larga promesa del sector de la automoción, si bien los avances son tímidos. La penetración de vehículos con motores distintos a los Motores de Combustión Interna Alternativa convencionales de gasolina y gasoil sigue siendo marginal, aunque está despegando: en 2015 el 0,45% de los turismos y el 2,98 % de los autobuses optaba por un sistema distinto (híbrido, eléctrico, pila de combustible); en 2018 suponían el 2,35% de los turismos y el 16,97% de los autobuses.³⁵

La electrificación completa del sistema de transporte requiere de p transformaciones que no sólo se limitan al desarrollo de nuevas tecnologías que permitan cubrir la actual demanda de movilidad con vehículos eléctricos, sino también reordenar el territorio y los modos de consumo de transporte para hacer esa transformación posible. (García-olivares et al., 2018)

De los escenarios planteados sólo puede suponer un aumento directo del consumo de energía eléctrica el despliegue de un sistema electrificado de transporte colectivo que utilice el corredor ferroviario –o los corredores- que atraviesan la MIG.

2. Emisiones al ambiente

- a. *Emisiones GEI.* Las emisiones de gases de efecto invernadero se deben a prácticamente todos los procesos asociados a la producción industrial moderna. A excepción de la movilidad que consuma fuerza motriz animal (peatonal, ciclista...) el resto de modos de transporte utiliza básicamente recursos energéticos o bien directamente contaminantes –

³⁵ Datos de matriculaciones definitivas de Dirección General de Tráfico.

hidrocarburos, gases combustibles- o bien requiere de conexión a la red eléctrica, cuyo mix de fuentes de energía está aún lejos de ser neutro en cuanto a emisiones. La introducción de vehículos más eficientes, con combustibles de menores emisiones GEI o la mayor participación de fuentes neutras en CO₂ en la generación eléctrica son procesos que transcurren en un ámbito superior al de la MIG y que son ajenos a las decisiones particulares que se tomen en este ámbito.

- b. *Otras emisiones.* La problemática de las emisiones de distintos gases contaminantes (CO, COV, PM_x, NO_x o formación de O₃) está relacionada directamente con el funcionamiento de motores de combustión. En este sentido, la dependencia de vehículos que combustionan sustancias lleva aparejada la liberación de este tipo de gases o la formación de los mismos en otras capas de la atmósfera – como es el caso del ozono. En este sentido el uso de vehículos movidos por energía eléctrica (viajeros o ferroviarios) podría mitigar esta circunstancia, aunque fuera a costa de trasladar dichas emisiones al generador de energía eléctrica.

En cuanto a las emisiones de ruidos y vibraciones, las soluciones son eminentemente técnicas para la problemática asociada a la circulación -sea viaria, ferroviaria o peatonal-, tanto para los vehículos como para la urbanización (arbolado, muros vegetales) y la construcción, que habiliten viviendas que aseguren condiciones ambientales adecuadas en cuanto a protección ante el ruido.

3. Aumento de los desplazamientos

Según lo expuesto respecto de la capacidad de multiplicar los desplazamientos que tiene la cercanía frente a la capacidad de aumentar los desplazamientos que tiene el sistema de transporte per se, la implantación del sistema ferroviario planteado en sintonía con el Escenario 1 es previsible que tenga más capacidad de aumentar los desplazamientos internos de la MIG frente a las otras alternativas, que salvando el efecto de la demanda inducida, se limitan a reducir los tiempos de transporte.

La inferencia con los datos disponibles de cuál puede ser el aumento de desplazamientos es muy limitada. Sin embargo, a la luz de las tendencias demográficas (decrecientes) y económicas (oscilantes) de la zona resulta poco

previsible un aumento de los desplazamientos por la capacidad endógena de generarlos.

Por ello, las estimaciones de aumento de demanda de transporte que se hacen en el escenario 2 para justificar la ejecución de ampliaciones en la red viaria no pueden explicarse más que desde un marco de análisis regional, nacional o internacional. Ante esta justificación, si efectivamente se prevé ese aumento de la capacidad viaria que sature los viarios existentes, parece más conveniente restar los desplazamientos internos del área de Valladolid de esas redes y dotar de infraestructuras más útiles para aumentar la accesibilidad interior de la zona. De esta forma se descongestionan las autovías en los escenarios previstos y se dota de mejor accesibilidad interior a la zona, de forma que efectivamente aumenten los desplazamientos, y por tanto, el potencial de relación social interior.

4. Segregación social

La división existente y reflejada en el modelo entre el segmento de la sociedad que tiene acceso a movilidad motorizada y el segmento que no permite hablar de segregación en el acceso al transporte. Esta segregación no es unicausal, dado que no es sólo un criterio el que implica la imposibilidad de uso del vehículo privado, sino que son una multiplicidad de factores que dificultan y a veces imposibilitan su uso: renta, edad, capacidades, disponibilidad, género... Los datos de la EDM 2015 muestran que un 35% de quienes viajan en transporte público lo hacen por preferencia de este modo, ante un 65% que argumenta dificultades o imposibilidad de uso del coche, por distintas causas.

A la vista de que hay problemas de accesibilidad desde muchas zonas al empleo en la MIG, se explica que el 17% del total de los viajes registrados en la EDM 2015 fueran viajes al trabajo en coche, frente al 12% de los viajes peatonales al ocio o el 7% de los viajes al trabajo peatonales. La movilidad laboral está fuertemente vinculada al automóvil, lo que indica hasta qué punto son los hogares –no las empresas o las administraciones- los que soportan el coste del transporte del factor trabajo a los procesos productivos. Esta situación tiene un efecto sobre la distribución efectiva de los recursos interna de la MIG cuya cuantificación escapa de este estudio, pero que permite apuntar la existencia de una barrera interna en el mercado laboral entre quienes

pueden acceder físicamente a determinados empleos y a quienes les supone un coste –monetario o temporal- excesivo.

La inclusión y el refuerzo del transporte público evita esta fractura, convirtiéndose en una herramienta de redistribución de la riqueza y de las oportunidades de acceso a la riqueza entre colectivos laborales y sociales distintos.

5. Segregación espacial

La implantación de medios de transporte público en las zonas periféricas es la principal manera de revertir su dependencia del automóvil, lo que supone asumir los principios de la ordenación del territorio tipo TOD (Transport Oriented Design), lo que en la literatura tiene referencias positivas en situaciones similares (Nigro, Bertolini, y Domenico, 2019). Por el contrario, aumentar la capacidad de los viarios ya existentes sólo refuerza los hábitos de movilidad ya asentados a corto plazo, y a largo plazo distorsiona la ordenación del territorio hacia una suburbanización longitudinal a estos ejes, como demuestra la historia española. (García-lópez et al., 2015).

Como se ha apuntado en apartados anteriores, la segregación social y espacial que manifiesta actualmente el área respecto de la accesibilidad genera una dinámica causal que refuerza la segregación espacial: la dependencia del vehículo privado de la periferia provoca una concentración de población sin acceso en zonas centrales que provoca mayor dependencia de la zona periférica del vehículo privado.

En este caso, el despliegue de unas u otras infraestructuras de transporte puede derivar en desarrollos urbanísticos muy diferentes. La suburbanización en torno a los ejes viarios es mayor que la que se produce en torno a los ejes de TP y, sobre todo, adjudica pesos distintos al planificador urbanístico y al promotor. La coordinación entre las entidades competentes en la ordenación del territorio, el planeamiento urbanístico y el desarrollo de las infraestructuras, cuya problemática excede lo planteado en este trabajo, son los factores fundamentales para contener los efectos que el sistema de transporte produce sobre el territorio.

Para finalizar, se ofrece como síntesis los siguientes marcadores del efecto de cada escenario en cada uno de los campos analizados en la Figura 64. En la figura

se recoge también la valoración del Escenario 0, como representación del efecto de cada tendencia en una evolución del sistema *ceteris paribus*, tal y como se ha reflejado en el desarrollo de este apartado.

Tendencia	Escenario 0	Escenario 1	Escenario 2
Aumento consumo hidrocarburos			
Aumento consumo eléctrico			
Aumento de emisiones			
Aumento de la movilidad general			
Segregación social			
Segregación espacial			

Figura 64 Síntesis de información de tendencias y escenarios. Casilla Verde: efecto positivo. Casilla Amarilla: efecto neutro/dependencia de otra escala. Casilla Roja: efecto negativo. Fuente: elaboración propia

5.4.4. Comentarios para una mejor cohesión de la sociedad y su entorno en el Área Funcional de Valladolid

1. Maximizar la accesibilidad, no la movilidad

El enfoque adoptado en este trabajo permite señalar la existencia de una dimensión previa al desplazamiento de las personas: la existencia o no de accesibilidad dadas unas condiciones. Si asumimos la existencia de un presupuesto del tiempo y la inamovilidad a corto plazo de la ordenación del territorio, la organización del sistema de transporte para garantizar las máximas velocidades a la máxima población es la clave de bóveda de una comunidad urbana cohesionada. Sin embargo, esta accesibilidad no se debe traducir automáticamente en desplazamientos lejanos, en despilfarro de movilidad. Lo primero, es necesario aprovechar las oportunidades que brinda la cercanía al permitir los desplazamientos peatonales, prioritarios por su potencial de propiciar relaciones sociales. En segundo lugar, es necesario clarificar la estructura del sistema de transporte, mediante una

jerarquización nítida que despliegue las mayores velocidades de cada tecnología y comunique las áreas de movilidad prioritaria –o exclusiva- peatonal.

En el horizonte, la máxima accesibilidad se logra combinando grandes áreas de acceso peatonal en la que desarrollar las actividades cotidianas con redes mayadas de transporte claramente estructurado que comunique estas áreas. En suma, un resultado consistente con la propuesta de “*rehacer la forma metrópolis más compacta, polinuclear y resiliente*” (Fanfani y Matarán Ruiz, 2018).

2. Optimizar la movilidad requiere controlar las restricciones

Los procesos de optimización tienen restricciones que determinan el resultado óptimo. Si hay que optimizar los desplazamientos, lo más sensible serán las restricciones que nos impone el entorno social y ambiental. Conocer la capacidad de soporte que tiene el entorno ambiental de la MIG es una tarea pendiente, sin la cual la optimización de la movilidad no va a poder hacerse, dado que no se van a conocer los verdaderos condicionantes que limitan el despliegue de infraestructuras, los viajes desarrollados o las localizaciones posibles de las actividades.

Cuantificar otras restricciones, de otras escalas o de los flujos externos, se añade a la tarea anterior.

3. Controlar la información para conocer las restricciones

Uno de los factores más limitantes de la investigación acometida y de las políticas de movilidad en general es la ausencia de información actualizada, fiable, completa y desagregada que permita conocer el estado real de la movilidad en un ámbito determinado. Sin embargo, abundan las actividades que utilizan datos basados en geolocalización de personas, actividades y procesos. La necesidad de poner los “*datos al servicio del bien común*”³⁶ es crucial para poder abordar la caracterización socio metabólica pendiente que permita ubicar justamente los procesos socio-ambientales en los que se inserta la movilidad.

³⁶ Este enunciado es el inicio de una disertación muy pertinente sobre la necesidad del control de los datos y los mecanismos avanzados de tratamiento de datos para los objetivos de sostenibilidad extraída del ensayo “¿Qué hacer en caso de incendio?” (Santiago y Tejero, 2019)

6. CONCLUSIONES.

El trabajo desarrollado obtiene una serie de resultados concretos sobre el área del estudio. Estos resultados sirven para reflejar una serie de conclusiones sobre la situación de la accesibilidad y las disparidades que este indicador manifiesta en el área estudiada, que se trasladan a lo observado en la movilidad y las posibilidades de cambio de la misma.

A modo de conclusiones del trabajo realizado y de los resultados obtenidos se recogen los siguientes puntos:

- 1- El área del estudio, la MIG Urbana de Valladolid y su Alfoz, carece de información suficiente para analizar con precisión el estado de la movilidad personal y su metabolismo económico. La dispersión administrativa y la ausencia de metodologías homologadas al respecto hacen que la información disponible con la que contrastar los resultados del modelo desarrollado sean limitadas.
- 2- La simulación realizada demuestra la existencia de una fractura territorial entre zonas accesibles e inaccesibles sin vehículo privado. Esto revela la dependencia a la que se avoca a una gran parte de la población del área del modo de transporte que tiene mayor impacto ambiental y, a la vez, la profundidad de la fractura social que provoca tener o no tener acceso al vehículo privado.
- 3- La simulación de los escenarios presentados demuestra el gran potencial de mejora del transporte público frente al escaso margen de mejora de las infraestructuras viarias.
- 4- Se hace evidente la necesidad de coordinación interadministrativa para que los proyectos sectoriales sobre las infraestructuras de transporte beneficien al área afectada y no provoquen efectos adversos, además de promover que las inversiones tengan efectos positivos a varias escalas y no se justifiquen sólo por los beneficios que se obtienen en una de las escalas.
- 5- Se evidencia que la cercanía espacial es beneficiosa para la accesibilidad y que se traduce en una mayor cantidad de desplazamientos de los modos no motorizados, especialmente del modo peatonal. Esto se traduce en una mayor densidad de relaciones sociales y, a la postre, en una mejora de la sociabilidad y del desarrollo de la vida urbana.

A la vez se evidencia que el modo viario a pesar de permitir mayores accesibilidades, supone un obstáculo para los desplazamientos, por lo que tiene un efecto disuasorio sobre la movilidad no motorizada.

En cuanto a posibles desarrollos posteriores, en el apartado de metodología se establecen las condiciones “ideales” para hacer esta evaluación. Cualquier aspecto de la disponibilidad de datos o la aparición de nuevas técnicas de análisis serían buenas noticias para la mejora de los resultados obtenibles en este campo.

Por otro lado, la definición y la metodología empleada para estimar la accesibilidad podrían implementarse mediante otros indicadores, recurrentes en la literatura, que aportan una información más cualitativa y que permite graduar la accesibilidad de cada zona. Por ejemplo, existe el Indicador de Accesibilidad de Hansen o el Indicador de Accesibilidad de Agyemang-Duah y Hall (Ignaccolo et al., 2017).

Otra mejora del modelo sería utilizar simuladores completos de sistemas de transporte-uso de suelo que permitieran estimar de manera mucho más precisa todos los parámetros de un sistema territorial dado así como simular distintos escenarios. Por ejemplo, el modelo MARS (Pfaffenbichler y Shepherd, 2010) se puede utilizar en este sentido y aportar información sobre las variaciones de accesibilidad en territorios concretos (Wang et al., 2015).

Finalmente, el trabajo realizado supone una contribución al análisis del territorio que constituye el área funcional de Valladolid a través de los elementos que condicionan la movilidad en la zona.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acheampong, R. A., y Silva, E. A. (2015). Land use – transport interaction modeling : A review of the literature and future research directions. *The Journal of Transport and Land Use*, 11–38.
- Arcaute, E., Hatna, E., Ferguson, P., Youn, H., Johansson, A., y Batty, M. (2015). Constructing cities , deconstructing scaling laws. *J. R. Soc. Interface*. <https://doi.org/10.1098/rsif.2014.0745>
- Banco Mundial. (2009). *Informe sobre el desarrollo mundial 2009: Una nueva geografía económica*. Washington, D.C.
- Barbosa, H., Barthelemy, M., Ghoshal, G., James, C. R., Lenormand, M., Louail, T., ... Tomasini, M. (2018). Human mobility: Models and applications. *Physics Reports*, 734, 1–74. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2018.01.001>
- Bettencourt, L. M. A. (2013). The Origins of Scaling in Cities. *Science*, 1438. <https://doi.org/10.1126/science.1235823>
- Bettencourt, L. M. A., y Lobo, J. (2016). Urban scaling in Europe. *J. R. Soc. Interface*, 13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2016.0005>
- Camagni, R. (2005). *Economía urbana*. (A. Bosch, Ed.). Barcelona.
- Capellán, I., Mediavilla, M., Castro, C. de, Carpintero, Ó., y Miguel, L. J. (2014). Fossil fuel depletion and socio-economic scenarios : An integrated approach. *Energy*, 77, 641–666. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.09.063>
- Carpintero, Ó., y Lomas, P. (2017). *Metabolismo y Huella Ecológica de la Alimentación: El Caso de Valladolid. Diagnóstico para la estrategia alimentaria local*. Retrieved from http://www.alimentavalladolid.info/wp-content/uploads/2017/11/Metabolismo-Alimentario-Valladolid_definitivo.pdf
- Conferencia de Ministros europeos responsables de Ordenación del Territorio. (1983). *Carta Europea de la Ordenación del Territorio*.
- De Witte, A., Hollevoet, J., Dobruszkes, F., Hubert, M., y Macharis, C. (2013). Linking modal choice to motility: A comprehensive review. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 49, 329–341. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.01.009>
- Estevan, A., y Sanz, A. (1996). *Hacia la reconversión ecológica del transporte en España*. (Los libros de la Catarata, Bakeaz, y CCOO, Eds.).
- Fanfani, D., y Matarán Ruiz, A. (2018). El biorregionalismo como alternativa territorial para el siglo de la gran prueba: relocalizando ciudades y comunidades en una

- civilización post-petróleo. In Editorial Universidad de Granada (Ed.), *Para evitar la barbarie. Trayectorias de transición ecosocial y de colapso*. (pp. 157–181). Granada.
- Fernández, R., y González, L. (2018). *En la espiral de la energía Volumen II*. (Libros en Acción, Ed.) (2nd ed.). Retrieved from <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=29055>
- Fuerst, F., y Wegener, M. (2004). Land-Use Transport Interaction : State of the Art. *SSRN Electronic Journal*, (October). <https://doi.org/10.2139/ssrn.1434678>
- Fujita, M., y Thisse, J. (2009). Regional Science and Urban Economics New Economic Geography : An appraisal on the occasion of Paul Krugman ' s 2008 Nobel Prize in Economic Sciences. *Regional Science and Urban Economics*, 39(2), 109–119. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.11.003>
- García-lópez, M.-ángel, Holl, A., y Viladecans-marsal, E. (2015). Suburbanization and highways in Spain when the Romans and the Bourbons still shape its cities. *Journal of Urban Economics*, 85, 52–67. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jue.2014.11.002>
- García-olivares, A., Solé, J., y Osychenko, O. (2018). Transportation in a 100 % renewable energy system. *Energy Conversion and Management*, 158(December 2017), 266–285. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.12.053>
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., y Briggs, J. M. (2008). Global Change and the Ecology of Cities. *Science*, 319(February).
- Hernández, E., Cano, C., y Correa, A. (2015). *La Huella Ecológica de la Universidad de Valladolid*. Retrieved from http://www.uva.es/export/sites/uva/7.comunidaduniversitaria/7.09.oficinacalidadambiental/_documentos/LA-HUELLA-ECOLOGICA-EN-LA-UNIVERSIDAD-DE-VALLADOLID.pdf
- Huerga, M. (2014). *Una aproximación al metabolismo urbano de la ciudad de Valladolid*. Universidad de Valladolid.
- IDAE y Ayuntamiento de Valladolid. (2015). *Análisis de Movilidad. PIMUSSVA*. Retrieved from <http://www.pimussva.es/>
- Ignaccolo, M., Le, M., Capri, S., Inturri, G., Ignaccolo, M., Pira, M. Le, y Capri, S. (2017). Influence of Accessibility , Land Use and Transport Policies on the Influence of Accessibility , Land Use and Transport Policies on the Transport Energy Dependence of a City Transport Energy Dependence of a City. *Transportation Research Procedia*, 25, 3273–3285.

<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.165>

- INECO. (2017). *Revisión de los servicios ferroviarios de viajeros declarados como obligación de servicio público*. Retrieved from https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/estudioosp2017_0.pdf
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2559.2002.1340a.x>
- JCyL. (vv.aa.). *Anuario estadístico de Castilla y León*. Retrieved from <https://estadistica.jcyl.es/web/jcyl/Estadistica/es/Plantilla100Detalle/1284180021365/1246989275272/1284749990080/Redaccion>
- Kasraian, D., Maat, K., Stead, D., y Wee, B. Van. (2016). Long-term impacts of transport infrastructure networks on land-use change : an international review of empirical studies. *Transport Reviews ISSN;*, 1647. <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1168887>
- Kennedy, C., Stewart, I., Facchini, A., Cersosimo, I., Mele, R., Chen, B., ... Cunha, B. (2015). Energy and material flows of megacities. *PNAS*, 112(19), 5985–5990. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504315112>
- Kenworthy, J. R., y Laube, F. B. (1999). Patterns of automobile dependence in cities : an international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy. *Transportation Research Part A*, 33.
- Khisty, C. J., y Lall, B. K. (1998). *Transportation engineering: An introduction*. (P. Hall, Ed.).
- Lenormand, M., Picornell, M., Cantú-ros, O. G., Louail, T., Herranz, R., Barthelemy, M., ... Ramasco, J. J. (2015). Comparing and modelling land use organization in cities. *R. Soc. Open Sci.*, 2. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1098/rsos.150449>
- Louf, R., y Barthelemy, M. (2014). How congestion shapes cities: From mobility patterns to scaling. *Scientific Reports*, 4, 1–9. <https://doi.org/10.1038/srep05561>
- Marchetti, C. (1994). Anthropological Invariants in Travel Behavior. *Technological Forecasting and Social Change*, 47(1), 75–88.
- Marina, R., y Marrero, G. A. (2012). Induced road traffic in Spanish regions : A dynamic panel data model. *Transportation Research Part A Journal*, 46, 435–445. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.11.003>
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in Systems*. (Earthscan, Ed.). Londres.
- MMAMRM. (2008). *Análisis de la huella ecológica de España*. Retrieved from

- [https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Huella ecologica de Espana.pdf](https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Huella_ecologica_de_Espana.pdf)
- MMAMRM, y MFOM. (2009). *Estrategia española de movilidad sostenible*. Retrieved from <https://www.fomento.gob.es/areas-de-actividad/arquitectura-vivienda-y-suelo/urbanismo-y-politica-de-suelo/urbanismo-y-sostenibilidad-urbana/estrategia-española-de-movilidad-sostenible-eems>
- Mumford, L. (2014). *La ciudad en la historia Sus orígenes, transformaciones y perspectivas*. (P. de Calabaza, Ed.) (2nd ed.). Logroño.
- Newman, P., y Jennings, I. (2008). *Cities as Sustainable Ecosystems: Principles and Practices* by. (ISLAND PRESS, Ed.). Washington, D.C. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9906.2010.00504.x>
- Nigro, A., Bertolini, L., y Domenico, F. (2019). Land use and public transport integration in small cities and towns : Assessment methodology and application. *Journal of Transport Geography*, 74(November 2018), 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.11.004>
- Ortega, A. G., Jalón, M. L. D., Ángel, J., y Menéndez, R. (2014). A strategic analysis of collective urban transport in Spain using the Five Forces Model. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de La Empresa*, 20, 5–15. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.iedee.2013.05.002>
- Ortman, S. G., Cabaniss, A. H. F., y Sturm, J. O. (2014). The Pre-History of Urban Scaling. *PLoS ONE*, 9(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087902>
- Pan, W., Ghoshal, G., Krumme, C., Cebrian, M., y Pentland, A. (2013). Urban characteristics attributable to density-driven tie formation. *Nature Communications*, 4, 1–7. <https://doi.org/10.1038/ncomms2961>
- Pfaffenbichler, P., y Shepherd, S. (2010). A system dynamics approach to land use transport interaction modelling : the strategic model MARS and its application. *System Dynamics Review Vol*, 26(3), 262–282. <https://doi.org/10.1002/sdr>
- Polèse, M., y Morollón Rubiera, F. (2009). *Economía urbana y regional. Introducción a la geografía económica*. (Cívitas y Thomson Reuters, Ed.). Navarra.
- Raschke, M., Claxton, R., Smoreda, Z., West, G. B., Ratti, C., Smoreda, Z., ... The, R. C. (2014). The scaling of human interactions with city size. *J. R. Soc. Interface*. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1098/rsif.2013.0789>
- Riol, R. (2015). *Análisis de implementación de un sistema de cercanías en el corredor Palencia – Valladolid – Medina del Campo*. Retrieved from <http://istas.net/descargas/2049414->

Resumen_Ejecutivo_sistema_de_cercanias_Palencia-Valladolid-Medina_del_Campo. (1).pdf

- Sánchez González, J., y Zofío Prieto, J. L. (2009). Espacio, distancia y localización: hacia la nueva economía geográfica. *Aspectos Territoriales Del Desarrollo: Presente y Futuro*, 848, 9–28.
- Santiago, E., y Tejero, H. (2019). *¿Qué hacer en caso de incendio?* (Capitan Swing Libros, Ed.). Madrid.
- Sanz, A., Vega, P., y Mateos, M. (2014). *Las cuentas ecológicas del transporte en España*. (Libros en Acción, Ed.) (1st ed.). Retrieved from <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=27000>
- Sim, A., Yaliraki, S. N., Barahona, M., y Stumpf, M. P. H. (2015). Great cities look small. *J. R. Soc. Interface*, 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0315>
- Wang, Y., Monzon, A., y Ciommo, F. Di. (2015). Assessing the accessibility impact of transport policy by a land-use and transport interaction model – The case of Madrid. *Computers, Environment and Urban Systems*, 49, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.03.005>
- Wackernagel, M.; Rees, W.E. (1996): *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. (New Society). Philadelphia
- Youn, H., Lobo, J., y Bettencourt, L. M. A. (2013). *The hypothesis of urban scaling : formalization , implications and challenges*. Retrieved from <https://arxiv.org/pdf/1301.5919.pdf>
- Zahavi, Y. (1979). The “UMOT” project. *U.S. Department of Transport, Washington*.

8. ANEXOS.

8.1. DATOS DE REPARTO MODAL – ÁREAS URBANAS FUNCIONALES

AUF	Población	Superficie (km ²)	Densidad (hab/km ²)	tiempo medio desplazamiento	% uso coche	% uso pie
AUF de Albacete	191.527	2450,41	78,16	18,7	40,86	24,33
AUF de Algeciras	141.053	417,98	337,46	15,9	50,47	14,25
AUF de Alicante/Alacant	462.370	354,31	1305,00	20,4	45,5	16,94
AUF de Almería	222.796	400,26	556,62	18,6	46,05	20,59
AUF de Badajoz	179.801	2187,37	82,20	19,3	45,74	21,21
AUF de Barcelona	4.912.445	2555,24	1922,50	26,7	42,31	12,93
AUF de Bilbao	1.032.368	1501,61	687,51	22,9	50,81	7,98
AUF de Burgos	201.327	1490,39	135,08	17,6	44,57	20,73
AUF de Cádiz	259.776	239,12	1086,38	20,7	45,81	16,81
AUF de Cartagena	234.869	582,89	402,94	18,3	49,98	14,9
AUF de Castellón de la Plana/Castelló de la Plana	239.161	320,55	746,11	17,4	48,53	18,86
AUF de Córdoba	360.889	1874,80	192,49	20,9	42,73	20,41
AUF de Coruña, A	413.353	749,92	551,19	20,5	49,89	13,96
AUF de Donostia/San Sebastián	335.867	330,14	1017,34	19,2	46,24	13,27
AUF de Elche/Elx	261.736	384,42	680,87	18,6	44	19,7
AUF de Gijón	301.040	524,48	573,97	20,4	47,43	15,71
AUF de Granada	550.318	1588,18	346,51	22,4	47,91	13,03
AUF de Huelva	228.995	968,58	236,42	17,8	48,1	18
AUF de Jaén	160.906	998,32	161,18	17,7	43,19	22,14
AUF de Jerez de la Frontera	218.840	1258,46	173,89	20,3	46,83	17,25
AUF de León	215.387	1190,36	180,94	19,5	49,3	16,7
AUF de Lleida	185.582	707,05	262,47	17,8	48,34	17,31
AUF de Logroño	192.909	460,69	418,74	17,2	49,62	18,02
AUF de Madrid	6.598.028	7456,44	884,88	31,9	45,7	10,61
AUF de Málaga	851.086	1540,78	552,37	21,5	50,29	14,82
AUF de Marbella	310.522	686,77	452,15	17,3	50,06	16,48
AUF de Murcia	619.209	1196,34	517,59	19,1	50,38	14,74
AUF de Ourense	149.927	653,52	229,41	19,0	49,8	15,28
AUF de Oviedo	314.504	940,13	334,53	20,5	47,58	15,87
AUF de Palma de Mallorca	674.476	2023,85	333,26	19,1	42,11	15,75
AUF de Palmas de Gran Canaria, Las	635.058	779,94	814,24	22,6	52,67	10,2
AUF de Pamplona/Iruña	370.338	1520,47	243,57	18,1	53,36	11,1
AUF de Reus	120.740	115,78	1042,82	17,4	56,44	9,26
AUF de Salamanca	204.099	464,30	439,59	19,9	48,5	15,75
AUF de Santa Cruz de Tenerife	494.024	664,09	743,91	22,1	56,03	8,58
AUF de Santander	384.508	682,50	563,39	18,4	53,71	10,5
AUF de Santiago de Compostela	199.653	1268,62	157,38	19,9	51,17	12,78
AUF de Sevilla	1.459.586	4365,75	334,33	23,2	50,14	7,01
AUF de Tarragona	216.743	209,31	1035,52	19,0	56,45	9,33
AUF de Toledo	149.014	934,71	159,42	19,2	64	6,23
AUF de Valencia	1.662.357	1460,65	1138,09	21,3	51,76	6,28

AUF	Población	Superficie (km ²)	Densidad (hab/km ²)	tiempo medio desplazamiento	% uso coche	% uso pie
AUF de Valladolid	425.942	1152,99	369,42	21,0	59,57	8,27
AUF de Vigo	544.648	1347,23	404,27	20,7	53,63	11,46
AUF de Vitoria-Gasteiz	268.839	1596,15	168,43	18,5	42,7	21,76
AUF de Zaragoza	758.636	2761,44	274,72	22,9	48,72	8,74

Tabla 8.1. Datos promedio para la AUF españolas de los años 2010-2017. Fuente: INE

8.2. DATOS DE REPARTO MODAL – TERMINOS MUNICIPALES CIUDADES

TM CIUDAD	Población	Superficie (km ²)	%suelo residencia	%suelo disperso	Densidad (hab/km ²)	Densidad corregida (hab/km ²)	Tiempo viaje (min)	% uso coche	% uso pie	% uso TP
Albacete	172.110	1137,72	0,24	1,37	151,28	9.396,07	18,7	39,94	25,85	8,76
Alcalá de Henares	200.786	88,31	5,52	3,85	2.273,65	24.265,20	31,1	51,82	10,97	17,57
Alcobendas	112.059	45,29	3,03	20,24	2.474,35	10.633,23	24,8	47,59	7,29	26,12
Alcorcón	168.609	33,62	5,95	15,32	5.015,73	23.581,24	34,6	46,36	6,99	30,43
Algeciras	118.006	86,47	9,24	4,03	1.364,64	10.283,67	15,7	49,17	14,81	8,99
Alicante/Alacant	332.463	201,45	5,30	11,88	1.650,35	9.606,23	20,7	42	19,33	11,85
Almería	192.745	296,16	2,61	2,48	650,82	12.786,30	19,0	43,83	22,54	9,24
Arrecife	57.450	24,45	11,64	6,74	2.349,49	12.782,87	17,0	55,09	9,76	9,75
Avilés	81.958	26,83	9,39	8,75	3.054,70	16.839,59	19,5	48,83	14,16	11,01
Badajoz	150.716	1449,69	0,41	0,86	103,96	8.186,16	19,2	45,33	22,21	9,05
Badalona	217.963	21,24	22,56	9,47	10.262,87	32.041,44	29,7	41,39	10,14	27,11
Barakaldo	100.112	25,31	6,48	7,40	3.955,13	28.495,21	21,2	44,48	8,27	26,1
Barcelona	1.613.006	102,76	36,41	6,47	15.697,13	36.607,11	27,2	28,95	17,53	27,72
Benidorm	70.193	38,47	8,50	11,68	1.824,53	9.041,29	15,3	38,25	26,54	8,64
Bilbao	348.602	40,69	13,90	11,08	8.566,43	34.293,16	22,5	47,52	10,21	20
Burgos	177.992	107,09	5,34	3,50	1.662,02	18.801,08	17,4	42,08	22,9	13,15
Cáceres	95.500	1753,73	0,28	0,42	54,46	7.779,35	20,0	45,52	20,56	8,44
Cádiz	122.104	12,35	27,04	0,45	9.885,34	35.959,78	20,2	37,11	22,16	13,78
Cartagena	215.633	558,12	2,53	3,26	386,35	6.672,78	18,5	49,64	15,25	8,32
Castelldefels	63.681	12,74	14,83	29,87	5.000,07	11.185,84	27,8	50,18	9,71	17,18
Castellón de la Plana/Castelló de la Plana	175.899	108,93	5,33	10,55	1.614,73	10.168,32	17,3	44,99	22,03	8,09
Cerdanyola del Vallès	57.784	31,01	4,34	11,40	1.863,51	11.839,31	25,0	53,12	10,02	12,84
Ceuta	83.732	19,36	11,87	5,27	4.325,90	25.238,62	12,9	34,31	13,93	12,45
Ciudad Real	74.627	284,84	0,37	2,50	262,00	9.128,95	18,0	39,35	25,74	9,86
Córdoba	327.835	1262,69	1,00	2,24	259,63	8.013,32	20,9	42,03	21,15	10,66
Cornellà de Llobregat	86.740	6,86	24,15	6,07	12.644,31	41.840,88	25,9	45,32	9,58	22,2
Coruña, A	245.113	37,74	18,94	6,35	6.494,08	25.678,46	20,0	43,45	19,08	12,4
Coslada	88.706	12,07	13,94	20,83	7.349,28	21.136,83	31,3	51,98	6,49	22,76
Donostia/San Sebastián	186.157	61,82	5,77	14,88	3.011,27	14.582,43	19,5	41,36	16,24	15,11

TM CIUDAD	Población	Superficie (km ²)	%suelo residencia	%suelo disperso	Densidad (hab/km ²)	Densidad corregida (hab/km ²)	Tiempo viaje (min)	% uso coche	% uso pie	% uso TP
Dos Hermanas	129.633	160,36	5,47	2,25	808,41	10.471,62	22,2	57,84	6,15	13,74
Elche/Elx	229.285	326,15	2,02	12,30	703,00	4.909,25	18,3	44,23	20,25	9,48
Elda	53.771	45,73	4,48	7,08	1.175,74	10.170,75	15,5	47,59	17,22	6,36
Ferrol	70.694	82,88	4,69	5,23	852,92	8.597,99	16,8	48,61	20,39	7,6
Fuengirola	75.623	10,37	47,76	7,90	7.289,65	13.096,76	18,8	47,74	16,4	7,61
Fuenlabrada	196.634	39,21	7,52	8,69	5.015,40	30.940,14	35,3	49,28	6,26	24,14
Gandia	77.079	60,93	6,85	4,56	1.265,04	11.087,15	17,9	53,73	11,57	4,8
Getafe	173.247	78,61	5,68	5,08	2.203,99	20.483,20	32,7	48,34	7,83	26,03
Getxo	79.448	11,72	20,30	25,22	6.779,96	14.894,47	25,8	49,61	5,78	20,69
Gijón	275.447	181,41	3,14	8,69	1.518,37	12.834,89	20,4	47,41	15,97	11,82
Girona	97.441	39,15	8,22	8,38	2.488,92	14.993,48	19,2	45,15	19,69	11,07
Granada	237.120	88,02	6,56	7,05	2.693,93	19.793,74	22,3	39,74	20,08	13,67
Granollers	60.037	14,94	10,74	9,67	4.019,10	19.691,80	22,0	46,31	17,35	11,39
Guadalajara	84.055	235,36	0,26	2,81	357,13	11.632,89	22,4	51,34	14,99	11,73
Hospitalet de Llobregat, L'	255.458	12,50	31,90	6,33	20.436,62	53.457,02	28,5	38,31	10,8	28,81
Huelva	147.376	151,65	1,73	0,87	971,82	37.377,63	17,9	44,34	19,93	11,42
Irun	61.287	41,97	3,32	7,17	1.460,12	13.919,20	19,7	47,75	14,42	10,44
Jaén	115.826	423,93	1,24	0,88	273,22	12.887,75	17,7	40,1	25,26	7,73
Jerez de la Frontera	211.772	1189,22	0,94	0,93	178,08	9.522,82	20,1	46,8	17,3	7,48
Leganés	187.049	43,22	10,79	8,26	4.328,24	22.720,44	35,3	46,26	6,31	28,44
León	129.739	39,05	12,46	9,02	3.322,05	15.465,77	19,1	43,64	22,73	9,31
Línea de la Concepción, La	63.737	19,28	18,65	12,07	3.305,87	10.761,31	16,9	44,16	18,51	9,8
Lleida	138.579	212,35	1,54	3,91	652,61	11.974,52	17,9	45,15	20,37	8,32
Logroño	152.115	79,24	3,45	7,12	1.919,72	18.161,99	17,4	46,05	20,74	11,17
Lugo	98.227	330,87	2,44	4,16	296,88	4.498,16	17,7	42,18	20,35	7,82
Madrid	3.204.326	604,47	8,98	12,30	5.301,05	24.910,95	31,2	38,11	14,18	26,58
Majadahonda	70.414	38,48	3,20	14,66	1.829,79	10.245,19	31,7	55,14	6,16	17,92
Málaga	568.313	395,40	4,37	4,66	1.437,31	15.917,07	21,4	48,09	17,04	10,53
Manresa	75.674	41,79	6,54	5,17	1.811,00	15.465,37	18,7	46,79	20,22	9,56
Marbella	139.701	116,88	6,92	24,01	1.195,23	3.864,31	15,9	48,47	19,44	7,65
Mataró	124.468	22,38	15,26	8,44	5.561,09	23.464,53	25,3	44	16,4	13,18

TM CIUDAD	Población	Superficie (km ²)	%suelo residencia l	%suelo disperso	Densidad (hab/km ²)	Densidad corregida (hab/km ²)	Tiempo viaje (min)	% uso coche	% uso pie	% uso TP
Melilla	82.654	13,22	21,42	7,58	6.252,17	21.559,22	11,5	37	12,1	12,97
Mollet del Vallès	51.882	10,90	12,83	5,26	4.758,02	26.301,96	22,8	51,8	11,86	14,09
Móstoles	205.961	44,91	6,08	11,00	4.586,50	26.853,03	37,1	48,53	7,57	24,06
Murcia	440.874	885,79	1,46	3,58	497,72	9.875,40	19,3	49,31	16,23	8,32
Ourense	107.060	84,84	5,91	9,05	1.261,93	8.435,38	18,9	46,69	18,88	10,26
Oviedo	223.514	186,78	2,56	5,65	1.196,64	14.575,44	20,7	44,45	18,7	12,11
Palencia	80.421	94,92	2,65	3,17	847,22	14.557,00	18,4	46,65	20,99	9,23
Palma	403.115	205,58	5,39	9,57	1.960,89	13.107,53	18,4	36,7	19,34	21,76
Palmas de Gran Canaria, Las	381.337	105,59	11,22	8,92	3.611,49	17.931,90	20,8	48,99	12,4	10,88
Pamplona/Iruña	196.848	25,12	12,52	15,25	7.836,94	28.220,88	18,1	48,32	15,24	13,43
Parla	124.120	24,97	10,99	6,12	4.970,35	29.049,40	38,0	51,97	6,19	20,43
Ponferrada	67.554	283,48	1,03	2,63	238,30	6.510,94	16,8	45,15	17,4	9,72
Pontevedra	82.588	118,84	3,03	6,38	694,95	7.385,24	18,6	45,36	20,1	8,61
Pozuelo de Alarcón	84.194	43,10	2,92	44,40	1.953,45	4.128,17	28,0	56,14	5,67	16,4
Prat de Llobregat, El	63.344	31,63	3,54	2,71	2.002,51	32.040,21	22,9	46,27	14,6	16,8
Puerto de Santa María, El	88.660	159,36	5,14	5,01	556,36	5.481,41	19,6	47,69	14,66	8,52
Reus	105.278	53,29	5,31	9,81	1.975,72	13.066,94	17,6	55,79	9,47	7,34
Rozas de Madrid, Las	91.907	58,27	1,74	26,83	1.577,16	5.520,33	33,1	56,49	5,77	16,77
Rubí	74.518	32,27	4,80	20,42	2.308,93	9.155,14	23,1	52,15	10,87	13,52
Sabadell	208.010	37,61	14,40	10,45	5.530,71	22.256,39	25,2	48,64	13,89	14,27
Salamanca	149.172	39,54	9,65	9,93	3.772,49	19.267,07	19,8	43,54	19,99	11,71
San Cristóbal de La Laguna	152.871	106,79	8,40	7,86	1.431,54	8.804,05	22,4	57,14	7,94	8,99
San Fernando	96.347	30,57	12,15	2,82	3.151,88	21.054,66	21,2	52,18	12,8	10,91
San Sebastián de los Reyes	82.841	59,17	3,25	12,94	1.399,95	8.646,99	26,5	54,95	9,12	16,02
Sanlúcar de Barrameda	67.272	170,84	4,66	1,22	393,77	6.696,83	17,9	46,01	16,85	5,98
Sant Boi de Llobregat	82.699	21,61	9,46	6,30	3.826,55	24.280,13	25,4	48,8	11,64	17,35
Sant Cugat del Vallès	86.190	48,47	2,95	20,46	1.778,07	7.595,34	27,4	50,53	11,1	15,6
Santa Coloma de Gramenet	118.993	7,13	31,66	7,75	16.689,06	42.347,27	32,8	40,92	8,47	26,88

Santa Cruz de Tenerife	209.355	156,28	3,40	5,32	1.339,63	15.362,74	20,6	52,01	11,14	9,63
TM CIUDAD	Población	Superficie (km²)	%suelo residencia l	%suelo disperso	Densidad (hab/km²)	Densidad corregida (hab/km²)	Tiempo viaje (min)	% uso coche	% uso pie	% uso TP
Santa Lucía de Tirajana	67.995	64,43	4,90	2,53	1.055,26	14.202,74	23,0	59,9	8,06	8,13
Santander	176.425	34,73	16,84	19,13	5.079,31	14.120,96	17,9	48,24	14,2	12,62
Santiago de Compostela	95.697	221,34	3,26	5,64	432,35	4.857,86	18,9	44,59	19,29	10,49
Sevilla	697.537	141,45	18,29	3,70	4.931,47	22.425,98	23,1	44,41	7,89	25,97
Talavera de la Reina	86.789	185,73	0,28	4,69	467,28	9.402,06	21,1	56,03	10,23	5,37
Tarragona	133.478	56,21	6,47	10,64	2.374,63	13.878,60	19,2	55,59	11,15	9,89
Telde	101.759	104,40	4,93	4,21	974,72	10.664,30	22,9	59,7	7,01	7,68
Terrassa	214.929	70,26	8,29	8,08	3.059,23	18.688,03	25,6	48,14	13,96	13,25
Toledo	83.371	231,70	0,32	4,29	359,82	7.805,28	18,5	63,33	7,4	8,6
Torrejón de Ardoz	124.866	32,43	7,55	5,41	3.849,85	29.705,62	30,8	53,44	7,28	18,75
Torremolinos	67.978	19,52	15,71	14,25	3.483,17	11.626,06	19,3	51,3	12,09	9,55
Torrevieja	94.935	71,46	13,11	9,66	1.328,58	5.834,77	15,8	44,3	15,17	8,21
València	793.407	136,34	17,17	5,28	5.819,41	25.921,64	22,0	49,51	7,13	18,64
Valladolid	307.813	197,40	4,77	5,73	1.559,35	14.850,95	21,4	57,28	9,77	10,39
Vigo	295.387	105,20	13,77	13,62	2.807,86	10.251,41	19,7	50,15	14,58	10,49
Viladecans	65.266	20,19	5,82	8,19	3.233,21	23.077,89	26,4	52,99	9,75	14,96
Vilanova i la Geltrú	66.247	34,02	6,90	12,41	1.947,53	10.085,59	28,0	46,05	14,98	13,43
Vitoria-Gasteiz	242.379	276,99	1,80	4,78	875,04	13.298,45	18,3	40,28	23,53	12,41
Zamora	64.466	149,27	2,49	0,79	431,89	13.167,35	17,4	53,55	16,36	4,65
Zaragoza	671.066	973,03	1,55	2,60	689,67	16.618,44	23,2	46,89	9,23	16,81

Tabla 8.2. Datos promedio para las ciudades españolas de la muestra de los años 2010-2017. Fuente: INE

8.3. ANEXO METODOLÓGICO Y FUENTES ESTADÍSTICAS

El presente anexo se divide en dos partes: una primera dedicada a la obtención y tratamiento de información de las fuentes estadísticas y una segunda dedicada a describir el procedimiento de trabajo.

Fuentes estadísticas utilizadas

1. Zonificación: datos de población y empleo

La zonificación que se ha aplicado ha requerido adoptar los términos municipales del entorno como delimitación de la información disponible. El término municipal de Valladolid, al ser el más grande y poblado, se ha dividido en zonas con el objetivo de establecer zonas más homogéneas en tamaño y atributos.

Para tal fin se han adoptado los distritos estadísticos que utiliza el Instituto nacional de Estadística (INE) para alguno de sus estudios y que proporciona el Ayuntamiento de Valladolid³⁷, siendo los que se recogen en la Figura A.1.

Sobre esta clasificación se recoge la información de empleo y población para cada zona. Si bien a nivel de término municipal se pueden encontrar datos en el INE (población) y el Sistema de Información Estadística de Castilla y León (SIECyL)³⁸, a nivel inframunicipal para los distritos de Valladolid se ha operado de la siguiente forma:

1. Población. Para obtener la población de los distritos estadísticos de Valladolid se ha recurrido a la cartografía proporcionada por el Servicio de Cartografía e Información Urbanística del Ayuntamiento de Valladolid, que dispone de información geográfica de población muy detallada (mediante parcelarios) de los años del estudio (2014-2019), con la que se alimentan los datos de la Estadística del Padrón Continuo del INE. Mediante el tratamiento de datos en el software de ARCGIS se han obtenido la población de cada zona de Valladolid.

³⁷ Se puede obtener la delimitación precisa de las zonas en la dirección <https://www.valladolid.es/es/ciudad/estadisticas/servicios/observatorio-urbano-datos-estadisticos-ciudad/datos-estadisticos-temas/division-territorial-ciudad-mapas/division-distritos>

³⁸ El SIECYL ofrece datos de las cuentas de cotización por municipios <https://www.jcyl.es/sie/sas/broker? PROGRAM=mddbpgm.v2.indexv2.scl SERVICE=saswebly DEBUG=0ymenu=index>

2. Empleo. El empleo en las zonas de Valladolid ha tenido que estimarse con dos fuentes: los datos desagregados por macrozonas del PIMUSSVA³⁹ y los datos de evolución de las afiliaciones a la Seguridad Social del SIECyL. Se asume que la proporción de empleo en cada zona respecto del total del municipio ha permanecido constante en los años del estudio (2014-2019). De esta forma, se obtiene una distribución por zonas del empleo en las zonas interiores de Valladolid, cuyo total coincide con la cantidad de empleo que proporciona el SIECyL.

Los resultados se recogen en la tabla A.1.

La información geográfica necesaria para tratar estas zonificaciones es necesario descargarla de fuentes administrativas. Estos datos se obtienen de Infraestructura de Datos Espaciales de Castilla y León (IDECyL)^{40,41} y del Ayuntamiento de Valladolid⁴².

³⁹ Las Macrozonas del PIMUSSVA no coinciden en algunos casos con los distritos estadísticos utilizados. Esta situación se da en las zonas del Centro de Valladolid (Macrozona 1 del PIMUSSVA, Distritos estadísticos 1, 3 y 5), siendo necesario dividir el empleo de esa zona en los 3 distritos estadísticos. El resto de Macrozonas del PIMUSSVA se pueden agregar en los distritos estadísticos.

⁴⁰ Portal web del servicio: <https://idecyl.jcyl.es/>

⁴¹ Las capas se obtienen de: <https://idecyl.jcyl.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/SPAGOB CYLCITD TSAULML>

⁴² La información cartográfica del Ayuntamiento de Valladolid se ha obtenido de: https://www10.ava.es/cartografia/inicio_gis_valladolid.html y de la consulta al Servicio Municipal de Cartografía e Información Urbanística.

Zona	Nombre Zona	Población					Empleo				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
1	Centro	3989	3939	3866	3873	3849	6253	6455	6535	6736	7044
2	Paseo Zorrilla (Bajo)	15238	14929	14751	14636	14453	5450	5626	5695	5870	6139
3	Caño Argales	7415	7368	7294	7289	7185	6253	6455	6535	6736	7044
4	Delicias	44880	44544	44220	43735	43231	18184	18771	19002	19586	20483
5	Universidad	4842	4823	4759	4763	4697	6253	6455	6535	6736	7044
6	Pajarillos-Circular	39035	38556	38121	37708	37262	6927	7151	7239	7461	7803
7	Esgueva	20743	20554	20372	20230	20042	6640	6854	6938	7152	7479
8	Zona Norte	35654	35025	34596	34227	33781	9103	9398	9513	9806	10254
9	San Nicolás	11192	11086	10972	10802	10763	5287	5458	5525	5695	5955
10	Zona Oeste	70144	69941	69514	69434	69082	20338	20996	21253	21907	22910
11	Paseo Zorrilla (Alto)	51345	51307	51151	51201	51090	18413	19009	19242	19834	20742
12	La Overuela-Berrocal	3253	3293	3289	3329	3309	603	622	630	649	679
13	El Pinar de Antequera	937	954	949	951	974	3774	3896	3943	4065	4251
14	Puente Duero	1145	1123	1132	1110	1123	260	268	272	280	293
15	Enclave Navabuena	32	24	17	16	15	0	0	0	0	0
16	Enclave Rebollar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Arroyo de la Encomienda	16643	17572	18491	19042	19421	3438	3655	4264	4447	4813
18	Laguna de Duero	22590	22555	22601	22696	22691	2433	2710	2846	2969	3192
19	Aldeamayor de San Martín	4730	4891	4968	5077	5292	1188	1155	1216	1332	1450
20	Boecillo	3921	3989	4016	4083	4104	3193	3207	3150	3385	3538
21	Cabezón de Pisuerga	3679	3622	3605	3657	3678	556	630	603	648	720
22	Castro nuevo de Esgueva	376	386	393	391	385	26	30	34	37	45
23	Cigales	5026	5008	5071	5032	5067	426	409	424	434	410
24	Ciguñuela	397	387	390	384	385	30	34	41	34	37
25	Cistérniga	8578	8734	8789	8895	8984	2281	2467	2528	2733	2705
26	Fuensaldaña	1455	1468	1518	1563	1607	365	392	376	369	261
27	Geria	516	513	519	507	508	112	170	136	192	244
28	Mucientes	708	713	699	692	681	64	69	66	66	70
29	La Pedraja de Portillo	1109	1134	1143	1151	1123	101	103	120	113	115
30	Renedo	3370	3507	3620	3697	3724	240	240	235	276	288
31	Robladillo	95	95	99	95	94	2	2	2	2	2
32	Santovenia de Pisuerga	4023	4155	4203	4241	4298	1009	1009	1069	1143	1369
33	Simancas	5406	5331	5265	5254	5214	905	880	868	912	893
34	Tudela de Duero	7153	7109	7065	6942	6888	835	886	878	906	935
35	Herrera de Duero	1580	1608	1618	1640	1663					
36	Valdestillas	1743	1743	1732	1675	1665	226	252	235	274	266
37	Viana de Cega	2019	2019	2015	2009	2021	122	138	139	102	117
38	Villanubla	2444	2444	2565	2615	2671	1125	1327	1326	1252	1285
39	Villanueva de Duero	1184	1184	1193	1196	1165	98	95	110	113	107
40	Wamba	360	360	343	343	335	15	19	14	19	20
41	Zaratán	5880	5880	6124	6201	6201	1605	1521	1535	1588	1697

Tabla A.1. Datos de población y empleo de cada zona. Fuente: Ayuntamiento de Valladolid, INE y SIECyL

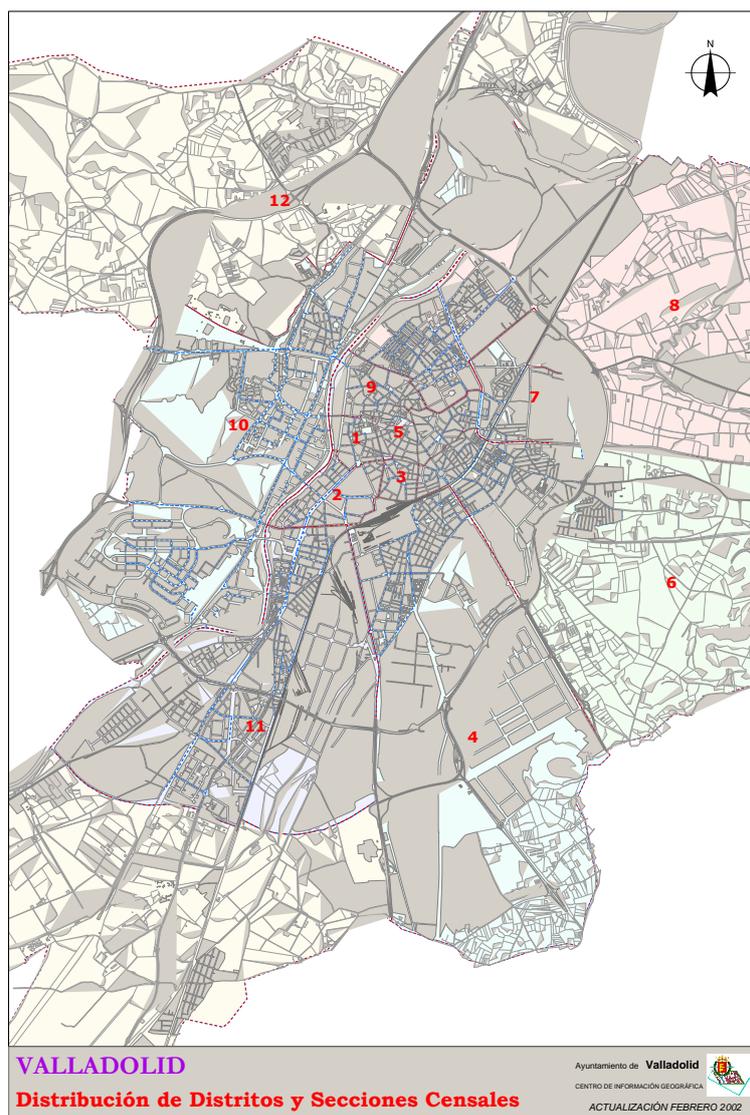


Figura A.1. Delimitación de los distritos estadísticos del término municipal de Valladolid.
Fuente: Ayuntamiento de Valladolid.

2. Sistema de usos de suelo

Como se recoge en la memoria, el sistema de usos de suelo se extrae de la información recogida por el Sistema de Información sobre Ocupación de Suelo en España (SIOSE)⁴³. El objeto del estudio, eminentemente urbano justifica la discriminación de las superficies cuyo uso de suelo corresponde con las “Coberturas artificiales” según la clasificación de la fuente de las Coberturas Simples⁴⁴.

⁴³ Portal web del proyecto: <https://www.siose.es/>

⁴⁴ La metodología de clasificación de superficies de SIOSE se encuentra en: https://www.siose.es/SIOSEtheme-theme/documentos/pdf/Descripcion_modelo_datos_SIOSE_v2.pdf

Una vez separados del resto de superficies, los usos de suelo que se van a utilizar se agrupan conforme a las siguientes categorías de la clasificación del Consejo Directivo de la Infraestructura de Información Geográfica de España (CODIIGE). Esta información está recogida en el campo TC_SIOSE_CODIIGE de los ficheros de SIOSE 2014⁴⁵ (Tabla A.2):

Código CODIIGE	Descripción
111	Casco
112	Ensanche
113	Discontinuo
114	Zona verde urbana
121	Instalación agrícola y/o ganadera
122	Instalación forestal
123	Extracción minera
130	Industrial
140	Servicio dotacional
150	Asentamiento agrícola y huerta
161	Red viaria o ferroviaria
163	Aeropuerto
171	Infraestructura de suministro
172	Infraestructura de residuos

Tabla A.2. Clasificación de los polígonos de superficie utilizados. Fuente: SIOSE y CODIICE

3. Sistema de transporte

La información del sistema de transporte tiene dos partes: información espacial de infraestructuras e información de velocidades de cada modo.

1. Información espacial de infraestructuras. La información espacial que se ha manejado para la definición de las infraestructuras existentes se ha obtenido de IDECyL, utilizando las capas más actualizadas posibles⁴⁶. Respecto de la información de la red de TP, la referencia principal ha sido la red de autobuses urbanos, cuya red de paradas facilita el Ayuntamiento de Valladolid⁴⁷.

⁴⁵ La metodología para consultar las tablas proporcionadas por SIOSE se puede consultar en: https://www.siose.es/SIOSEtheme-theme/documentos/pdf/Estruc_Cons_Bas_dat_SIOSE_v3.pdf

⁴⁶ Las capas se obtienen de las siguientes fuentes de datos: para carreteras <https://idecyl.jcyl.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search;jsessionid=B8BFB45625488EDB0AF2C53411C278F4#/metadata/SPAGOBCYLCITDTSTNRCV>, para ferrocarriles <https://idecyl.jcyl.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search;jsessionid=B8BFB45625488EDB0AF2C53411C278F4#/metadata/SPAGOBCYLCITDTSTNFVT>

⁴⁷ El mapa de movilidad refleja las paradas de autobús: <https://www10.ava.es/callejervalladolid/index.html?webmap=255843b6afcd4b0790219684f5537c7ylocale=es-es>

2. Información de velocidades de cada modo. Dentro de la variabilidad de los distintos recorridos, es necesario establecer unas velocidades representativas para cada tipo de desplazamiento.⁴⁸ La manera de definir el vector de velocidades resulta muy sensible a la distancia en la que se producen los saltos entre una velocidad y otra, de forma que se ha procurado que los vectores de velocidad-distancia trazaran curvas logarítmicas, de forma que reflejen un comportamiento similar para los distintos modos.

Procedimiento de cálculo y modelado

Primera fase: tratamiento de la información geográfica

El tratamiento de la información, la unificación de los usos de suelo por cada zona y la obtención de los centroides se ha realizado mediante el software ArcMap, de ArcGIS.

1. Partiendo de capas de información geográfica municipal se establece una zonificación coherente con lo expuesto, seleccionando los polígonos de las capas diversas, eliminando los atributos innecesarios y uniendo los polígonos de menor tamaño que conformen zonas como las definidas. En la Figura se unen los polígonos de la capa *zonas_estadísticas_agrupadas_1* entre sí para dar la zonificación interior de Valladolid. Con esos polígonos, mediante el comando *Unión* se forma la capa *MIGzonas* (ver Figura A.2)

⁴⁸ Si bien la velocidad media peatonal y del transporte público es relativamente estable (4 km/h la peatonal y en torno a 12 km/h la del TP), las velocidades por encima son muy relativas del viario utilizado. Se Estiman los recorridos mediante información del navegador de Google desde la zona Central de Tudela de Duero hasta la zona central de Valladolid, de Valdestillas y de Wamba, obteniendo como velocidad representativa los 65 km/h.

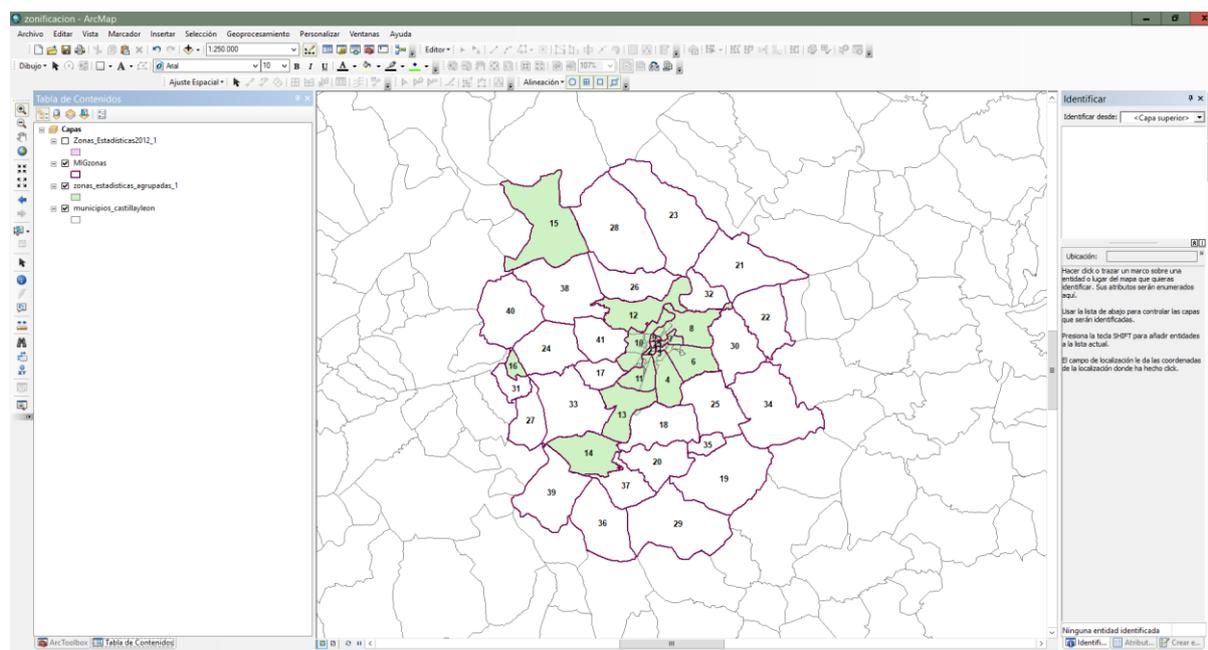


Figura A.2. Delimitación de zonas en ArcMap. Fuente: Elaboración propia.

2. Sobre esta zonificación se importa la información geográfica sobre usos de suelo y se interseca con la capa de zonas (comando *intersección* con *MIGzonas*, ver Figura A.3). Se obtiene una capa de usos de suelo (*MIGzonasSIOSE*, ver Figura A.4)

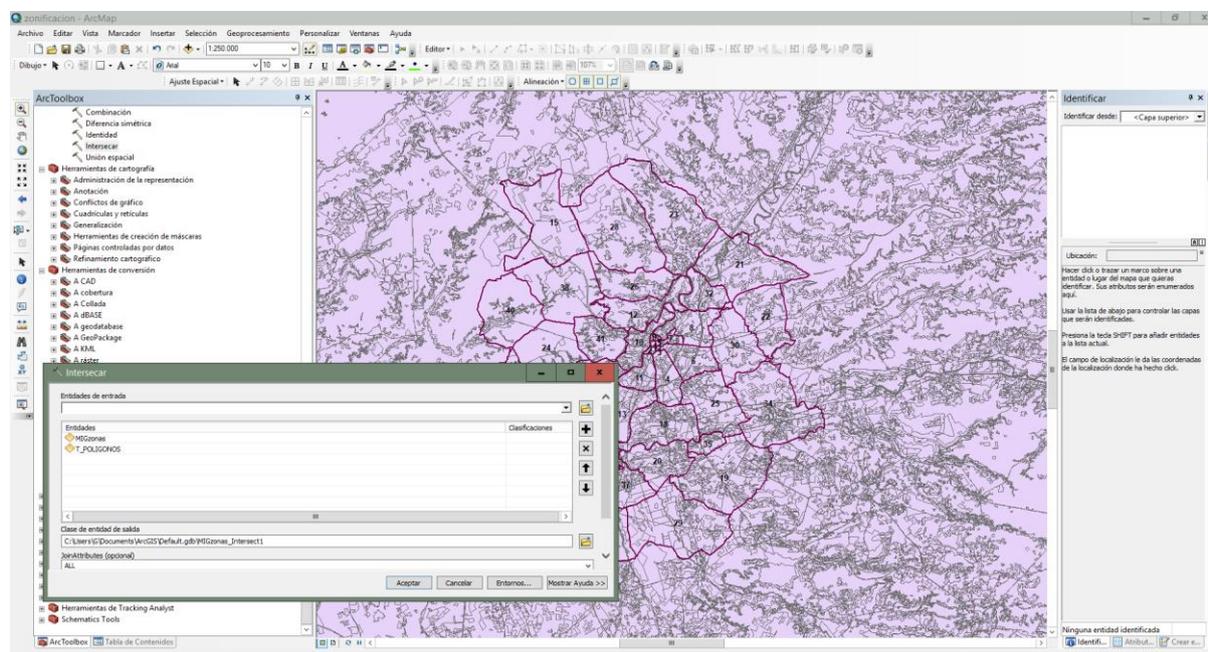


Figura A.3. Intersección de información de usos de suelo con las zonas establecidas en ArcMap. Elaboración propia.

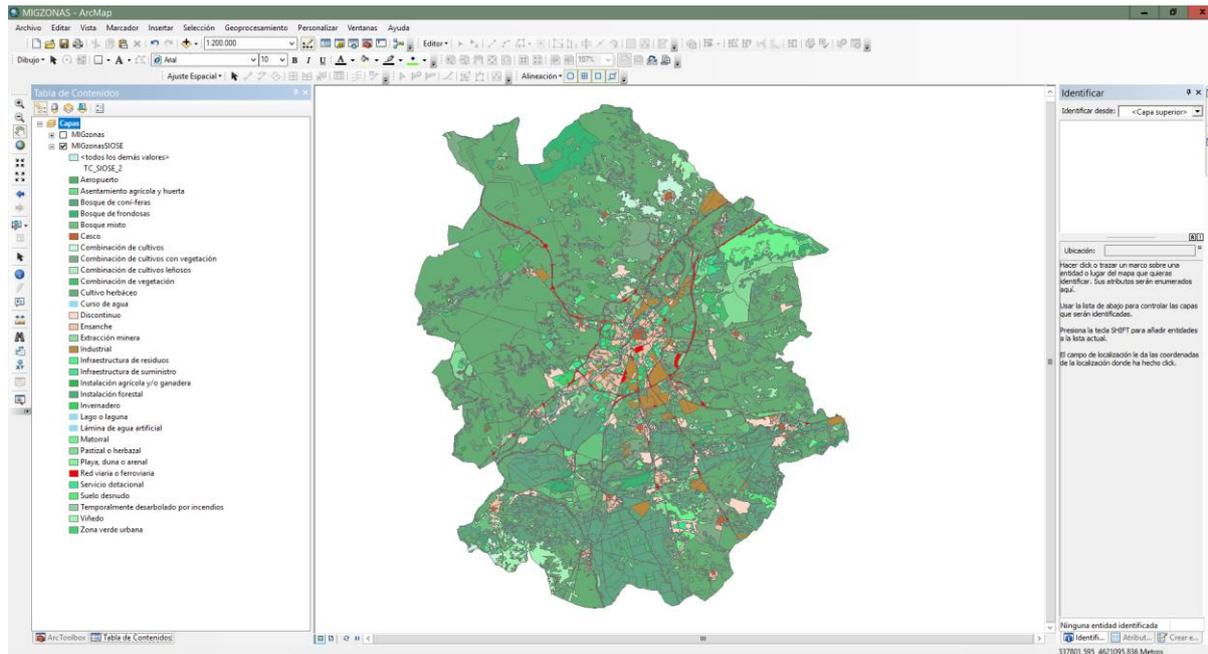


Figura A.4. Capa de Usos de Suelo de la MIG en ArcMap. Fuente: Elaboración propia.

3. Seguidamente se filtran los polígonos urbanos según el criterio expuesto y se obtiene la información de las zonas de uso de suelo con información relevante (capa MIGUdSv1, ver Figura A.5).

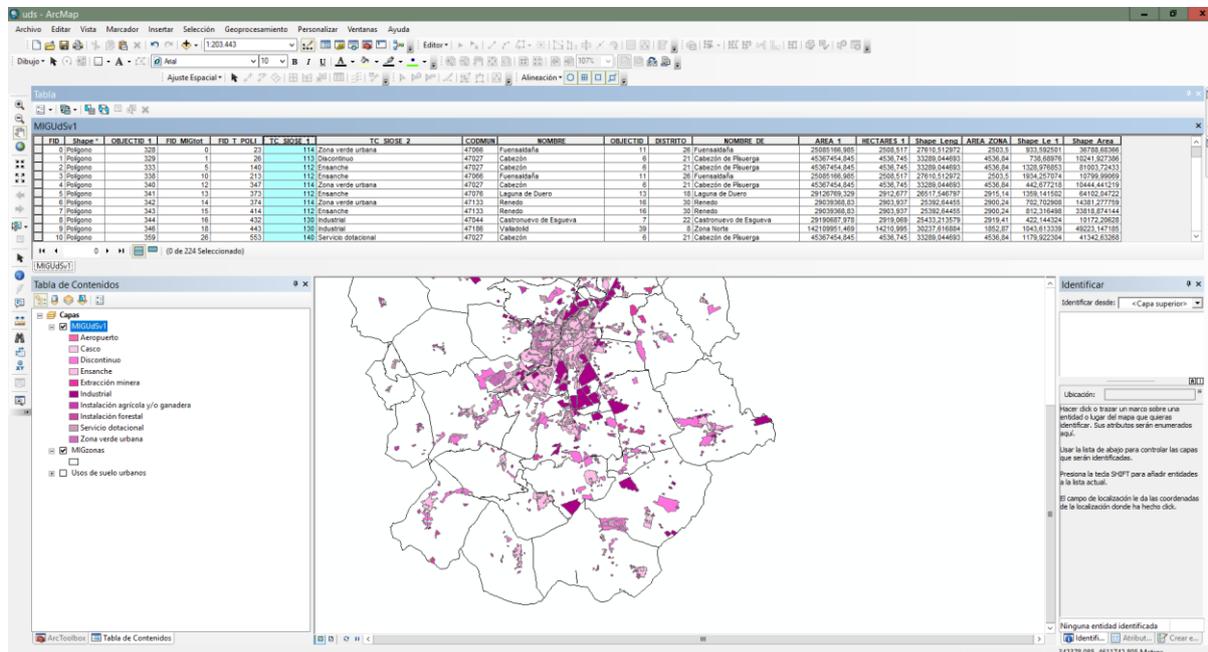


Figura A.5. Obtención de capa de coberturas de suelo filtradas en ArcMap. Fuente: Elaboración propia.

- Mediante el comando *de entidad a punto* se obtienen los llamados centroides. Esta operación resulta en 224 centroides, que representan los usos de suelo urbanos diferenciados de las 41 zonas (capa *MIGUdSv1centroides*, ver Figura A.6).

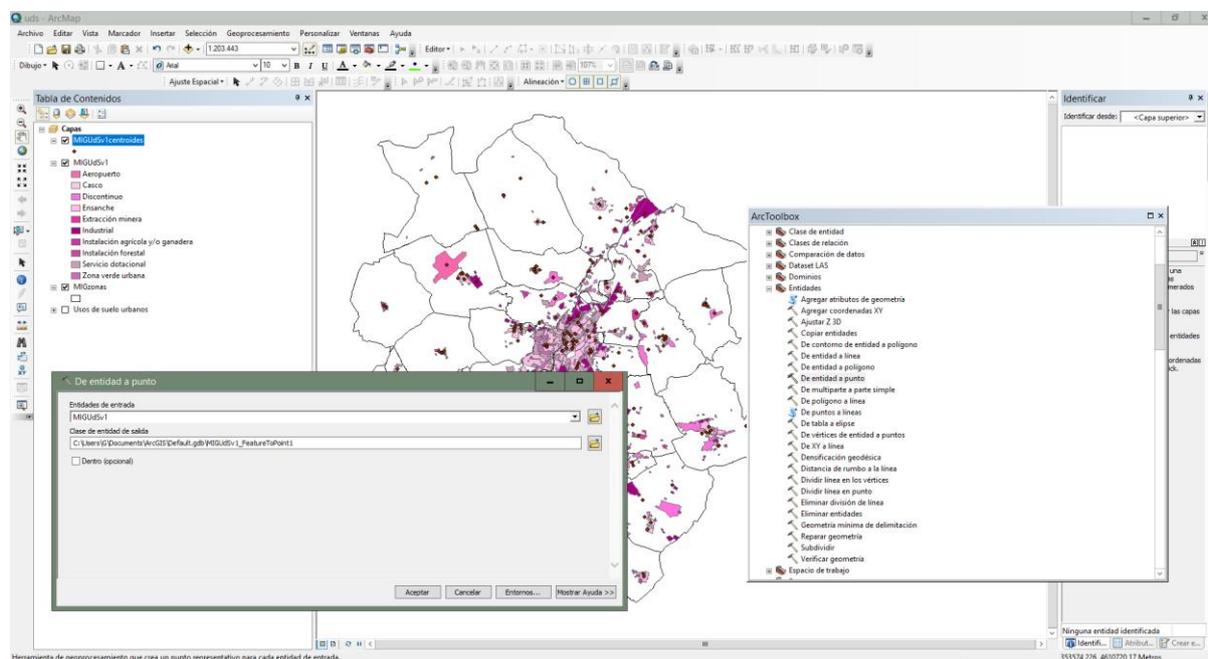


Figura A.6. Obtención de centroides en ArcMap. Fuente: Elaboración propia.

- A continuación se incorpora la información geográfica de las redes de transporte (capas *tn.carr_cyl_red_vias* y *tn.ffcc_cyl_via*⁴⁹). Con ellas se discriminan las redes por el orden de las mismas, de forma que se pueda trabajar con las de *orden I* y *II*. Se añade también la capa de transporte público (*TP_buses*) con las paradas de autobús del Ayuntamiento de Valladolid y las de aquellos núcleos urbanos con información de rutas de transporte público disponible⁵⁰. La Figura A.7 representa estas capas añadidas.

⁴⁹ Esta es para el escenario 1. En este anexo se sigue el procedimiento del escenario 0, siendo análogo el desarrollado en los otros modelos. Se incluye esta capa en este momento por explicitar la fuente.

⁵⁰ Estos municipios y las entidades que prestan servicio son: Laguna de Duero (ECSA), Tudela de Duero (Linecar), Castronuevo de Esgueva (Diputación), Renedo de Esgueva (Diputación), Cabezón de Pisuerga (La Regional VSA), Santovenia de Pisuerga (La Regional VSA), Cigales (La Regional VSA), Mucientes (La Regional VSA), Fuensaldaña (La Regional VSA), el portal web de cada Ayuntamiento para obtener esta información.

Una vez discriminadas se establecen las zonas de influencia de las mismas con el comando *zonas de influencia* (ver Figura A.8) y la distancia acorde a cada infraestructura⁵¹.

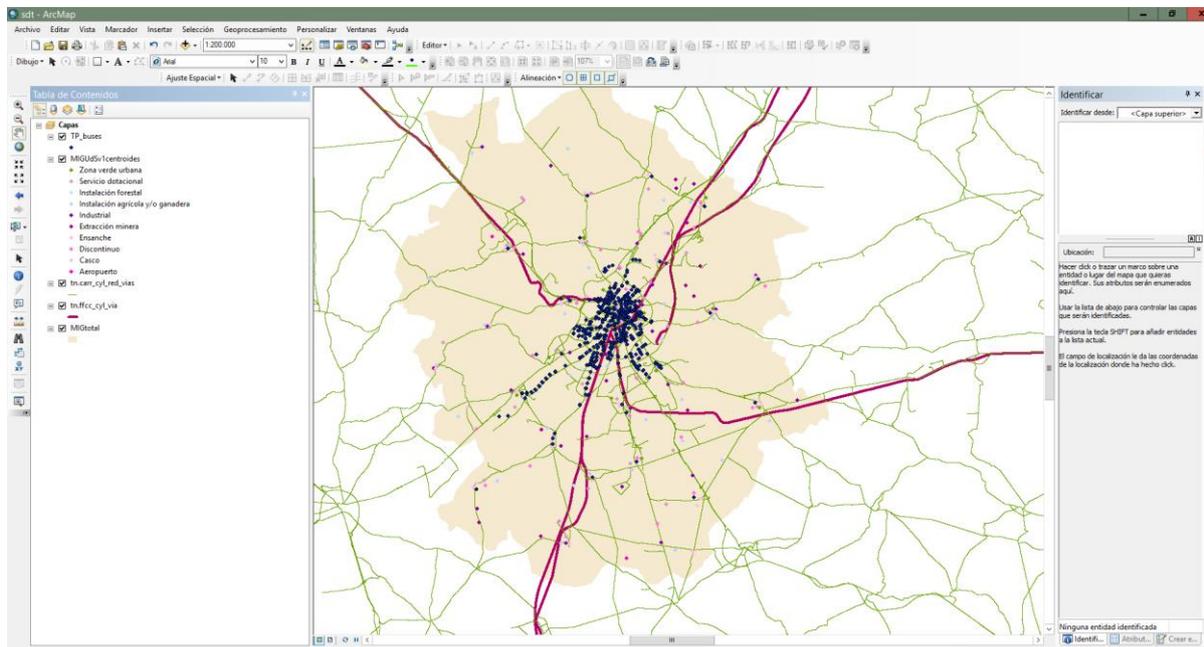


Figura A.7. Capas del sistema de transporte en ArcMap. Fuente: Elaboración propia.

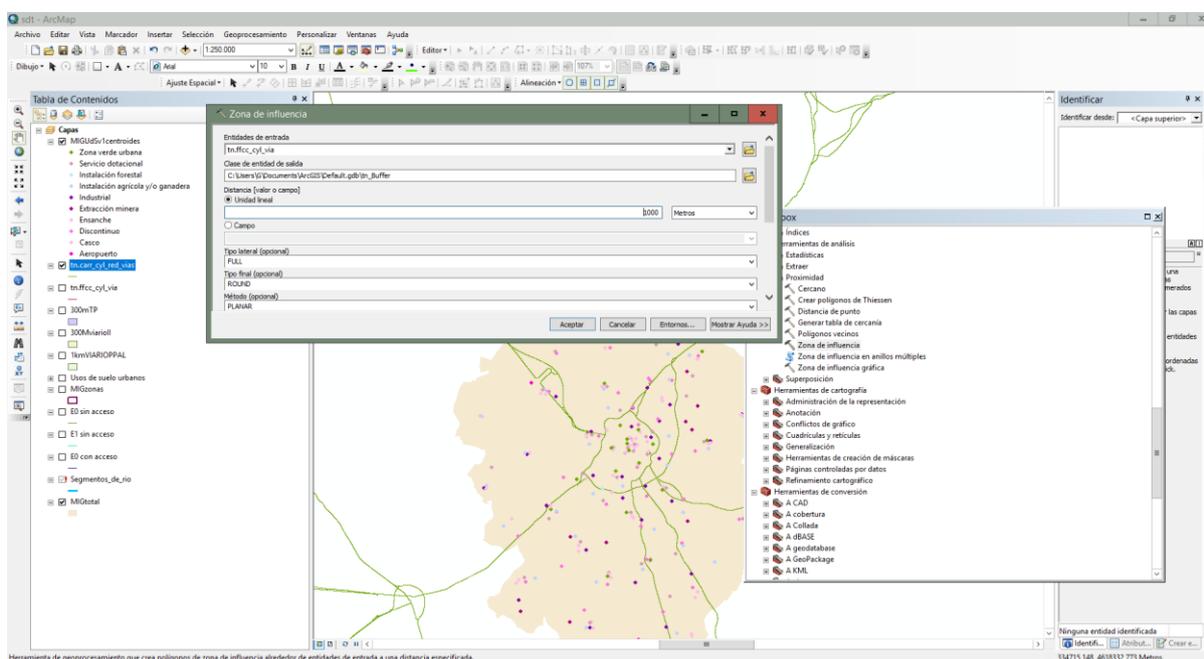


Figura A.8. Obtención de zonas de influencia en ArcMap. Fuente: Elaboración propia.

⁵¹ Estas zonas de influencia son 1 km viarios de gran capacidad, 0,3 km viarios secundarios, 0,3 km paradas de autobús, 1 km líneas de FFCC.

6. Con las zonas de influencia establecidas, se asocia cada centroide a la infraestructura que le afecta mediante el comando *Unión espacial*, como se recoge en la Figura A.9.

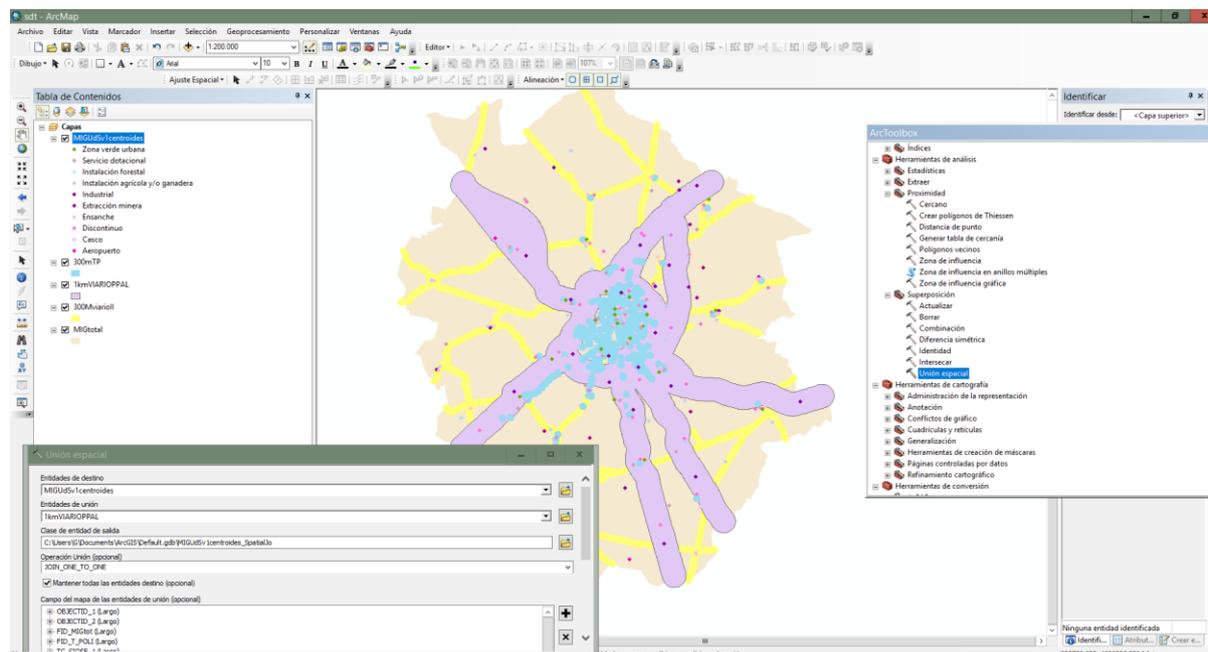


Figura A.9. Unión espacial de zonas de influencia y centroides en ArcMap. Fuente: Elaboración propia.

7. Toda la información obtenida se debe exportar a un formato manejable desde una hoja de cálculo que después nos permita operar con ella. En la Figura A.10 se observa la tabla (Hoja *CODICE*) en la que el ID es el de cada centroide, asociado a la información de uso de suelo, zona e infraestructura de transporte que tiene asociada.

ID	OBJECTID	FID_MIGI	FID_T_POI	TC_SIOSE_1	TC_SIOSE_2	CODMU	NOMBRE	OBJECTI	DISTRIT	NOMBRE_DE	ORIG_FI	OBJECTID	RED
12	362	29	616	112	Ensanche	47231	Zaratan	30	41	Zaratan	11	1	Viaria_segunda
13	366	33	1239	112	Ensanche	47175	Tudela de Duero	20	34	Tudela de Duero	12	1	Viaria_segunda
21	391	58	2301	130	Industrial	47231	Zaratan	30	41	Zaratan	20	1	Viaria_segunda
45	562	214	13652	121	Instalación agrícola y/o ganadera	47111	La Pedraja de Portillo	15	29	La Pedraja de Portillo	44	1	Viaria_segunda
62	759	390	26365	140	Servicio dotacional	47186	Valladolid	73	12	La Overuela-Berrocal	61	1	Viaria_segunda
68	818	445	30714	121	Instalación agrícola y/o ganadera	47023	Boecillo	5	20	Boecillo	67	1	Viaria_segunda
71	846	470	32811	130	Industrial	47111	La Pedraja de Portillo	15	29	La Pedraja de Portillo	70	1	Viaria_segunda
83	949	569	40397	140	Servicio dotacional	47231	Zaratan	30	41	Zaratan	82	1	Viaria_segunda
87	1055	664	47750	112	Ensanche	47161	Simancas	19	33	Simancas	86	1	Viaria_segunda
88	1069	675	48315	113	Discontinuo	47071	Geria	12	27	Geria	87	1	Viaria_segunda
110	1306	889	64312	111	Casco	47161	Simancas	19	33	Simancas	109	1	Viaria_segunda
115	1401	967	68695	113	Discontinuo	47066	Fuensaldaña	11	26	Fuensaldaña	114	1	Viaria_segunda
131	1654	1196	82635	130	Industrial	47155	Santovenia de Pisuerga	18	32	Santovenia de Pisuerga	130	1	Viaria_segunda
137	1814	1340	92713	130	Industrial	47161	Simancas	19	33	Simancas	136	1	Viaria_segunda
138	1823	1348	93196	121	Instalación agrícola y/o ganadera	47027	Cabezón	6	21	Cabezón de Pisuerga	137	1	Viaria_segunda
142	1863	1383	95173	140	Servicio dotacional	47175	Tudela de Duero	21	35	Herrera de Duero	141	1	Viaria_segunda
160	2143	1645	110466	121	Instalación agrícola y/o ganadera	47217	Villanubla	27	38	Villanubla	159	1	Viaria_segunda
173	2385	1865	124954	111	Casco	47007	Aldemayor de San Martin	3	19	Aldemayor de San Martin	172	1	Viaria_segunda
178	2746	2187	145029	112	Ensanche	47217	Villanubla	27	38	Villanubla	177	1	Viaria_segunda
182	2827	2262	149627	111	Casco	47231	Zaratan	30	41	Zaratan	181	1	Viaria_segunda
183	2848	2282	150605	121	Instalación agrícola y/o ganadera	47186	Valladolid	39	8	Zona Norte	182	1	Viaria_segunda
186	3439	2834	183557	112	Ensanche	47186	Valladolid	63	13	El Pinar de Antequera	187	1	Viaria_segunda
198	3868	3223	208921	113	Discontinuo	47217	Villanubla	27	38	Villanubla	197	1	Viaria_segunda
211	4484	3774	241349	111	Casco	47217	Villanubla	27	38	Villanubla	210	1	Viaria_segunda
224	5247	4457	277648	113	Discontinuo	47066	Fuensaldaña	11	26	Fuensaldaña	223	1	Viaria_segunda
6	341	13	373	112	Ensanche	47076	Laguna de Duero	13	18	Laguna de Duero	5	0	
14	367	34	1241	130	Industrial	47186	Valladolid	73	12	La Overuela-Berrocal	13	0	
15	368	35	1242	121	Instalación agrícola y/o ganadera	47050	Cigales	8	23	Cigales	14	0	
16	369	36	1270	112	Ensanche	47186	Valladolid	57	4	Delicias	15	0	

Figura A.10. Hoja CODICE con información de los centroides en Excel. Fuente: Elaboración propia.

Segunda fase: Obtención y tratamiento de la matriz de tiempos

Para la obtención de la matriz de tiempos se sigue el siguiente procedimiento.

1. Se debe obtener la tabla de distancias entre centroides. Para ello, en ArcMap se ejecuta el comando *distancia de punto* entre dos capas con los centroides (ver Figura A.11). El resultado es un fichero de texto que contiene las 49.952 combinaciones entre centroides. Ese fichero se exporta para ser utilizado en la hoja de cálculo (ver Figura A.12).

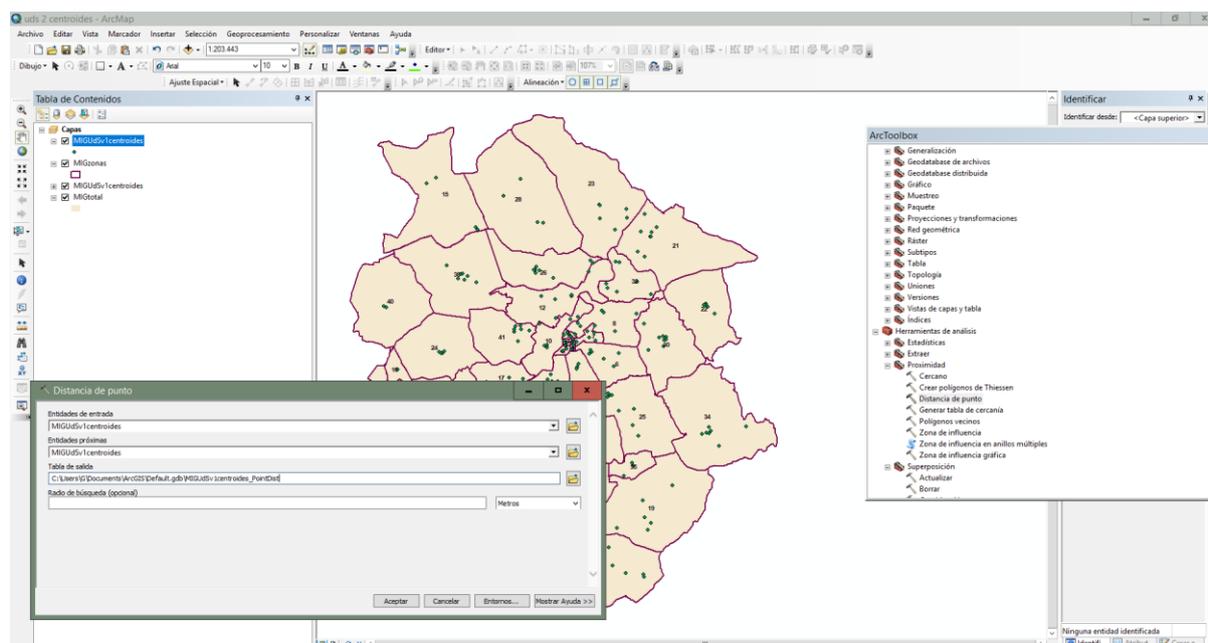


Figura A.11. Cálculo de distancias entre centroides en ArcMap. Fuente: Elaboración propia

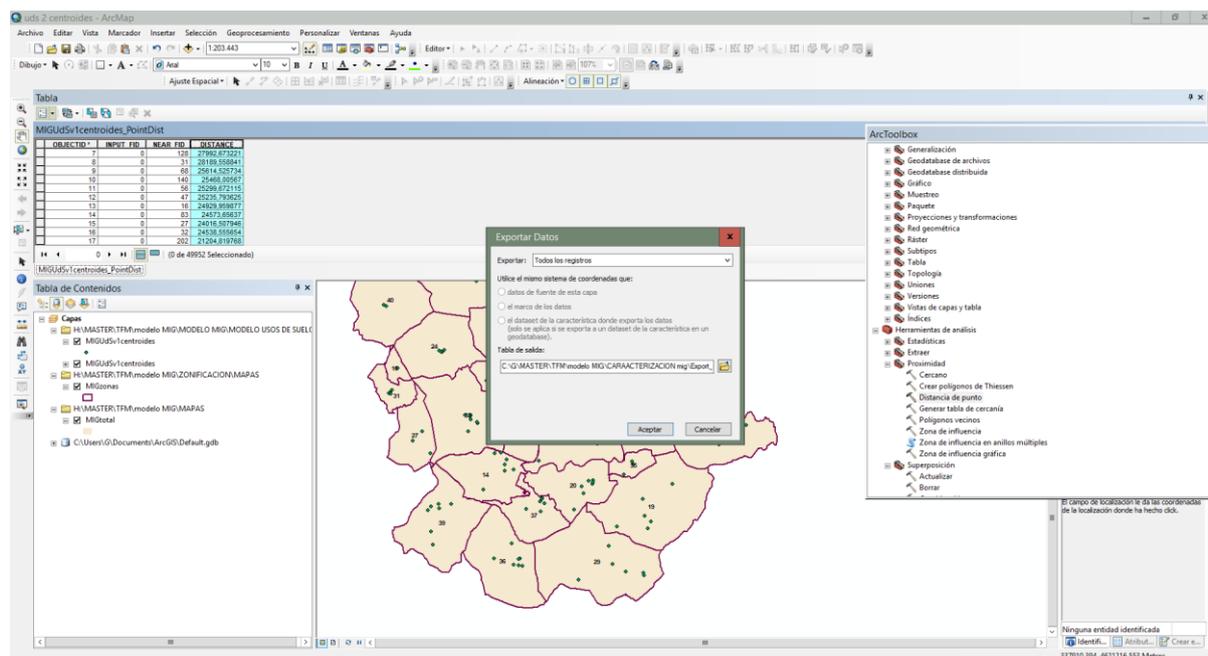


Figura A.12. Exportar datos de distancias entre centroides en ArcMap. Fuente: Elaboración propia

2. En la hoja de cálculo (ver Figura A.13), mediante un la herramienta *tabla dinámica* se obtiene la matriz de distancias.

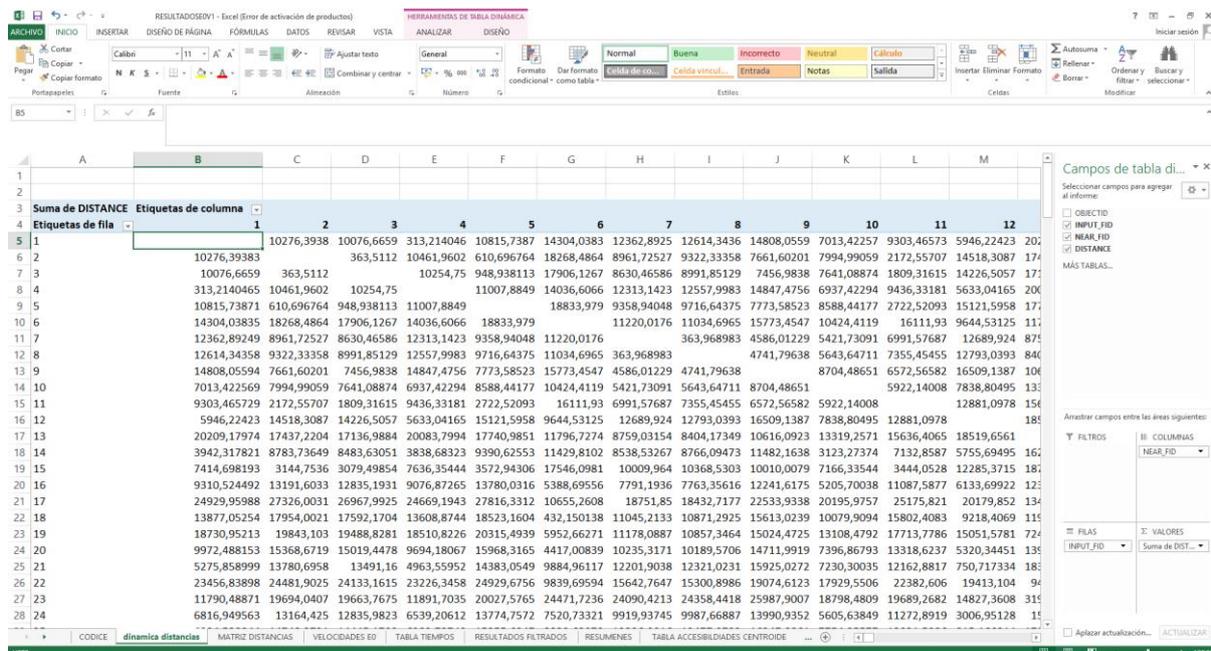


Figura A.13. Hoja *dinamica distancia* con las distancias entre centroides en Excel. Fuente: Elaboración propia.

3. Seguidamente se pasan los valores a kilómetros y se asocian los puntos a su información de zona y uso de suelo, como representa la Figura A.14.

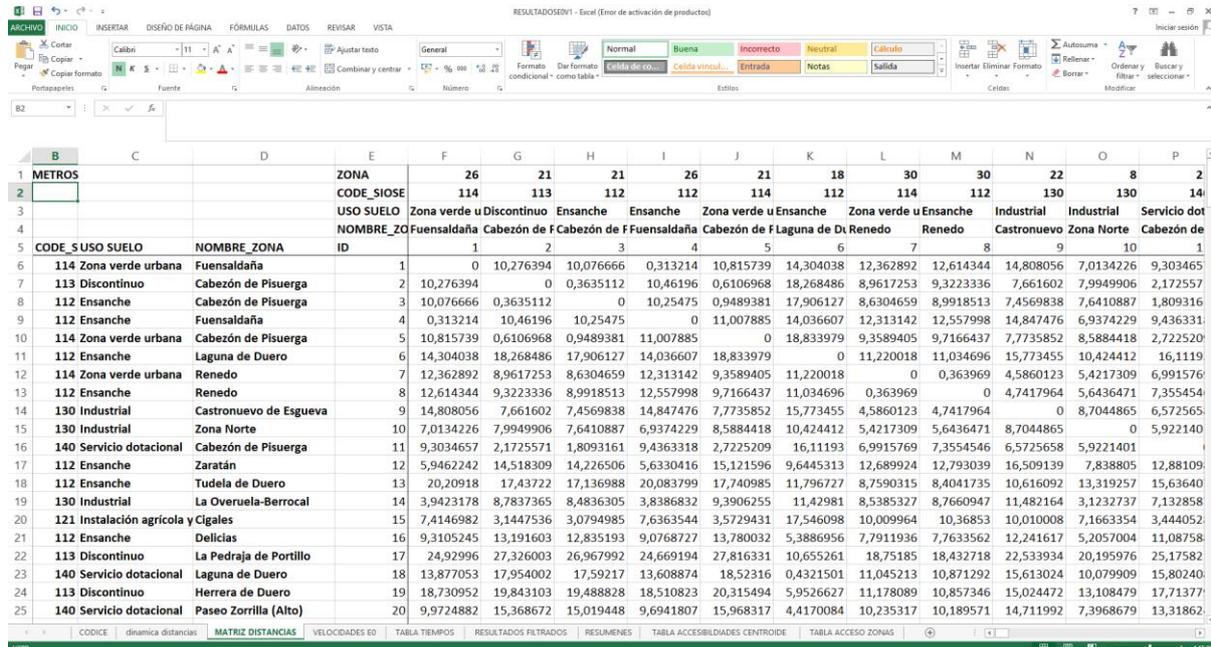


Figura A.14. Hoja *MATRIZ DISTANCIA* con las distancias entre centroides en Excel. Fuente: Elaboración propia.

4. El siguiente paso es desarrollar los vectores de velocidades. Según lo explicado previamente, se obtienen valores representativos para cada vector y

se impone a todos los modos el mismo comportamiento (ver Figura A.15), para respetar la coherencia entre sí.⁵²

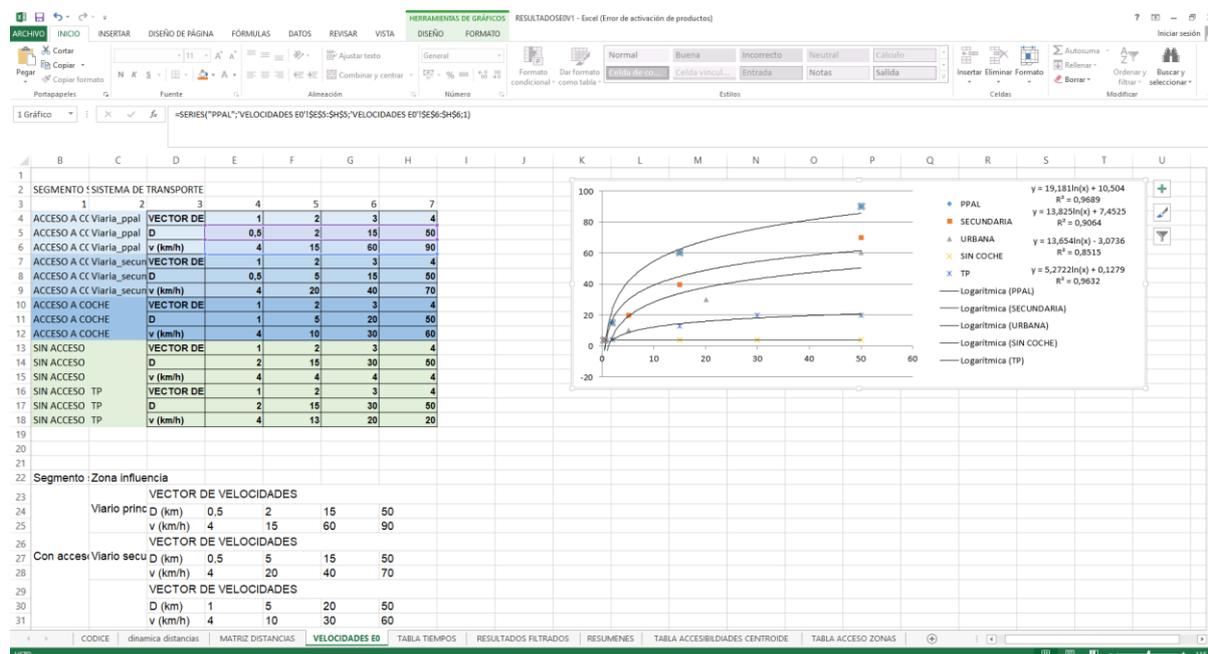


Figura A.15. Hoja VELOCIDADES E0 con la tabla de velocidades en Excel. Fuente: Elaboración propia.

5. A continuación se codifica el cálculo de tiempos a través de la información previa: datos de cada centroide, matriz de distancias y vectores de velocidad. A ello se añade la posibilidad de elegir el segmento social, que es la casilla coloreada que se aprecia en la Figura A.16.

La formulación establecida en primer lugar discrimina por segmento social y en segundo lugar por infraestructura de transporte, estableciendo una jerarquía: si un centroide tiene acceso a varias infraestructuras, en primer lugar utiliza las de más capacidad (viario principal o TP, según el segmento social).

⁵² Con la excepción del modo peatonal puro (segmento sin acceso a vehículo privado en localizaciones sin transporte público).

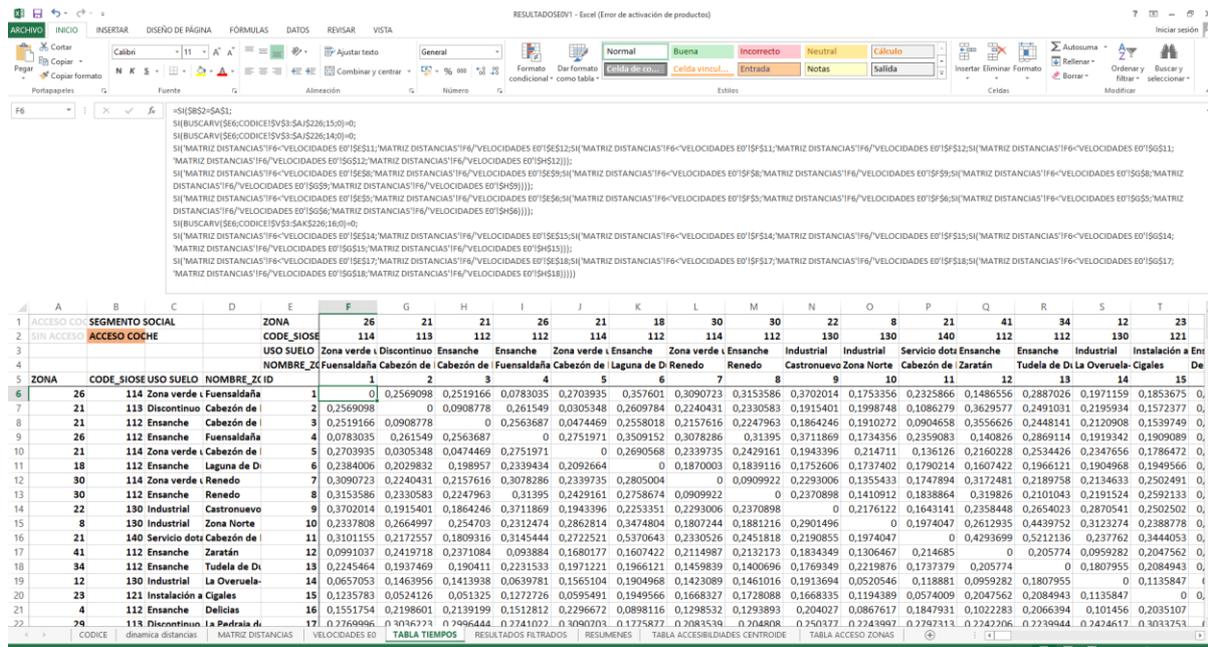


Figura A.16. Hoja TABLA TIEMPOS con la tabla de tiempos entre centroides en Excel. Fuente: Elaboración propia.

6. Obtenida la matriz de tiempos entre centroides, se puede tratar la información mediante tablas dinámicas (ver Figura A.17) para obtener las tablas recogidas en los anexos 8.4, 8.5 y 8.6, que recogen la información de cada zona en los distintos escenarios.

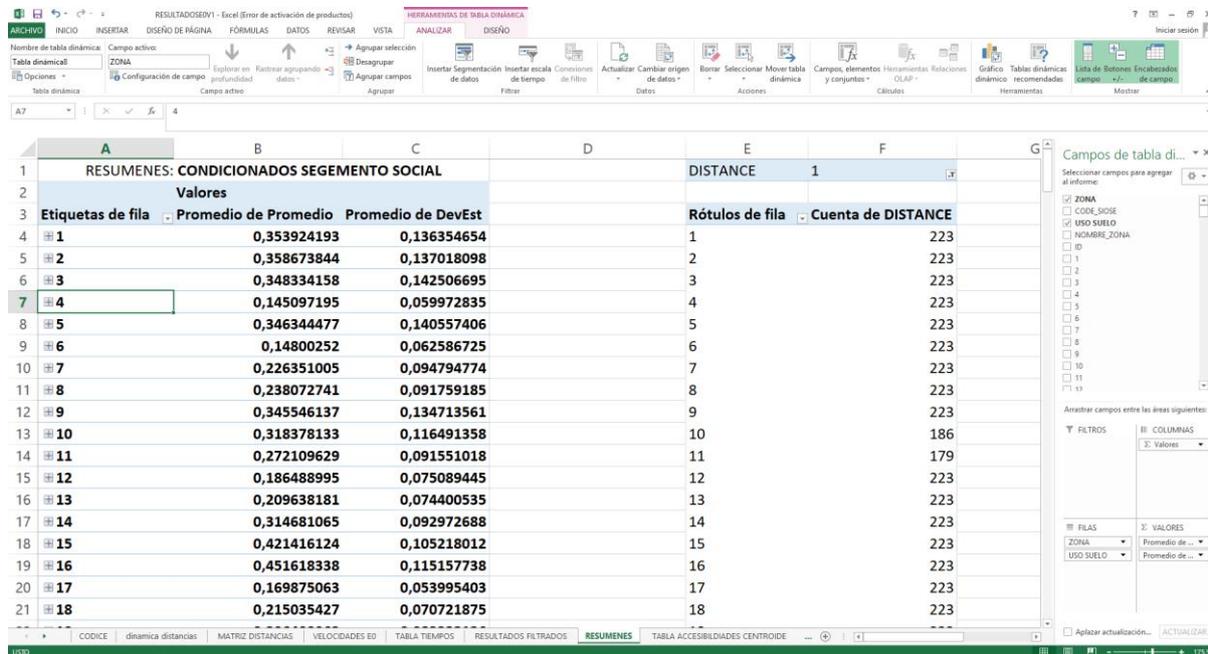


Figura A.17. Hoja RESUMENES con las tablas dinámicas obtenidas de la tabla de tiempos en Excel. Fuente: Elaboración propia.

7. Por otro lado, aplicando los presupuestos del modelo, se puede filtrar la tabla de tiempos para excluir la localizaciones inaccesibles. En este caso el umbral

se ha fijado en 0,5 horas y se fija en la casilla coloreada que se aprecia en la Figura A.18.

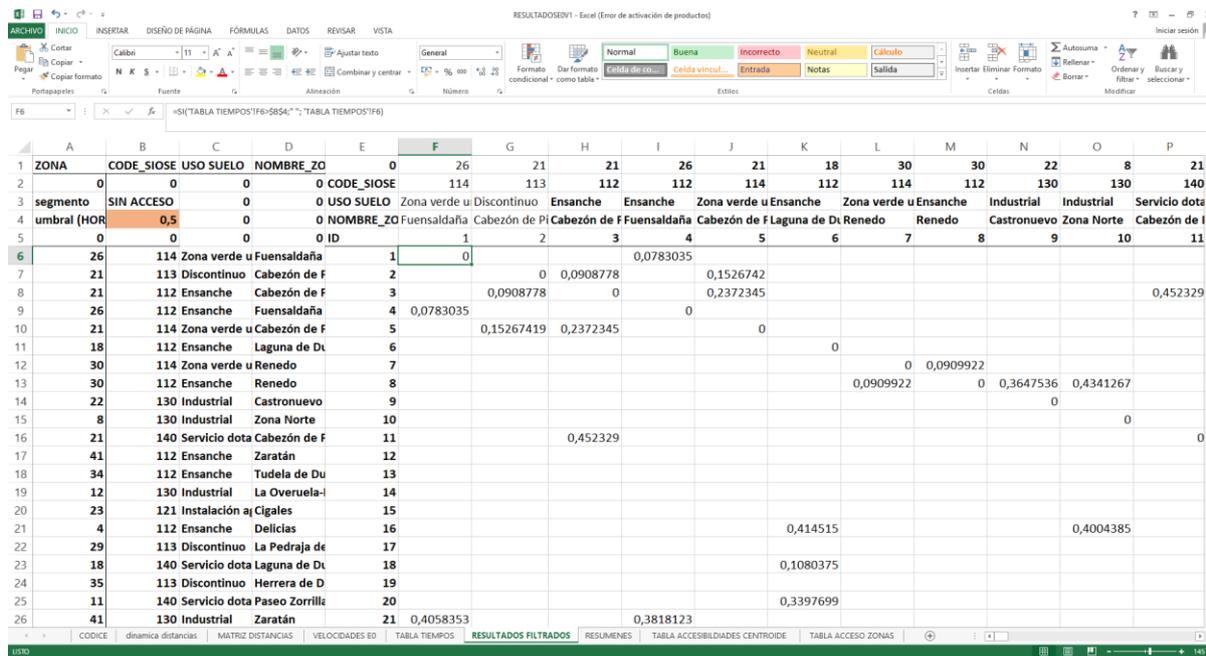


Figura A.18. Hoja RESULTADOS FILTRADOS con los tiempos accesibles entre centroides en Excel. Fuente: Elaboración propia.

8. La información contenida en esta tabla se codifica de manera binaria (accesible=1, inaccesible=0, ver formulación en la Figura A.19 y la nota 44) en los mismos términos que se obtuvo de ArcMap la relación de distancias entre los centroides, lo que nos delimitará la accesibilidad entre zonas.

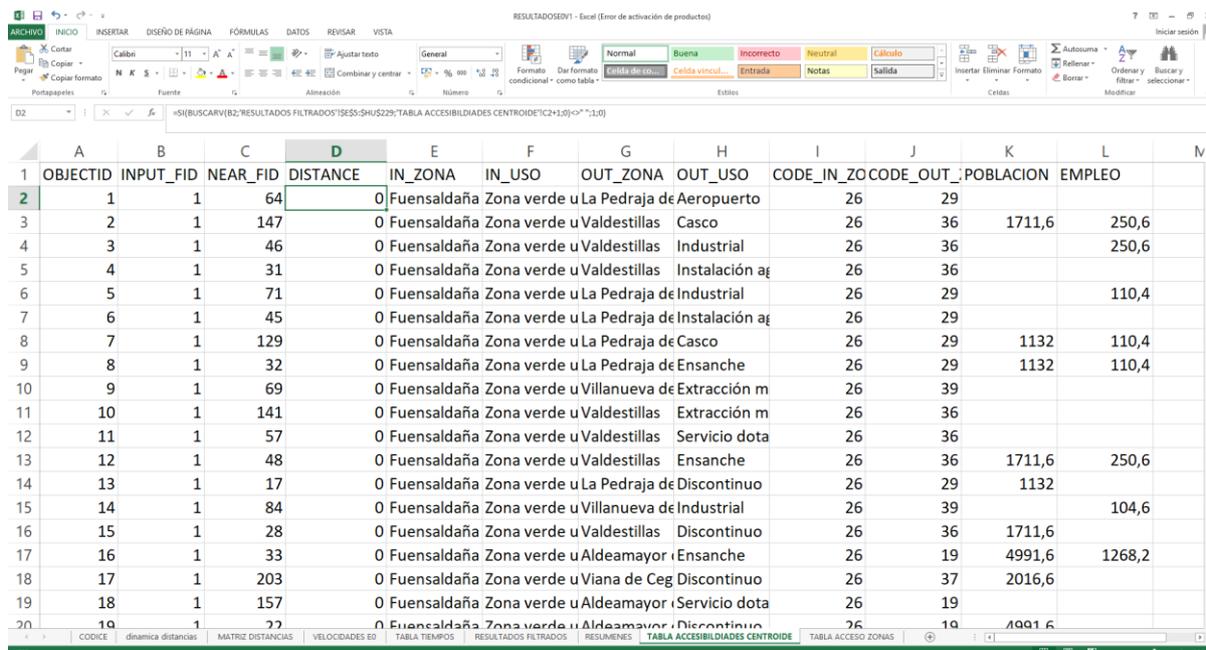


Figura A.19. Hoja TABLA ACCESIBILIDADES CENTROIDE con la información de accesibilidad codificada en Excel. Fuente: Elaboración propia.

9. A la vez se asocia a cada centroide la información de población y empleo que le corresponda según los criterios expuestos en la memoria: Población se asocia a usos de suelo Casco, Ensanche y Discontinuo y empleo a usos de suelo Industrial, Casco y Ensanche.

OBJECTID	INPUT_FID	NEAR_FID	DISTANCE	IN_ZONA	IN_USO	OUT_ZONA	OUT_USO	CODE_IN_ZO	CODE_OUT	POBLACION	EMPLEO
1	1	1	64	0 Fuensaldaña	Zona verde u La Pedraja de	Aeropuerto		26	29		
2	2	1	147	0 Fuensaldaña	Zona verde u Valdestillas	Casco		26	36	1711,6	250,6
3	3	1	46	0 Fuensaldaña	Zona verde u Valdestillas	Industrial		26	36		250,6
4	4	1	31	0 Fuensaldaña	Zona verde u Valdestillas	Instalación a		26	36		
5	5	1	71	0 Fuensaldaña	Zona verde u La Pedraja de	Industrial		26	29		110,4
6	6	1	45	0 Fuensaldaña	Zona verde u La Pedraja de	Instalación a		26	29		
7	7	1	129	0 Fuensaldaña	Zona verde u La Pedraja de	Casco		26	29	1132	110,4
8	8	1	32	0 Fuensaldaña	Zona verde u La Pedraja de	Ensanche		26	29	1132	110,4
9	9	1	69	0 Fuensaldaña	Zona verde u Villanueva de	Extracción m		26	39		
10	10	1	141	0 Fuensaldaña	Zona verde u Valdestillas	Extracción m		26	36		
11	11	1	57	0 Fuensaldaña	Zona verde u Valdestillas	Servicio dota		26	36		
12	12	1	48	0 Fuensaldaña	Zona verde u Valdestillas	Ensanche		26	36	1711,6	250,6
13	13	1	17	0 Fuensaldaña	Zona verde u La Pedraja de	Discontinuo		26	29	1132	
14	14	1	84	0 Fuensaldaña	Zona verde u Villanueva de	Industrial		26	39		104,6
15	15	1	28	0 Fuensaldaña	Zona verde u Valdestillas	Discontinuo		26	36	1711,6	
16	16	1	33	0 Fuensaldaña	Zona verde u Aldeamayor	Ensanche		26	19	4991,6	1268,2
17	17	1	203	0 Fuensaldaña	Zona verde u Viana de Ceg	Discontinuo		26	37	2016,6	
18	18	1	157	0 Fuensaldaña	Zona verde u Aldeamayor	Servicio dota		26	19		
19	19	1	77	0 Fuensaldaña	Zona verde u Aldeamayor	Discontinuo		26	19	1991,6	

Figura A.20. Hoja TABLA ACCESIBILIDADES CENTROIDE con la asignación de atributos a cada centroide en Excel. Fuente: Elaboración propia.

10. Desde esta tabla se puede analizar, mediante tabla dinámica, el promedio de población y empleo que se alcanza desde cada zona⁵³. Por ejemplo la Figura A.21 recoge la población media que se alcanza para el segmento sin acceso desde cada zona y de cada zona. Los valores se repiten en cada columna, lo que indica que al alcanzar uno de los centroides con población asignada, se alcanza a toda la población de la zona. A continuación, la suma de esas cantidades ofrece la población total alcanzable desde cada zona, como se refleja en la Figura A.22.

⁵³ Al utilizar promedios de las cantidades de población y empleo a las que se puede acceder desde cada zona a los otros centroides de la zona, se elimina la problemática de tener varios centroides de cada zona con la misma información. El resultado que se obtiene es tal que si desde una localización (centroide) se puede acceder a cualquier de las otras con atributo de empleo o población, se considerará que entre las dos zonas hay un 100% de accesibilidad a esa población o ese empleo.

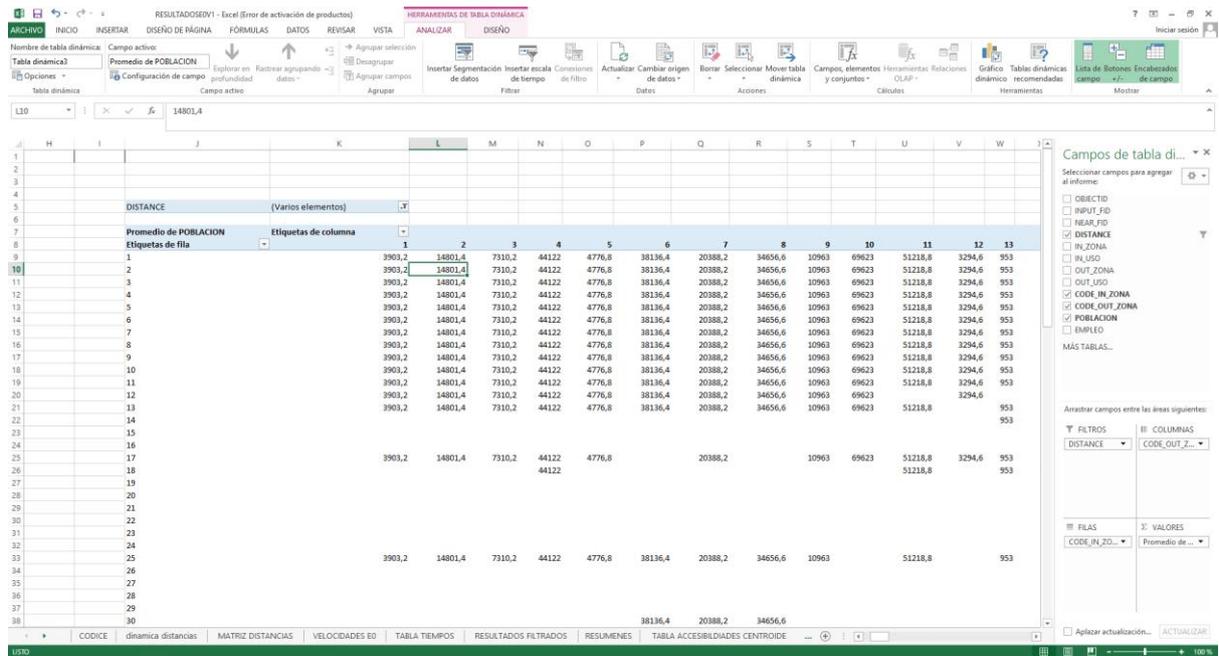


Figura A.21. Hoja TABLA ACCESO ZONAS con información agrupada por zonas mediante una tabla dinámica en Excel. Fuente: Elaboración propia.

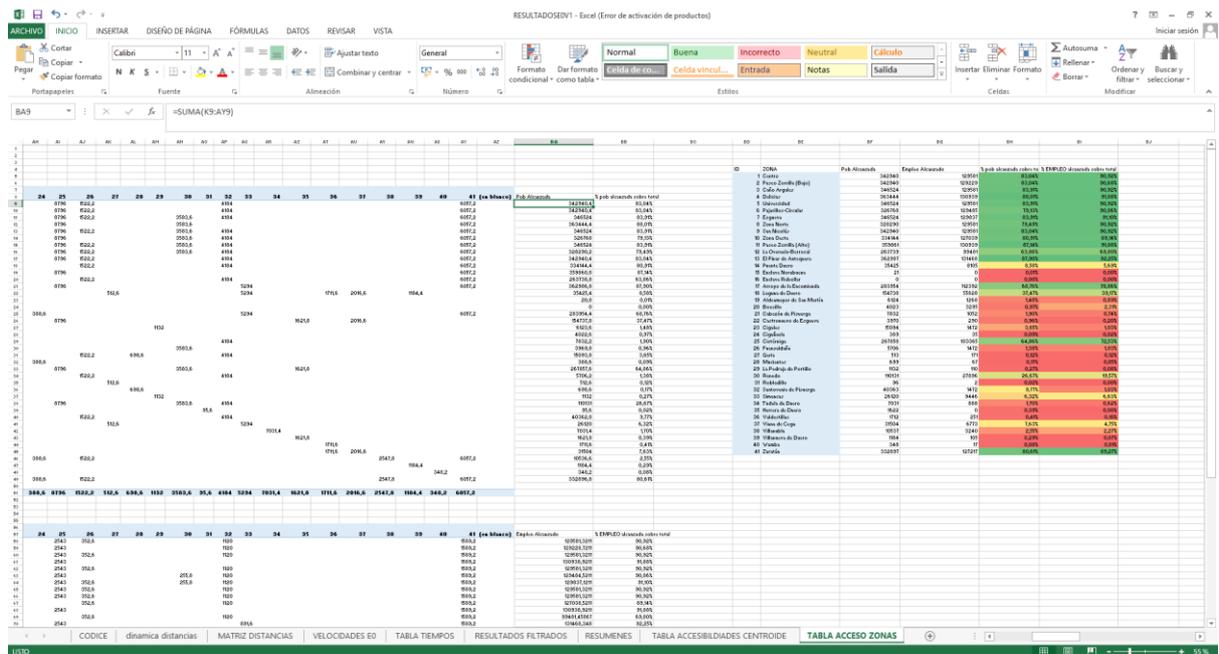


Figura A.22. Hoja TABLA ACCESO ZONAS con los indicadores de empleo y población alcanzables por zona en Excel. Fuente: Elaboración propia.

Tercera fase: Tratamiento y representación de resultados

Una vez obtenidos los datos de accesibilidad entre centroides y la proporción de población y empleo accesible desde cada zona, se procede a representarlo gráficamente sobre mapas, para lo que resulta necesario trasladar la información a

capas de ARCGIS que asociar a las obtenidas previamente. De esta forma se puede obtener:

1. La representación visual en el software ARCGIS de los vínculos entre localizaciones (Figura 36).
2. Los promedios de acceso a empleo y población desde cada zona, mediante operadores dinámicos. En ARCGIS se representa el mapa de accesibilidades de cada zona al empleo (Figura 37).

8.4. RESULTADOS ESCENARIO 0

		Segmento sin acceso a coche				Segmento con acceso a coche			
		% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)	% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)
1	Centro	90,92%	83,04%	39,25	18,19	99,81%	97,98%	21,16	8,20
2	Paseo Zorrilla (Bajo)	90,68%	83,04%	39,43	17,64	99,74%	97,98%	21,48	8,23
3	Caño Argales	90,92%	83,91%	39,28	17,73	99,81%	97,98%	20,84	8,56
4	Delicias	91,88%	88,01%	61,39	27,98	100,00%	100,00%	8,92	3,70
5	Universidad	90,92%	83,91%	39,22	17,80	99,69%	97,86%	20,69	8,45
6	Pajarillos-Circular	90,86%	79,13%	95,54	49,23	100,00%	100,00%	9,12	3,78
7	Esgueva	91,10%	83,91%	61,55	31,73	100,00%	100,00%	13,78	5,71
8	Zona Norte	90,92%	79,49%	115,43	64,22	100,00%	100,00%	14,17	5,67
9	San Nicolás	90,92%	83,04%	39,31	17,72	99,10%	98,40%	20,58	8,11
10	Zona Oeste	89,14%	80,91%	61,97	32,30	100,00%	100,00%	19,10	7,02
11	Paseo Zorrilla (Alto)	91,88%	87,14%	91,40	43,87	100,00%	100,00%	16,19	5,68
12	La Overuela-Berrocal	69,80%	63,86%	139,02	78,33	100,00%	100,00%	11,25	4,54
13	El Pinar de Antequera	92,25%	87,90%	107,08	48,17	100,00%	100,00%	12,58	4,61
14	Puente Duero	5,69%	8,58%	132,41	56,55	100,00%	100,00%	18,46	5,94
15	Enclave Navabuena	0,00%	0,01%	285,21	107,10	99,92%	100,00%	24,25	6,60
16	Enclave Rebollar	0,00%	0,00%	246,52	89,42	53,45%	56,71%	26,21	7,42
17	Arroyo de la Encomienda	78,86%	68,76%	110,06	48,41	100,00%	100,00%	10,18	3,36
18	Laguna de Duero	39,17%	37,47%	133,10	60,38	100,00%	100,00%	12,91	4,23
19	Aldeamayor de San Martín	0,89%	1,48%	243,25	99,36	100,00%	100,00%	17,43	5,11
20	Boecillo	2,31%	0,97%	198,04	91,19	100,00%	100,00%	12,83	4,05
21	Cabezón de Pisuerga	0,74%	1,90%	236,41	115,54	100,00%	100,00%	17,23	5,51
22	Castronuevo de Esgueva	0,20%	0,96%	165,67	68,13	100,00%	100,00%	18,34	5,00
23	Cigales	1,03%	3,65%	210,25	100,55	100,00%	100,00%	17,76	5,40
24	Ciguñuela	0,02%	0,09%	205,74	82,95	100,00%	100,00%	15,73	4,04
25	Cistérniga	72,53%	64,86%	121,44	53,73	100,00%	100,00%	12,73	4,35
26	Fuensaldaña	1,03%	1,38%	185,67	100,24	100,00%	100,00%	13,85	4,99

		Segmento sin acceso a coche				Segmento con acceso a coche			
		% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)	% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)
27	Geria	0,12%	0,12%	236,79	92,29	100,00%	100,00%	18,10	5,20
28	Mucientes	0,05%	0,17%	251,35	110,61	100,00%	100,00%	21,19	5,86
29	La Pedraja de Portillo	0,08%	0,27%	285,28	110,87	100,00%	100,00%	16,95	4,92
30	Renedo	19,57%	26,67%	150,45	72,67	100,00%	100,00%	17,34	5,81
31	Robladillo	0,00%	0,02%	254,98	91,99	100,00%	100,00%	16,66	4,23
32	Santovenia de Pisuerga	1,03%	9,77%	188,36	103,39	100,00%	100,00%	14,22	5,37
33	Simancas	6,63%	6,32%	148,76	62,26	100,00%	100,00%	12,01	3,44
34	Tudela de Duero	0,62%	1,70%	245,92	91,42	100,00%	100,00%	22,12	6,37
35	Herrera de Duero	0,00%	0,39%	198,02	86,48	100,00%	100,00%	11,02	3,34
36	Valdestillas	0,18%	0,41%	270,10	112,75	100,00%	100,00%	19,84	6,07
37	Viana de Cega	4,75%	7,63%	157,81	70,60	100,00%	100,00%	19,52	6,21
38	Villanubla	2,27%	2,55%	147,97	60,71	100,00%	100,00%	11,84	3,24
39	Villanueva de Duero	0,07%	0,29%	270,02	106,07	100,00%	100,00%	19,98	5,86
40	Wamba	0,01%	0,08%	274,14	93,28	100,00%	100,00%	17,55	4,24
41	Zaratán	89,27%	80,61%	90,65	43,62	100,00%	100,00%	11,25	4,18
	Promedio	36,33%	34,01%	160,35	69,45	98,82%	98,71%	16,52	5,43

Tabla 8.4. Resultados por zonas del escenario 0. Accesibilidad de empleos y población desde cada zona. Tiempo medio de acceso al resto de zonas y desviación típica del tiempo medio. Fuente: Elaboración propia

8.5. RESULTADOS ESCENARIO 1

		Segmento sin acceso a coche				Segmento con acceso a coche			
		% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)	% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)
1	Centro	94,88%	90,83%	30,82	12,73	99,81%	97,98%	21,16	8,20
2	Paseo Zorrilla (Bajo)	94,62%	91,99%	26,94	9,52	99,74%	97,98%	21,48	8,23
3	Caño Argales	95,50%	90,83%	26,58	9,76	99,81%	97,98%	20,84	8,56
4	Delicias	97,59%	93,96%	56,32	24,87	100,00%	100,00%	8,92	3,70
5	Universidad	94,73%	91,59%	26,46	9,83	99,69%	97,86%	20,69	8,45
6	Pajarillos-Circular	94,15%	90,99%	89,08	45,27	100,00%	100,00%	9,12	3,78
7	Esgueva	98,47%	92,46%	27,04	9,67	100,00%	100,00%	13,78	5,71
8	Zona Norte	98,00%	93,49%	66,96	33,36	100,00%	100,00%	14,17	5,67
9	San Nicolás	90,92%	83,04%	39,31	17,72	99,10%	98,40%	20,58	8,11
10	Zona Oeste	89,14%	80,91%	61,97	32,3	100,00%	100,00%	19,10	7,02
11	Paseo Zorrilla (Alto)	98,97%	97,36%	47,04	19,48	100,00%	100,00%	16,19	5,68
12	La Overuela-Berrocal	69,80%	63,86%	139,02	78,33	100,00%	100,00%	11,25	4,54
13	El Pinar de Antequera	96,10%	93,96%	52,73	21,19	100,00%	100,00%	12,58	4,61
14	Puente Duero	5,69%	8,58%	132,41	56,55	100,00%	100,00%	18,46	5,94
15	Enclave Navabuena	0,00%	0,01%	285,21	107,1	99,92%	100,00%	24,25	6,60
16	Enclave Rebollar	0,00%	0,00%	246,52	89,42	53,45%	56,71%	26,21	7,42
17	Arroyo de la Encomienda	78,86%	68,76%	110,06	48,41	100,00%	100,00%	10,18	3,36
18	Laguna de Duero	62,07%	62,54%	114,75	51,28	100,00%	100,00%	12,91	4,23
19	Aldeamayor de San Martín	0,89%	1,48%	243,25	99,36	100,00%	100,00%	17,43	5,11
20	Boecillo	2,31%	0,97%	198,04	91,19	100,00%	100,00%	12,83	4,05
21	Cabezón de Pisuerga	91,37%	90,50%	34,81	10,52	100,00%	100,00%	17,23	5,51
22	Castro nuevo de Esgueva	0,20%	0,96%	165,67	68,13	100,00%	100,00%	18,34	5,00
23	Cigales	1,03%	3,65%	210,25	100,55	100,00%	100,00%	17,76	5,40
24	Ciguñuela	0,02%	0,09%	205,74	82,95	100,00%	100,00%	15,73	4,04

		Segmento sin acceso a coche				Segmento con acceso a coche			
		% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)	% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)
25	Cistérniga	72,53%	64,86%	121,44	53,73	100,00%	100,00%	12,73	4,35
26	Fuensaldaña	1,03%	1,38%	185,67	100,24	100,00%	100,00%	13,85	4,99
27	Geria	0,12%	0,12%	236,79	92,29	100,00%	100,00%	18,10	5,20
28	Mucientes	0,05%	0,17%	251,35	110,61	100,00%	100,00%	21,19	5,86
29	La Pedraja de Portillo	0,08%	0,27%	285,28	110,87	100,00%	100,00%	16,95	4,92
30	Renedo	19,57%	26,67%	150,45	72,67	100,00%	100,00%	17,34	5,81
31	Robladillo	0,00%	0,02%	254,98	91,99	100,00%	100,00%	16,66	4,23
32	Santovenia de Pisuerga	91,79%	95,97%	100,61	50,55	100,00%	100,00%	14,22	5,37
33	Simancas	6,63%	6,32%	148,76	62,26	100,00%	100,00%	12,01	3,44
34	Tudela de Duero	0,62%	1,70%	245,92	91,42	100,00%	100,00%	22,12	6,37
35	Herrera de Duero	0,00%	0,39%	198,02	86,48	100,00%	100,00%	11,02	3,34
36	Valdestillas	34,72%	32,34%	70,93	25,07	100,00%	100,00%	19,84	6,07
37	Viana de Cega	55,56%	69,14%	32,22	9,29	100,00%	100,00%	19,52	6,21
38	Villanubla	2,27%	2,55%	147,97	60,71	100,00%	100,00%	11,84	3,24
39	Villanueva de Duero	0,07%	0,29%	270,02	106,07	100,00%	100,00%	19,98	5,86
40	Wamba	0,01%	0,08%	274,14	93,28	100,00%	100,00%	17,55	4,24
41	Zaratán	89,27%	80,61%	43,62	6,44	100,00%	100,00%	11,25	4,18
	Promedio	44,63%	43,31%	137,93	57,40	98,82%	98,71%	16,52	5,43

Tabla 8.5. Resultados por zonas del escenario 1. Accesibilidad de empleos y población desde cada zona. Tiempo medio de acceso al resto de zonas y desviación típica del tiempo medio. Fuente: Elaboración propia

8.6. RESULTADOS ESCENARIO 2

		Segmento sin acceso a coche				Segmento con acceso a coche			
		% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)	% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)
1	Centro	94,88%	90,83%	30,82	12,73	99,81%	97,98%	21,24	8,18
2	Paseo Zorrilla (Bajo)	94,62%	91,99%	26,94	9,52	99,74%	97,98%	21,52	8,22
3	Caño Argales	95,50%	90,83%	26,58	9,76	99,81%	97,98%	20,90	8,55
4	Delicias	97,59%	93,96%	56,32	24,87	100,00%	100,00%	8,36	3,41
5	Universidad	94,73%	91,59%	26,46	9,83	99,69%	97,86%	20,78	8,43
6	Pajarillos-Circular	94,15%	90,99%	89,08	45,27	100,00%	100,00%	8,48	3,48
7	Esgueva	98,47%	92,46%	27,04	9,67	100,00%	100,00%	13,32	5,49
8	Zona Norte	98,00%	93,49%	66,96	33,36	100,00%	100,00%	14,00	5,28
9	San Nicolás	90,92%	83,04%	39,31	17,72	99,10%	98,40%	20,73	8,08
10	Zona Oeste	89,14%	80,91%	61,97	32,3	100,00%	100,00%	19,00	6,91
11	Paseo Zorrilla (Alto)	98,97%	97,36%	47,04	19,48	100,00%	100,00%	16,22	5,45
12	La Overuela-Berrocal	69,80%	63,86%	139,02	78,33	100,00%	100,00%	10,70	4,10
13	El Pinar de Antequera	96,10%	93,96%	52,73	21,19	100,00%	100,00%	12,37	4,37
14	Puente Duero	5,69%	8,58%	132,41	56,55	100,00%	100,00%	18,88	5,58
15	Enclave Navabuena	0,00%	0,01%	285,21	107,1	99,92%	100,00%	25,28	6,31
16	Enclave Rebollar	0,00%	0,00%	246,52	89,42	53,45%	56,71%	27,10	6,91
17	Arroyo de la Encomienda	78,86%	68,76%	110,06	48,41	100,00%	100,00%	9,83	3,05
18	Laguna de Duero	62,07%	62,54%	114,75	51,28	100,00%	100,00%	12,59	4,07
19	Aldeamayor de San Martín	0,89%	1,48%	243,25	99,36	100,00%	100,00%	17,06	4,61
20	Boecillo	2,31%	0,97%	198,04	91,19	100,00%	100,00%	12,22	3,71
21	Cabezón de Pisuerga	91,37%	90,50%	34,81	10,52	100,00%	100,00%	17,20	5,08
22	Castronuevo de Esgueva	0,20%	0,96%	165,67	68,13	100,00%	100,00%	18,72	4,70
23	Cigales	1,03%	3,65%	210,25	100,55	100,00%	100,00%	17,76	4,99
24	Ciguñuela	0,02%	0,09%	205,74	82,95	100,00%	100,00%	15,79	3,96
25	Cistérniga	72,53%	64,86%	121,44	53,73	100,00%	100,00%	12,38	4,10

		Segmento sin acceso a coche				Segmento con acceso a coche			
		% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)	% empleos	%población	t medio (Min)	σ medio (Min)
26	Fuensaldaña	1,03%	1,38%	185,67	100,24	100,00%	100,00%	13,80	4,51
27	Geria	0,12%	0,12%	236,79	92,29	100,00%	100,00%	18,05	4,67
28	Mucientes	0,05%	0,17%	251,35	110,61	100,00%	100,00%	21,99	5,56
29	La Pedraja de Portillo	0,08%	0,27%	285,28	110,87	100,00%	100,00%	16,34	4,35
30	Renedo	19,57%	26,67%	150,45	72,67	100,00%	100,00%	17,68	5,54
31	Robladillo	0,00%	0,02%	254,98	91,99	100,00%	100,00%	16,73	4,09
32	Santovenia de Pisuerga	91,79%	95,97%	100,61	50,55	100,00%	100,00%	13,92	4,82
33	Simancas	6,63%	6,32%	148,76	62,26	100,00%	100,00%	11,56	3,11
34	Tudela de Duero	0,62%	1,70%	245,92	91,42	100,00%	100,00%	22,25	5,96
35	Herrera de Duero	0,00%	0,39%	198,02	86,48	100,00%	100,00%	10,18	2,95
36	Valdestillas	34,72%	32,34%	70,93	25,07	100,00%	100,00%	20,27	5,83
37	Viana de Cega	55,56%	69,14%	32,22	9,29	100,00%	100,00%	20,07	5,84
38	Villanubla	2,27%	2,55%	147,97	60,71	100,00%	100,00%	10,66	2,73
39	Villanueva de Duero	0,07%	0,29%	270,02	106,07	100,00%	100,00%	20,37	5,58
40	Wamba	0,01%	0,08%	274,14	93,28	100,00%	100,00%	17,55	4,24
41	Zaratán	89,27%	80,61%	43,62	6,44	100,00%	100,00%	10,78	3,96
	Promedio	44,63%	43,31%	137,93	57,40	98,82%	98,71%	16,45	5,14

Tabla 8.6. Resultados por zonas del escenario 2. Accesibilidad de empleos y población desde cada zona. Tiempo medio de acceso al resto de zonas y desviación típica del tiempo medio. Fuente: Elaboración propia