



Universidad de Oviedo

**Programa de doctorado en:
Ingeniería de los Recursos Naturales.**

Nuevos paradigmas de la movilidad urbana en las ciudades medias.

Autora:

Estela Pantiga Facal



RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español/Otro Idioma: Nuevos paradigmas de la movilidad urbana en las ciudades medias.	Inglés: New paradigms of urban mobility in medium-sized cities.
2.- Autor	
Nombre: Estela Pantiga Facal	
Programa de Doctorado: Doctorado en Ingeniería de los Recursos Naturales (DIRENA)	
Órgano responsable: Centro Internacional de Postgrado	

RESUMEN (en español)

Esta tesis se adentra en el mundo de la movilidad urbana realizando un análisis en ciudades de tamaño medio en España, explorando cambios fundamentales y tendencias clave que han influido en la forma en la que nos desplazamos a lo largo de las décadas. El principal objetivo de esta investigación es que trata de comprender la evolución de las formas de movilidad en las últimas décadas en España, profundizando en la literatura publicada para encontrar las similitudes y diferencias en los patrones de movilidad sostenible entre ciudades comparables.

Como contextualización de la investigación, se ha realizado como punto de partida un breve análisis sobre las tesis publicadas de similar temática, además del resto de literatura y bibliografía consultada.

En un primer plano, la tesis se embarca en la tarea de identificar elementos comunes de disrupción que han transformado la movilidad en España en las últimas décadas. Desde la irrupción de servicios de transporte compartido hasta los efectos impuestos por la pandemia de COVID-19 en los hábitos de movilidad, la investigación aborda en detalle los factores que han alterado la forma en que las personas se desplazan dentro de las ciudades.

Un segundo objetivo estratégico es el análisis de las similitudes y diferencias en los patrones de movilidad sostenible entre ciudades de tamaño medio, aportando claridad sobre factores determinantes como el contexto socioeconómico y la infraestructura urbana. Este enfoque comparativo revela que no hay una talla única para todos en la movilidad, y que la Ilustración única de cada ciudad influye significativamente en cómo se utilizan los diferentes modos de transporte.

Dentro de los objetivos particulares de la investigación, destaca la evaluación del impacto de la pandemia en los hábitos de movilidad en Gijón, una ciudad de tamaño medio con diversas opciones de transporte. Este análisis post-pandemia arroja luz sobre cómo las crisis pueden alterar radicalmente los patrones de movilidad, aumentando el uso del automóvil privado y disminuyendo la preferencia por el transporte público.

Adicionalmente, se busca definir valores-modelo para parámetros de Sistemas de Movilidad Ligera (SML) operativos en España. Esta contribución específica se proyecta como un referente útil para futuros estudios en otras ciudades interesadas en implementar SML en sus mallas urbanas, estableciendo así una base sólida para el diseño y la optimización de sistemas de transporte ligero.

La metodología desarrollada durante la investigación no solo aborda objetivos



específicos, como la evaluación de servicios de motosharing, la capacidad de respuesta de los sistemas de transporte público durante la pandemia, y la implementación de aplicaciones móviles en sistemas de transporte compartido, sino que también establece un marco sólido y replicable para la implantación y optimización de servicios de transporte público. Se pone un énfasis especial en mejorar los parámetros de diseño con soluciones basadas en la calidad y accesibilidad, destacando la importancia de un enfoque centrado en la experiencia del usuario.

Se podría decir que la presente investigación ha logrado una contribución significativa al campo de la movilidad urbana en España, identificando y analizando los principales cambios y tendencias. Los hallazgos proporcionan no solo un conocimiento profundo sobre la movilidad en el país, sino también importantes implicaciones para el diseño futuro de políticas de transporte más efectivas y sostenibles. El impacto de la pandemia en los hábitos de movilidad, el análisis de servicios específicos como el motosharing, y la comparación entre ciudades de tamaño similar ofrecen una visión integral y valiosa para abordar los desafíos actuales y futuros en el ámbito de la movilidad urbana, para ello la tesis propone soluciones prácticas y metodologías replicables que puedan facilitar la implantación con éxito de cambios hacia un diseño más sostenible en el futuro.

En la actualidad, se ha continuado con esta línea de investigación, publicando recientemente el artículo titulado: Metodología para la planificación de redes de carriles bici urbanos; un ejemplo del centro de Gijón.

RESUMEN (en Inglés)

This thesis delves into the world of urban mobility by conducting an analysis in medium-sized cities in Spain, exploring fundamental changes and key trends that have influenced the way we move over the decades. The main objective of this research is to understand the evolution of mobility patterns in recent decades in Spain, delving into published literature to find similarities and differences in sustainable mobility patterns among comparable cities.

As a contextualization of the research, a brief analysis of similarly themed published theses has been carried out, in addition to the rest of the consulted literature and bibliography.

In the forefront, the thesis undertakes the task of identifying common disruptive elements that have transformed mobility in Spain in recent decades. From the emergence of shared transportation services to the effects imposed by the COVID-19 pandemic on mobility habits, the research details the factors that have altered the way people move within cities.

A second strategic objective is the analysis of similarities and differences in sustainable mobility patterns among medium-sized cities, providing clarity on determining factors such as socio-economic context and urban infrastructure. This comparative approach reveals that there is no one-size-fits-all solution for mobility, and the unique



conIlustración of each city significantly influences how different modes of transportation are used.

Among the specific objectives of the research, the evaluation of the impact of the pandemic on mobility habits in Gijón stands out, a medium-sized city with various transportation options. This post-pandemic analysis sheds light on how crises can radically alter mobility patterns, increasing the use of private cars and decreasing the preference for public transportation.

Additionally, the research aims to define model values for parameters of Operational Light Mobility Systems (LMS) in Spain. This specific contribution is envisioned as a useful reference for future studies in other cities interested in implementing LMS in their urban networks, thus establishing a solid foundation for the design and optimization of light transportation systems.

The methodology developed during the research not only addresses specific objectives, such as the evaluation of motor-sharing services, the responsiveness of public transportation systems during the pandemic, and the implementation of mobile applications in shared transportation systems, but also establishes a solid and replicable framework for the implementation and optimization of public transportation services. Special emphasis is placed on improving design parameters with quality and accessibility-based solutions, highlighting the importance of a user-centered approach.

It can be said that the present research has made a significant contribution to the field of urban mobility in Spain, identifying and analyzing major changes and trends. The findings provide not only a deep understanding of mobility in the country but also important implications for the future design of more effective and sustainable transportation policies. The impact of the pandemic on mobility habits, the analysis of specific services such as motor-sharing, and the comparison between cities of similar size offer a comprehensive and valuable insight into addressing current and future challenges in the field of urban mobility. To this end, the thesis proposes practical solutions and replicable methodologies that can facilitate the successful implementation of changes towards a more sustainable design in the future.

Currently, this line of research has been continued, recently publishing the article titled: Methodology for the planning of urban bike lane networks; an example from the center of Gijón.

Agradecimientos

No puedo empezar estos agradecimientos sin mencionar el apoyo incondicional de mi familia, mi mayor motivación para terminar mis estudios. Los que me ayudaron en los momentos más difíciles y celebraron los éxitos cosechados por el camino. Mamá, Papá, a partir de ahora ya habrá una Doctora en casa, sin engaños jeje.

En segundo lugar, quiero agradecer a mi director de tesis, Pedro, su orientación, su apoyo y su dedicación. Sus valiosos comentarios fueron fundamentales para dar forma a la tesis y llevarla a su conclusión.

Agradecer también el apoyo a mi compañera de investigación Irene, a Lidia por hacer que mi estancia haya sido lo más fácil posible, y no olvidarme de Jose Luis Rodríguez Gallego por las mejoras aportadas en su revisión y a Luján por el apoyo administrativo, sin los cuales no hubiera sido posible esta entrega final.

Quiero agradecer también a los amigos que me han acompañado y animado a no mandarlo a paseo cuando más me apetecía.

Por último y no menos importante, a las estrellas que más brillan en el cielo, sin los cuales no hubiera podido comenzar mis estudios universitarios.

Dedicatoria

Deséalo tanto que la vida no tenga más remedio que dártelo.

A mi Piescu favorito.

Índice general

1. Introducción	10
1.1. La movilidad urbana.....	10
1.1.1. El tamaño, la morfología y la estructura funcional como condicionantes de la movilidad.....	24
1.1.2. Elementos disruptores de la movilidad urbana en las primeras décadas del siglo XXI.....	36
1.2. Alcance de la tesis.....	45
1.2.1. Estructura.....	46
1.3. Estado de la cuestión.....	47
2. Objetivos	50
3. Metodología general.....	52
4. Resultados	55
4.1. Un análisis basado en SIG de los sistemas de metro ligero en España (2021).....	55
4.1.1. Introducción.....	55
4.1.2. Metodología específica	62
4.1.3. Resultados	67
4.1.4. Conclusiones.....	75
4.2. Impacto de la COVID-19 en los hábitos de transporte urbano en la ciudad de Gijón (2021).....	77
4.2.1. Introducción	77
4.2.2. Metodología específica.....	80
4.2.3. Resultados.....	82
4.2.4. Conclusiones.	88
4.3. Evaluación basada en SIG de los sistemas de motos compartidas en España (2021) 93	
4.3.1. Introducción	93
4.3.2. Metodología específica.....	94
4.3.3. Resultados.....	96

4.3.4. Conclusiones	103
5. Conclusiones	109
6. Anexo: Publicaciones derivadas	116
7. Bibliografía	149

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Número de artículos encontrados en las diferentes bases de datos. Fuente: Propia.....	10
Ilustración 2. En las ciudades coexisten diversas formas de movilidad, como peatones, ciclistas, transporte público y vehículos privados. Los ciudadanos se desplazan según sus necesidades y posibilidades. La planificación debe brindar opciones variadas que satisfagan a la mayoría. Fuente: flickr. Autor: Mariano Mantel	12
Ilustración 3. La movilidad hace referencia al ciclista de la imagen, pero también al peatón. Se refiere a la buena o mala distribución del mobiliario urbano, al diseño de pavimentos, a la decisión de dónde ubicar los contenedores de basura, a la conjugación de los intereses del peatón y de las terrazas que se ven en la acera, o a la decisión de cómo y para qué usar el espacio disponible. Fuente: flickr	13
Ilustración 4: Autobús urbano en la ciudad de Gijón discurriendo al lado de un carril bici segregado. Fuente: Propia	14
Ilustración 5: Vía de alta capacidad, frecuentada por distintas líneas de autobús. Fuente: Propia.....	15
Ilustración 6: Zona de aparcamiento disuasorio al lado de la estación de tren en la ciudad de Gijón. Fuente: Propia.....	16
Ilustración 7: Zona de aparcamiento de bicicletas eléctricas facilitadas por el ayuntamiento. Fuente: Propia.....	17
Ilustración 8: Espacio libre de reciente creación en uno de los barrios de la ciudad de Gijón. Fuente: Propia.....	18
Ilustración 9: Avenida que combina carril bici con carril de uso exclusivo de autobús (al fondo de la imagen). Fuente: Propia.....	19
Ilustración 10. Planificación del espacio urbano (Sevilla) para albergar diferentes formas de movilidad sostenible. Fuente: Flickr. Autor: Mateo Olaya	20
Ilustración 11: Carril bus y taxi de nueva creación en una de las principales arterias de la ciudad. Fuente: Propia.....	21

Ilustración 12: Una de las plazas de recarga de vehículo eléctrico, repartidas a lo largo a la ciudad, ésta en las inmediaciones de la estación de tren. Fuente: Propia.	22
Ilustración 13: Resumen de los puntos importantes en materia de movilidad. Fuente: Propia.....	23
Ilustración 14. Toledo: Se observa el centro histórico de una ciudad en la que confluyen diferentes culturas y fases de desarrollo. Fuente: Flickr - Pilar Azaña Talán.....	26
Ilustración 15: Cardo y Decumanus en la ciudad de Emerita Augusta. Fuente: https://vacaciones-extremadura.es/	27
Ilustración 16: Mérida actual, en la que se observa como el Decumanus atraviesa el Puente Romano. Fuente: Google Maps	27
Ilustración 17: Vista aérea de la ciudad de La Habana, donde se distingue la retícula de la ciudad colonial. Fuente: Google maps.....	28
Ilustración 18: Vista aérea de la ciudad de Buenos Aires. Fuente: Google maps ...	29
Ilustración 19: Ciudad de Brasilia creada bajo las ideas de Le Corbusier. Fuente: https://www.arquitecturaydiseno.es/arquitectura/recorrido-arquitectonico-por-brasil-gran-legado-oscar-niemeyer_4388	30
Ilustración 20: Vista aérea de la ciudad de Chandigarh, proyectada por Le Corbusier. Fuente: https://arquitectosblog.blogspot.com/2020/11/master-plan-de-chandigarh.html	31
Ilustración 21: Letchworth Garden City fue la primera ciudad-jardín	40
Ilustración 22: Ciudad de Antonio de Sant'Elia. "L'architettura futurista"	41
Ilustración 23: Propuesta de Robert Moses, autopista atravesando Manhattan. En mi opinión, una idea nada favorable para el correcto desarrollo de todos los barrios de la ciudad, una autopista así impide una buena permeabilidad y conectividad, aislando unos barrios con otros.	42
Ilustración 24: Tipo de vehículo eléctrico.	43

Ilustración 25: Torno del metro de Londres, se accede con tarjeta de crédito contacless.	44
Ilustración 26: Estructura de la tesis.....	47
Ilustración 27: Ciudades con SML y año de puesta en Marzo. Barcelona comprende los sistemas Trambaix y Trambesòs; Madrid comprende los sistemas de Pozuelo, Boadilla, Sanchinarro y Parla	61
Ilustración 28: Acumulado de SML inaugurados en España	62
Ilustración 29: Método	62
<i>Ilustración 30: Ciudades del grupo 2. Primera columna: Barcelona; Barcelona; Bilbao; Sevilla. Segunda columna: Madrid, Madrid, Madrid; Valencia.</i>	<i>65</i>
Ilustración 31: Ciudades del grupo 1 y 3. Primera columna: Granada, Murcia, Tenerife; segunda columna: Vitoria, Zaragoza, Alicante	66
Ilustración 32: Localización ciudades con metro y/o SML. Fuente: propia.....	72
Ilustración 33: Relación entre tasa de aceptación y distancia media entre estaciones para los Grupos 1 y 2.	74
Ilustración 34: Comparación, en porcentaje, de los modos de transporte empleados antes y después de marzo de 2020 segregados por género.....	84
Ilustración 35: Descripción del método.....	95
Ilustración 36: Vehículos de motosharing. eCooltra, HiMobility, Muving, Yego, Movo, Acciona, Motiños y Seat MO. Fuente: páginas web de las empresas.	98
Ilustración 37: Zonas de operación del motosharing y expansión urbana. Nótese que la expansión urbana no coincide con los límites municipales, sino con la homogeneidad y continuidad del espacio total urbanizado o parcialmente residencial.	98

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Se recogen los principales sistemas de metro en España (se profundiza en este tema en uno de los resultados). En este contexto, se puede destacar la correlación entre la presencia de sistemas de metro y el tamaño poblacional.</i>	25
<i>Tabla 2: Parámetros y ratios de estudio.....</i>	63
<i>Tabla 3: Fuentes de datos para usuarios diarios.....</i>	67
<i>Tabla 4: Resultados grupo 1.....</i>	68
<i>Tabla 5: Resultados grupo 2 y 3.....</i>	69
<i>Tabla 6: Existencia de metro y/o SML en las principales ciudades españolas (no se incluyen los municipios que forman parte de una metrópoli ya citada).</i>	71
<i>Tabla 7: Datos de Turquía, basados en (Vitosoglu et al., 2014).</i>	76
<i>Tabla 8: Diversas investigaciones realizadas mediante encuestas sobre variaciones en los hábitos de movilidad ligados a la COVID-19</i>	79
<i>Tabla 9: Preguntas y opciones del formulario online</i>	80
<i>Tabla 10: Encuestados por sexo y edad, y comparación con población real de Gijón de 18 y más años.....</i>	82
<i>Tabla 11: Pregunta 3. Antes de marzo de 2020, ¿Qué transporte utilizabas mayoritariamente en tus desplazamientos habituales?.....</i>	83
<i>Tabla 12: Pregunta 5. Después de marzo de 2020, ¿Qué transporte utilizas mayoritariamente en tus desplazamientos habituales?</i>	84
<i>Tabla 13: Pregunta 4. Antes de marzo de 2020, ¿Tenías algún tipo de bicicleta, moto o patinete eléctrico?.....</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Tabla 14: Pregunta 6. Después de marzo de 2020, ¿Has adquirido algún tipo de bicicleta, moto o patinete eléctrico?</i>	86
<i>Tabla 15: Pregunta 7. En relación al servicio de alquiler de bici eléctrica “Tucycle”.</i>	87

<i>Tabla 16: Pregunta 8. En relación al servicio de alquiler de moto eléctrica “HiMobility”</i>	88
<i>Tabla 17: Número de empresas, año de inicio, precios y velocidad en cada ciudad.</i>	97
<i>Tabla 18: Comparación de áreas en diferentes ciudades de España. La zona de motosharing incluye el área urbana donde hay al menos un operador.</i>	99
<i>Tabla 19: Población y usuarios potenciales en las ciudades.</i>	101
<i>Tabla 20: Número de ciclomotores eléctricos, zona de inicio y finalización de viajes, y usuarios potenciales en cada ciudad.</i>	103
<i>Tabla 21: Comparación de la densidad de poblaciones en el área urbana y sus zonas de vehículos compartidos.</i>	106
<i>Tabla 22: Proporción que compara los ciclomotores eléctricos por cada 100,000 habitantes y la zona de motosharing.</i>	107

1. Introducción

1.1. La movilidad urbana

La movilidad urbana es un concepto en auge dentro del ámbito de la ingeniería y el urbanismo. Ha sido analizada por cientos de artículos en los últimos años, y despierta un interés que hasta hace relativamente poco era minoritario. La búsqueda “urban mobility” en los títulos, abstracts y palabras clave de la web Science Direct arroja apenas 9 artículos entre 1999 y 2004 frente a 137 en 2020, 195 en 2021 y 237 en 2023. En la Web of Science, en los títulos, sólo aparece regularmente (más de 9 artículos al año) a partir de 2007, y con frecuencia (más de 99 artículos al año) a partir de 2018; esta situación se reproduce en la mayor parte de repositorios y buscadores.

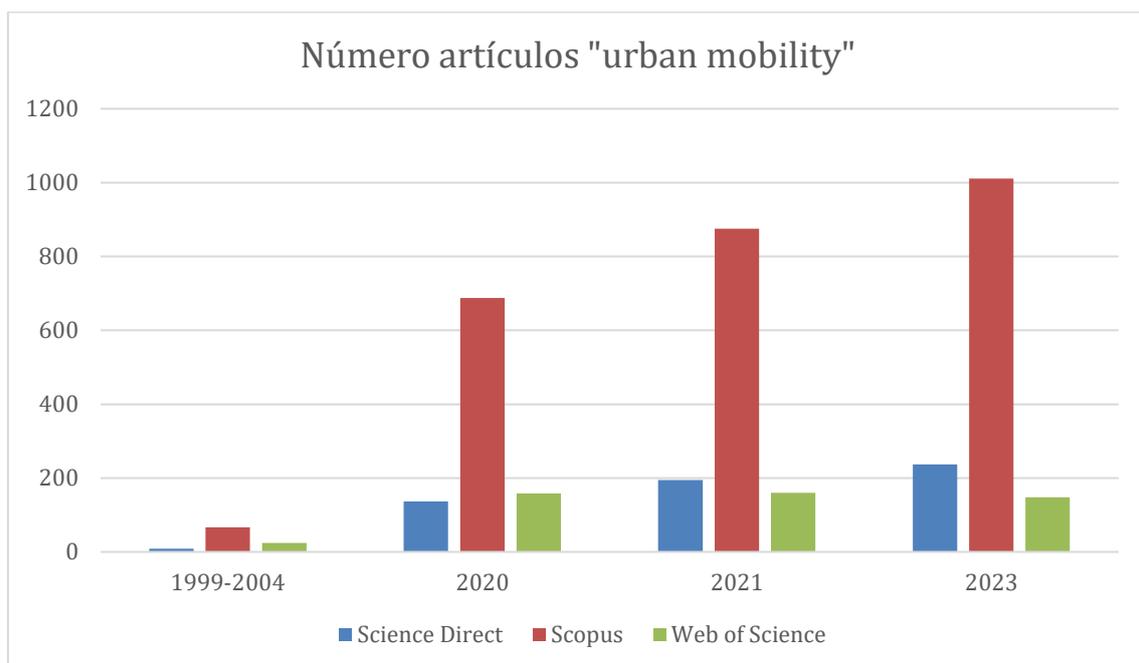


Ilustración 1: Número de artículos encontrados en las diferentes bases de datos. Fuente: Propia

Podemos apuntar diferentes definiciones de movilidad urbana. Así, una posible definición sería: “el conjunto de los desplazamientos de las personas y los bienes que se realizan en la ciudad a través de distintos modos, motorizados y no

motorizados (caminata y bicicleta), privados y públicos” (Arana Velarde, 2021; Gómez, 2018a). O bien, como: “la posibilidad de movimiento de personas en el espacio urbano de manera organizada y coherente de acuerdo con sus necesidades fisiológicas, intelectuales y socioeconómicas, y utilizando el transporte, los servicios públicos y la infraestructura de transporte existente”.(Vidović et al., 2017). Por su parte Jorge Rodríguez, director técnico de Vectio, define la movilidad como “setenta minutos diarios de nuestras vidas. Nada más y nada menos. La movilidad no es más que una constante en torno a las 1,1 horas que todas las personas del planeta, independientemente del nivel de renta, lugar de residencia o tamaño de la localidad donde residan, dedicamos a desplazarnos diariamente” (Plasencia-Lozano, 2020).

En todo caso, la movilidad urbana es un componente clave en la planificación y gestión de las ciudades. Se trata de un campo multidisciplinar y complejo, pues en él confluyen aspectos muy diversos: el diseño urbano (Herrmann Lunecke, 2016; Jans B., 2017), la planificación de infraestructuras de alta capacidad (Dupuy, 2001; Rosas Gutiérrez & Chías Becerril, 2020), el modelo de sistema de transporte público (Bogdánova, 2023), la definición de los aparcamientos (Mazarío Díez, 2015; Rodríguez-Gómez, 2015), la distribución de espacios libres (Velásquez M. & Carmen V., 2015), la densidad edificatoria (Espinosa Dorantes, 2019) o la posible separación de espacios funcionales o la definición de las mallas de movilidad (Montoya et al., 2020); además, aparecen parámetros como la calidad del aire (Buendía Martínez, 2018), el consumo energético o la salud de la población (Paulo Almeida Faria Ribeiro, 2016); finalmente, ha de considerar preocupaciones de índole social como la segregación racial (Checa et al., 2020), la violencia machista (Ortiz Escalante et al., 2021), el edadismo (Gatica Ch. et al., 2022), el nivel de renta de los ciudadanos (Checa et al., 2020), el porcentaje de inversión pública destinado a infraestructuras (Núñez, 2016) o también la gestión de los transportes (Calonge Reillo, 2015). En las siguientes páginas describiremos con algo más de detalle cada uno de estos puntos.



Ilustración 2. En las ciudades coexisten diversas formas de movilidad, como peatones, ciclistas, transporte público y vehículos privados. Los ciudadanos se desplazan según sus necesidades y posibilidades. La planificación debe brindar opciones variadas que satisfagan a la mayoría. Fuente: flickr. Autor: Mariano Mantel

Así, en primer lugar, la **relación entre movilidad urbana y diseño urbano** (Echavarrí, 2000; Talavera et al., 2014) es clave para la eficiencia y sostenibilidad de las ciudades, máxime en una época como la actual, donde dichos parámetros están adquiriendo una relevancia sin precedentes (Alberti, 1996; Alonso Ibáñez, 2018; Finco & Nijkamp, 2001; López Bernal, 2004; Maclaren, 1996). Un diseño urbano bien planificado influye directamente en la movilidad al determinar la disposición de calles, transporte público, aceras y espacios verdes. La integración de infraestructuras accesibles (De Manuel Jerez et al., 2016), rutas peatonales seguras (Sillero Cortijo, 2022) y sistemas de transporte eficientes contribuye a una movilidad fluida y reduce la dependencia del transporte individual, promoviendo así ciudades más habitables y respetuosas con el medio ambiente. En conjunto, un diseño urbano pensado para la movilidad sostenible puede mejorar la calidad de vida, reducir el tráfico intenso y fomentar un entorno urbano más inclusivo y saludable.



Ilustración 3. La movilidad hace referencia al ciclista de la imagen, pero también al peatón. Se refiere a la buena o mala distribución del mobiliario urbano, al diseño de pavimentos, a la decisión de dónde ubicar los contenedores de basura, a la conjugación de los intereses del peatón y de las terrazas que se ven en la acera, o a la decisión de cómo y para qué usar el espacio disponible. Fuente: flickr

Además, la **planificación de infraestructuras de alta capacidad** en las ciudades es fundamental para el desarrollo urbano sostenible y la mejora de la calidad de vida. Estas infraestructuras, que incluyen sistemas de transporte público eficientes y redes viales bien diseñadas, no solo facilitan el flujo rápido y seguro de personas y mercancías, sino que también reducen el tráfico intenso y promueven opciones de movilidad más sostenibles. Además, tienen un impacto económico significativo al fomentar el desarrollo comercial y la creación de empleo. La planificación cuidadosa de estas infraestructuras (Farinós, 2008), teniendo en cuenta la diversidad de modos de transporte y las necesidades cambiantes de la sociedad, ayuda a construir ciudades más resilientes y habitables a largo plazo, una demanda incluida en la Agenda 2030 como subrayamos posteriormente.

Por otro lado, el **modelo de sistema público de transporte** se fundamenta en la prestación de servicios de movilidad accesibles (Juncà Ubierna, 2013) y eficientes para la población en general, mediante una infraestructura planificada y gestionada por entidades gubernamentales u organismos públicos. Este modelo incluye una diversidad de modos de transporte (Jaramillo et al., 2012) como autobuses, trenes, tranvías y sistemas de metro, diseñados para cubrir las necesidades de desplazamiento de la comunidad. La clave de este enfoque es

proporcionar un servicio equitativo, asequible y de calidad, fomentando la utilización del transporte público como alternativa viable al transporte privado. La planificación integral, la coordinación de rutas, la accesibilidad universal y la incorporación de tecnologías innovadoras (Camargo Trigos, 2021) son elementos esenciales en la implementación exitosa de los sistemas públicos de transporte, logrando así la eficiencia del transporte urbano, la reducción del tráfico intenso y las emisiones de carbono.



Ilustración 4: Autobús urbano en la ciudad de Gijón discurriendo al lado de un carril bici segregado. Fuente: Propia



*Ilustración 5: Vía de alta capacidad, frecuentada por distintas líneas de autobús.
Fuente: Propia.*

Profundizando en los **espacios de aparcamiento** (Mazarío Díez, 2015; Rodríguez-Gómez, 2015) se observa un papel fundamental en la promoción de la movilidad sostenible en entornos urbanos. Estos espacios son parte integral de la infraestructura urbana, moldeando directamente los comportamientos de movilidad. Al asignar y diseñar áreas específicas para vehículos de bajas emisiones, compartir vehículos o fomentar la movilidad activa, se estimula la adopción de opciones más sostenibles. La ubicación estratégica de aparcamientos cercanos a servicios de transporte público y puntos de interés fortalece la conectividad, mientras que políticas de gestión, como tarifas escalonadas, favorecen a la reducción del tráfico intenso. En última instancia, la definición de aparcamientos

responde a la necesidad de espacio (Beneyto Beneyto, 2015), convirtiéndose en una herramienta estratégica para modelar comportamientos responsables, avanzando así hacia una movilidad urbana más sostenible y eficiente (Plasencia-Lozano & Méndez-Manjón, 2023).



Ilustración 6: Zona de aparcamiento disuasorio al lado de la estación de tren en la ciudad de Gijón. Fuente: Propia

En consecuencia, la cuidadosa **disposición de espacios libres** favorece la promoción de la movilidad sostenible (Montaner, 1999), ya que incide directamente en la estructura y funcionalidad de los entornos urbanos. La asignación estratégica de áreas verdes, parques y zonas peatonales enriquece la calidad de vida de los residentes (Sevilla Álvarez et al., 2021), e impulsa formas de transporte más sostenibles al facilitar desplazamientos a pie, en bicicleta o mediante el transporte público.

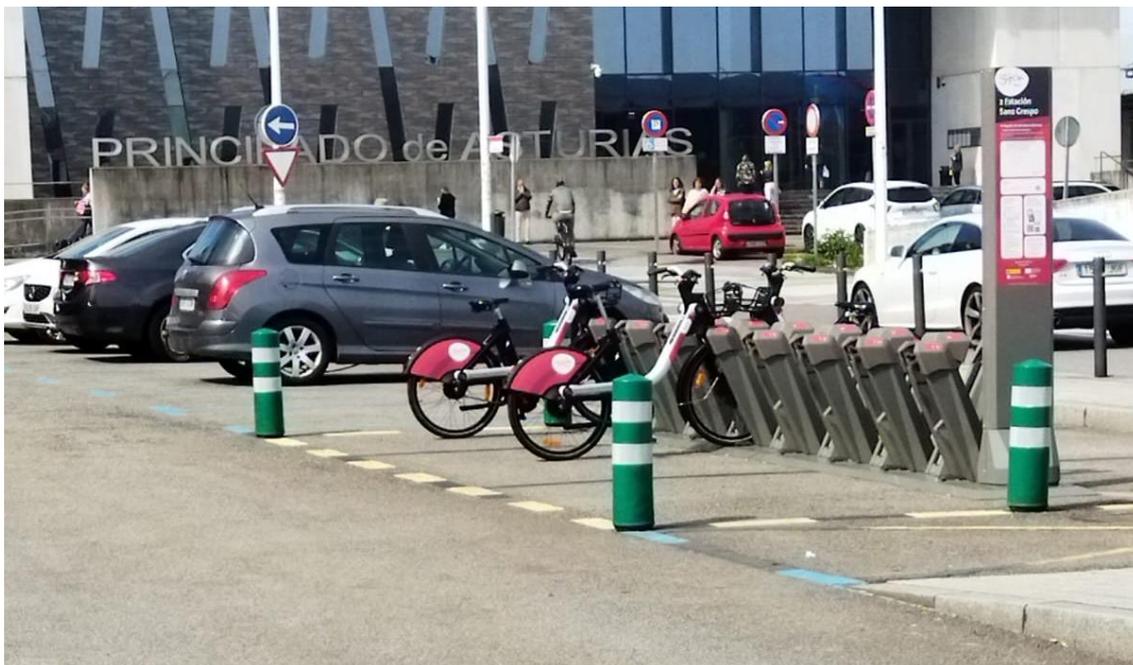


Ilustración 7: Zona de aparcamiento de bicicletas eléctricas facilitadas por el ayuntamiento. Fuente: Propia

Estos espacios ofrecen opciones atractivas frente al uso del automóvil privado, colaborando en la reducción de emisiones, la disminución del tráfico intenso y la formación de comunidades más saludables y cohesionadas. La distribución equitativa de espacios libres no simplemente atiende a las necesidades recreativas, sino que se convierte en un componente esencial de la planificación urbana sostenible, promoviendo la movilidad activa y respaldando los principios de una ciudad más habitable y respetuosa con el medio ambiente.



Ilustración 8: Espacio libre de reciente creación en uno de los barrios de la ciudad de Gijón. Fuente: Propia.

De manera similar, la definición adecuada de las **mallas de movilidad** se revela como un componente crítico para el éxito de la movilidad sostenible en áreas urbanas. Estas mallas, que abarcan tanto la red de calles como las rutas de transporte público, actúan como el esqueleto estructural que guía y organiza los desplazamientos en una ciudad. La planificación cuidadosa de estas mallas, considerando la accesibilidad, la conectividad y la integración de diferentes modos de transporte, es esencial para facilitar una movilidad eficiente y sostenible. Al diseñar mallas que favorezcan el tránsito peatonal, el ciclismo y el acceso al transporte público, se fomenta la reducción del uso del automóvil privado y se promueve la adopción de opciones más respetuosas con el medio ambiente.



Ilustración 9: Avenida que combina carril bici con carril de uso exclusivo de autobús (al fondo de la imagen). Fuente: Propia.

Además, una malla de movilidad bien definida aporta la creación de entornos urbanos accesibles (Valenzuela-Montes & Talavera-García, 2015), seguros y atractivos, respaldando así los principios fundamentales de una movilidad urbana sostenible.



Ilustración 10. Planificación del espacio urbano (Sevilla) para albergar diferentes formas de movilidad sostenible. Fuente: Flickr. Autor: Mateo Olaya

Finalmente, la **separación efectiva de espacios funcionales** emerge como un elemento importante en la promoción de la movilidad sostenible en entornos urbanos (F. L. Pérez, 2018). Esta estrategia implica la delimitación clara de áreas destinadas a diferentes modos de transporte, como zonas para peatones, carriles para bicicletas y vías exclusivas para transporte público. Al implementar esta separación, se logra un ambiente urbano más seguro y eficiente, reduciendo el riesgo de conflictos entre diversos modos de movilidad. La creación de espacios reservados (Hernández Aja et al., 2021) incentiva el uso de alternativas al automóvil privado, como caminar o andar en bicicleta (Plasencia-Lozano, 2021a), y optimiza la operación del transporte público (Rivera et al., 2005) al proporcionar vías exclusivas.



Ilustración 11: Carril bus y taxi de nueva creación en una de las principales arterias de la ciudad. Fuente: Propia.

Esta planificación colabora a mitigar la del tráfico intenso, disminuir las emisiones contaminantes y promover un entorno urbano más armonioso, donde la movilidad sostenible se convierte en un pilar fundamental para una ciudad más habitable y respetuosa con el medio ambiente.



Ilustración 12: Una de las plazas de recarga de vehículo eléctrico, repartidas a lo largo a la ciudad, ésta en las inmediaciones de la estación de tren. Fuente: Propia.

En definitiva, la interrelación entre el diseño urbano, la planificación de infraestructuras, el modelo de transporte público, la definición precisa de espacios y la cuidadosa disposición de áreas libres constituye un tejido integral para la construcción de entornos urbanos sostenibles y eficientes. Estos elementos, abordados con meticulosidad y estrategia, no solo promueven una movilidad más amigable con el medio ambiente, sino que también mejoran la calidad de vida de la población urbana. Al considerar la conectividad, la equidad y la accesibilidad, se sientan las bases para ciudades más habitables, resilientes y en armonía con el entorno, tal y como señala el ODS nº 11, que pretende “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”. En este enfoque integral, se vislumbra el potencial de transformar las ciudades en lugares donde la movilidad sostenible sea una realidad arraigada en la planificación y desarrollo urbano.

MOVILIDAD SOSTENIBLE

RELACIÓN ENTRE MOVILIDAD Y DISEÑO

Eficiencia y sostenibilidad.
Disposición de calles, transporte público, aceras y espacios verdes

INFRAESTRUCTURAS ALTA CAPACIDAD

Incluyen sistemas de transporte público eficiente, facilita el flujo rápido y reducen el tráfico intenso.

SISTEMA PÚBLICO DE TRANSPORTE

Prestación de servicios de movilidad accesibles, infraestructura planificada, diversidad de modos de transporte.

ESPACIOS DE APARCAMIENTO

Fomentar movilidad activa, diseñando espacios para vehículos bajas emisiones, vehículos compartidos, etc..

DISPOSICIÓN ESPACIOS LIBRES

Áreas verdes, parques y zonas peatonales, formas de transporte sostenibles, facilitan desplazamientos a pie, bicicleta o transporte público.

MALLAS DE MOVILIDAD

Diseñar la red de calles que favorezca el movimiento peatonal, el ciclismo, y fomenta la reducción del automóvil privado. Aporta la creación de entornos urbanos accesibles.

Ilustración 13: Resumen de los puntos importantes en materia de movilidad. Fuente: Propia

1.1.1. El tamaño, la morfología y la estructura funcional como condicionantes de la movilidad

El tamaño poblacional es un parámetro determinante para abordar el diseño de modelos de movilidad en una ciudad. Sin duda, si queremos evaluar los desafíos en materia de transporte a los que se enfrenta Londres tendremos que compararla con urbes como Madrid o París, similares en tamaño y complejidad, y no a ciudades de menor población como Bath o Liverpool, a pesar de que estas dos últimas se ubiquen en el mismo país (Pujadas, 2009).

Es decir, al observar ciudades europeas de tamaño medio, como Oporto, Vitoria, Bolonia o Aquisgrán, se evidencian problemáticas y necesidades similares, así como un notable contraste con las particularidades de localidades más pequeñas, como Luanco o Mieres. Esta diversidad resalta la importancia de agrupar ciudades según su tamaño, tanto en términos de población como en relación con el tamaño del área metropolitana circundante.

Por ello, encontraremos soluciones de movilidad similares en ciudades de características parecidas; además, las ciudades “aspirarán” a tener un determinado sistema de transportes públicos motu proprio en función de su tamaño. Así, algunas urbes adoptan sistemas de transporte público como autobuses urbanos, mientras que otras han implementado soluciones más avanzadas, como los metros ligeros con plataformas parcialmente reservadas. Esta diferenciación marca un punto distintivo en las ciudades españolas y europeas, donde los sistemas de metro convencional suelen limitarse a ciudades con poblaciones superiores a un millón de habitantes, como se apunta en el magnífico libro “Redes metropolitanas” (Julià, 2006) (tabla 1). De forma análoga, los aeropuertos de mayor relevancia suelen estar situados en las áreas metropolitanas preeminentes, evidenciando una correlación intrínseca entre el tamaño urbano y la prestación de servicios de transporte de muy alta capacidad (Díez Pisonero, 2016; Díez-Pisonero, 2020).

Finalmente, las ciudades semejantes tendrán o querrán tener la misma categoría de conexiones con el resto de un mismo país en función de su rango administrativo, tal y como sucede con la demanda de tren de alta velocidad por parte de todas las capitales de provincia en España, por el mero hecho de tener tal distinción administrativa (Garmendia et al., 2012; Moyano et al., 2018, 2021; Ureña et al.,

2005). Similar cuestión sucede, en otra escala, con la exigencia o no de disponer de un servicio ferroviario de cercanías (Mántaras & Rodríguez, 2003) en ámbitos metropolitano de más de 400.000 habitantes.

Tabla 1: Se recogen los principales sistemas de metro en España (se profundiza en este tema en uno de los resultados). En este contexto, se puede destacar la correlación entre la presencia de sistemas de metro y el tamaño poblacional.

	Localización	Inauguración	Nº Líneas	Longitud (km)	Población
	Madrid	17 / 11 / 1919	13	294	3 280 782
	Barcelona	30 / 12 / 1924	12	170	1 636 193
	Valencia	08 / 10 / 1988	10	161,4	792 492
	Bilbao	11 / 11 / 1995	3	49,16	344 127
	Palma de Mallorca	25 / 04 / 2007	2	15,55	415 940
	Sevilla	02 / 04 / 2009	1	18,2	681 998
	Málaga	30 / 07 / 2014	2	11,3	579 076

Por ello entendemos relevante enfatizar la importancia del tamaño poblacional al diseñar modelos de movilidad. Asimismo, este parámetro anticipa la noción de ciudades medias, que se explorará más a fondo en secciones posteriores de la tesis. La homogeneidad dentro de grupos de ciudades con características comunes ya sea en tamaño, origen o historia, se plantea como un elemento fundamental para comprender y abordar eficazmente los retos de movilidad urbana.

Otro parámetro significativo para entender la movilidad en los entornos urbanos es la forma de crecimiento de la ciudad a lo largo del tiempo. Aquellos lugares con similar origen histórico, con una sociedad común, con unas mismas inquietudes estéticas o con una misma tecnología y un mismo desarrollo económico podrán

tener más semejanzas entre sí que con aquellas urbes cuya estructura fundacional difiere en cuanto a su misma concepción o cuyos desarrollos tras la Revolución Industrial se han planteado atendiendo a distintas filosofías o teorías urbanísticas, o incluso cuyas periferias y modos de entender la urbanización residencial corresponden con planteamientos sociales diferentes.



Ilustración 14. Toledo: Se observa el centro histórico de una ciudad en la que confluyen diferentes culturas y fases de desarrollo. Fuente: Flickr - Pilar Azaña Talán

Así, las ciudades que comparten un origen romano suelen presentar características urbanísticas comunes, marcadas por la influencia de la planificación romana (Grimal, 1956). Mérida, ciudad de origen romano (Emerita Augusta) es un claro ejemplo de ello (Álvarez Martínez, 2010; Nogales Basarrate, 2021). Sus calles principales, el cardo y el decumanus, eran arterias vitales en la organización urbana romana y aún son visibles en la actualidad; lo mismo sucede con Zaragoza, Cáceres o Lugo, por citar otras ciudades de la Hispania romana (Morris, 1984).

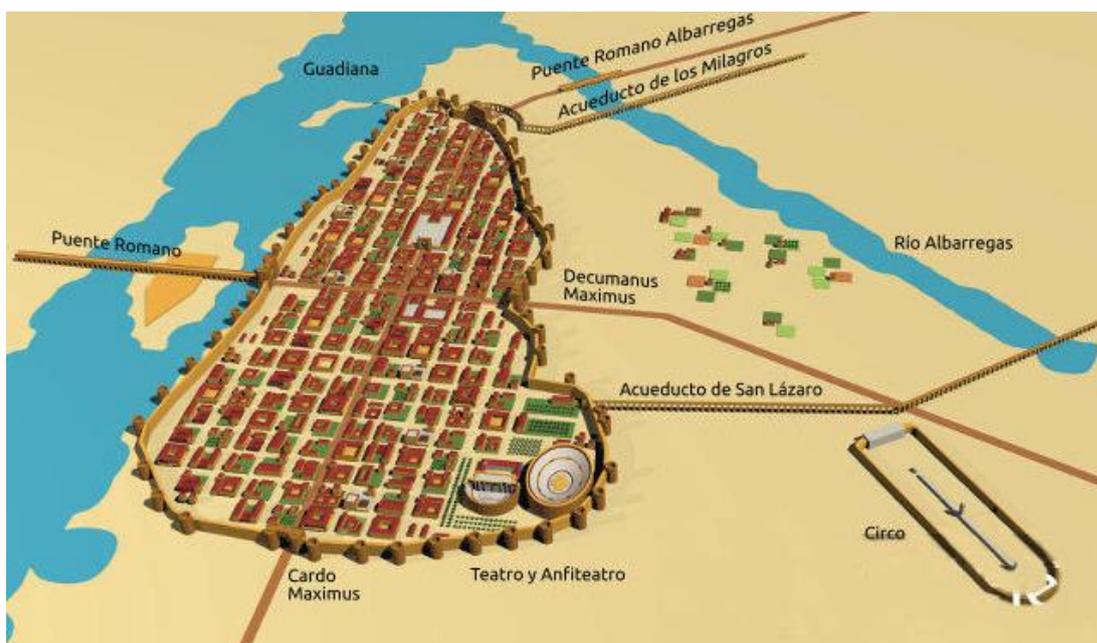


Ilustración 15: Cardo y Decumanus en la ciudad de Emerita Augusta. Fuente: <https://vacaciones-extremadura.es/>



Ilustración 16: Mérida actual, en la que se observa cómo el Decumanus atraviesa el Puente Romano. Fuente: Google Maps

En contraste, las ciudades fundadas por el Imperio Español en América siguieron un modelo diferente (Terán, 1999), establecido por las ordenanzas de Felipe II. La mayoría de las ciudades de origen español en Sudamérica muestran un trazado reticular en su centro urbano, desde Buenos Aires hasta Lima o Veracruz. Este patrón, heredado del urbanismo renacentista, refleja la planificación ordenada y jerarquizada de las ciudades, buscando la eficiencia y el control.



Ilustración 17: Vista aérea de la ciudad de La Habana, donde se distingue la retícula de la ciudad colonial. Fuente: Google maps

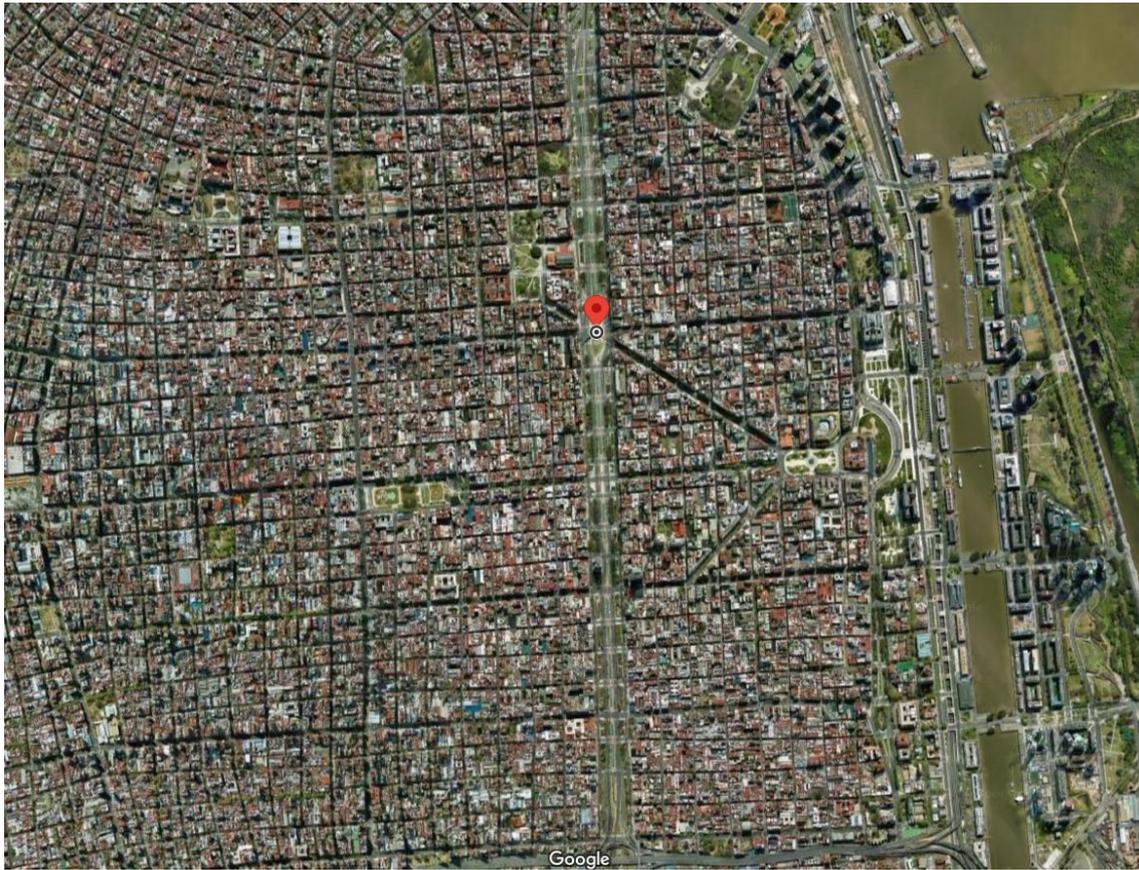


Ilustración 18: Vista aérea de la ciudad de Buenos Aires. Fuente: Google maps

Por otro lado, las ciudades planificadas bajo las ideas de Le Corbusier (Rodríguez-Lora et al., 2022) y el funcionalismo ya en el siglo XX, como Brasilia en Brasil o

Chandigarh en India, muestran una clara separación de funciones en su diseño. Estas ciudades fueron concebidas con zonas específicas para vivienda, trabajo y ocio, reflejando la preocupación de la planificación moderna, por dividir el conjunto urbano en zonas separadas cada una de ellas, con funciones muy concretas (Kalia, 1985); su influencia fue, por otra parte, enorme en la planificación de ciudades de nueva planta (Mabin & Harrison, 2023; Siebolds & Steinberg, 1980), y en ciudades de todos los tamaños y en geografías muy diversas (Plasencia Lozano & Bargón-García, 2023).



Ilustración 19: Ciudad de Brasilia creada bajo las ideas de Le Corbusier. Fuente: https://www.arquitecturaydiseno.es/arquitectura/recorrido-arquitectonico-por-brasilgia-gran-legado-oscar-niemeyer_4388

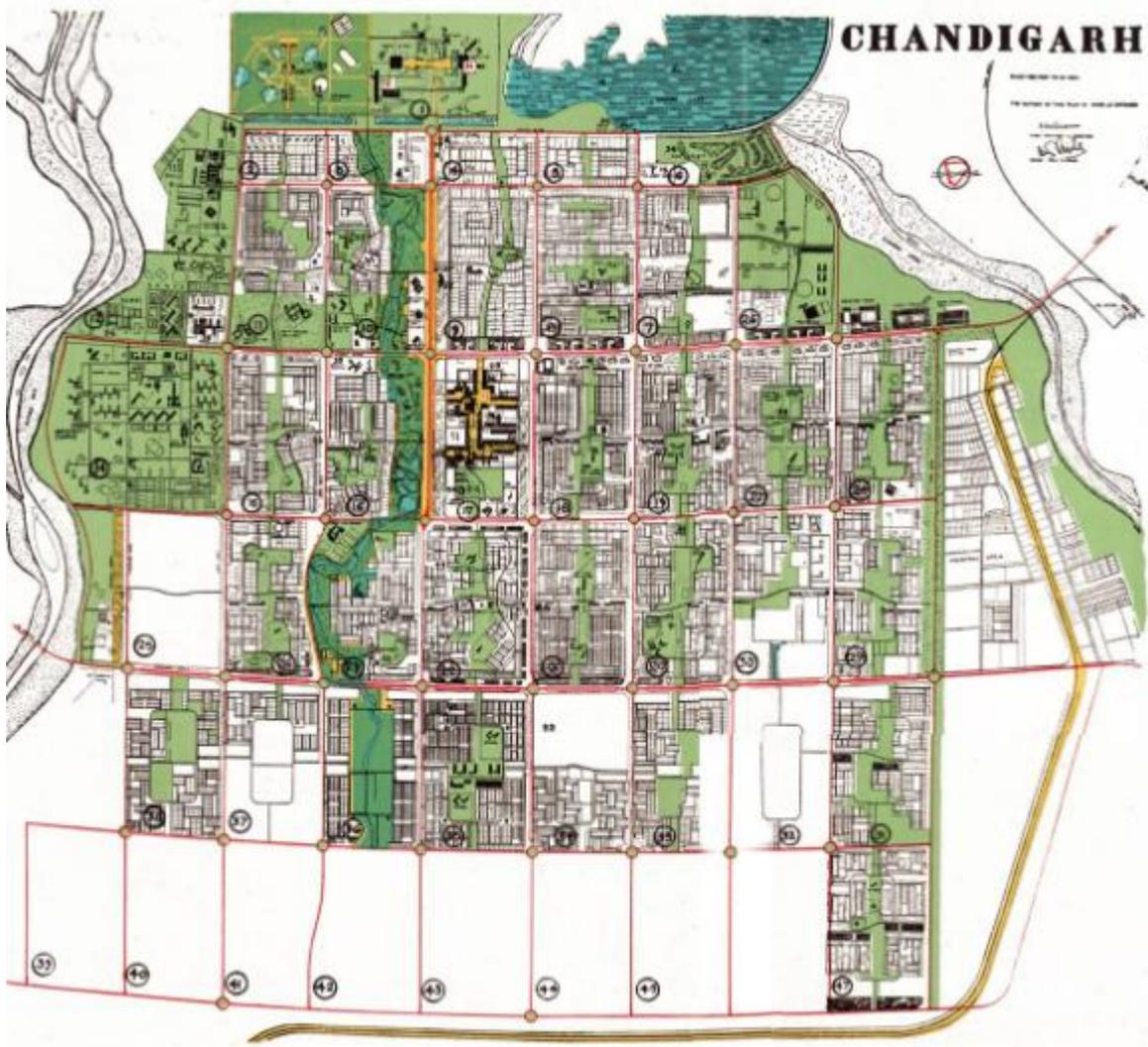


Ilustración 20: Vista aérea de la ciudad de Chandigarh, proyectada por Le Corbusier.

Fuente: <https://arquitectosblog.blogspot.com/2020/11/master-plan-de-chandigarh.html>

Estos orígenes distintos de las ciudades actuales han generado una materia prima urbana asimismo diferente en lo que respecta a varios parámetros fundamentales asociados a la movilidad: anchura de vías, distribución de plazas, proximidad o lejanía entre zonas residenciales y de servicios, mezcla de usos, densidad de población, eventuales segregaciones, etc... Por ello, al analizar las soluciones de movilidad dadas a estas ciudades se observan diferencias significativas relacionadas con su realidad formal y con su diseño conceptual. En ciudades de origen medieval, como las europeas, las estrechas calles del centro histórico pueden generar desafíos para la movilidad, especialmente en áreas muy concurridas por turistas (Gargiulo & Sgambati, 2022; Mayordomo-Martínez et al., 2020; Tomé Fernández, 2007). En cambio, las ciudades planificadas

funcionalmente suelen experimentar flujos de transporte con horarios pico y valle (Sánchez-Flores & Romero-Torres, 2010) pronunciados debido a la clara separación de las zonas de trabajo y residencia, y a la ausencia de una eficaz red peatonal (Cervero & Kockelman, 1997a; Montgomery, 2013).

Por su parte, las ciudades hispanoamericanas, con sus amplias avenidas, tienen una ventaja inicial para la movilidad, permitiendo la entrada de autobuses o metros ligeros hasta el mismo centro (Díaz Osorio & Marroquín, 2016). Sin embargo, cada ciudad presenta sus propios desafíos y peculiaridades, lo que requiere soluciones adaptadas a su contexto geográfico y cultural (Gómez, 2018b), como sucede en el célebre sistema de autobús semirrápido de Curitiba en Brasil (Rabinovitch, 1992).

Es decir, las ciudades que comparten un origen común muestran patrones urbanos propios que influyen en su movilidad y desarrollo. Se necesita entender estas características para diseñar soluciones eficientes y sostenibles que se ajusten a las necesidades específicas de cada entorno.

Como consecuencia de todo lo expresado, esta investigación se ha centrado en un grupo concreto de ciudades, que puede ser considerado homogéneo ya que tienen características comunes entre ellas, tanto en su marco conceptual como en su tamaño poblacional.

Las ciudades medias en Europa

Nuestra investigación se propone realizar un análisis de la movilidad en las ciudades medias o medianas; por ello es necesario definir qué podemos entender como una “ciudad media”. Estas urbes, con una población que generalmente oscila entre 50.000 y 300.000 habitantes (Andrés López, 2008; Ganau & Vilagrasa, 2003), ocupan una posición intermedia entre las ciudades pequeñas y las metrópolis. Esta categorización se basa en la dimensión demográfica, y en las funciones y roles que desempeñan dentro del tejido urbano y en su impacto en la dinámica socioeconómica de una región.

Como podemos imaginar, el criterio de tamaño poblacional no es el único esgrimido en la literatura científica consultada. Así, se ha afirmado que una ciudad mediana es aquella que se diferencia de los núcleos rurales y no alcanza tampoco a formar una gran densidad poblacional o aglomeración, comparada con las grandes ciudades, que actúan como nodos determinantes en las redes de asentamientos (Agüero Vera et al., 2017; Andrés López, 2008; G. A. López & De La

Torre, 2000). Valenzuela, en su tesis sobre ciudades medias andaluzas, afirma que la ciudad media, históricamente, "ha proyectado una intermediación con registros muy variados, como consecuencia de su amplia distribución, su carácter aglutinante en el medio rural y las funciones urbanas que despliega en sus ámbitos de articulación", situándose entre la ciudad y la agricultura (Valenzuela Montes, 2000). A menudo, sirven como puntos de conexión entre áreas urbanas más pequeñas y centros metropolitanos más grandes, desempeñando un papel de facilitadores en el intercambio de bienes, servicios y conocimientos. Esta posición intermedia las coloca en una posición única para fomentar la colaboración y la cohesión regional, actuando como catalizadores para el desarrollo económico y cultural.

Desde una perspectiva socioeconómica (Caravaca Barroso et al., 2014), las ciudades medianas son motores de actividad económica y empleo. Suelen albergar una variedad de industrias, desde sectores manufactureros hasta servicios avanzados, sumando significativamente al producto interno bruto (PIB) regional. Además, su tamaño y escala permiten un equilibrio entre la especialización y la diversificación económica, lo que las hace resilientes a cambios económicos y adaptativas a las demandas del mercado.

La importancia de las ciudades medianas (Muñiz, 2020) también radica en su capacidad para ofrecer un entorno urbano más equilibrado y accesible en comparación con las metrópolis. Su tamaño moderado a menudo implica menores problemas de congestión y una mayor calidad de vida, lo que las convierte en destinos atractivos para la residencia y el establecimiento de empresas. Asimismo, son esenciales para mantener la vitalidad cultural y social de una región al albergar una variedad de servicios culturales, educativos y recreativos.

Si nos centramos en términos de planificación urbana, comprender la dinámica de las ciudades medianas es esencial para abordar los desafíos específicos que enfrentan, como la gestión del crecimiento poblacional, el desarrollo sostenible (Fadigas, 2009) y la preservación del patrimonio local. La promoción de políticas que fortalezcan la infraestructura, fomenten la innovación y aborden las necesidades específicas de estas ciudades resulta fundamental para maximizar su contribución al desarrollo regional y nacional.

Por tanto, en términos de atracción y calidad de vida, las ciudades medianas ofrecen un entorno urbano más amigable en comparación con las metrópolis. La

falta de metro convencional no limita su desarrollo, ya que los sistemas de autobuses pueden satisfacer las necesidades de movilidad. Estas ciudades destacan por su calidad de vida, infraestructuras modernas, servicios públicos de calidad, espacios verdes y un ambiente tranquilo (Vegara & de las Rivas Sanz, 2004).

Las soluciones de movilidad en las ciudades medias

Centrándonos ya en las soluciones de movilidad de estas ciudades se observa que las ciudades medias que optan por sistemas de transporte basados en autobuses en lugar de metros convencionales presentan singularidades notables. Estas ciudades, en comparación con las metrópolis, suelen tener una menor densidad de población y una infraestructura urbana más compacta (Obregón-Biosca & Betanzo-Quezada, 2015), lo que influye en la planificación del transporte. La viabilidad económica de un sistema de metro subterráneo podría ser limitada debido a la menor demanda de desplazamientos.

Las ciudades medias o medianas se enfrentan a desafíos de movilidad que incluyen el tráfico intenso (Castañer & Gutiérrez, 2003), limitada infraestructura de transporte público (Losa et al., 2014) y dependencia del automóvil particular (Miralles-Guasch & i Frontera, 2003). Para abordar estos problemas, se proponen soluciones adaptadas a su escala y características. El enfoque de "sharing" incluye servicios de vehículos compartidos y opciones de micromovilidad, como bicicletas y scooters eléctricos compartidos. Sin embargo, los sistemas de transporte colectivo siguen siendo de gran importancia, son infraestructuras y servicios diseñados para mover a grupos numerosos de personas de manera eficiente (Cavallaro & Dianin, 2020). Estos sistemas son fundamentales para abordar la congestión del tráfico, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Borgato et al., 2023) y proporcionar opciones accesibles de movilidad, a continuación, se resumen los sistemas de transporte colectivo más comunes:

- **Autobuses Urbanos:** Los autobuses son vehículos de gran capacidad, más de 9 plazas, (Ministerio de Interior, 2006) que siguen rutas predefinidas, sirviendo paradas específicas para recoger y dejar pasajeros. En España, las ciudades con más de 50 000 habitantes han de tenerlo (España, 1999), aunque algunas de menor tamaño lo tienen de forma voluntaria (ej: Mieres).
- **Metros ligeros y Trenes Urbanos:** Sistemas ferroviarios que operan en áreas urbanas, incluyendo metros subterráneos y trenes ligeros en superficie (Olivares Abengozar, 2014). Estos ofrecen una movilidad rápida y eficiente.

En general, las ciudades medias carecen de metro convencional -aquel que tiene la plataforma reservada en todo su recorrido-; incluso podríamos plantear la hipótesis de que aquellas ciudades que desean superar una determinada escala o etiqueta (de ciudad media a gran ciudad) plantean la construcción de metros convencionales para ascender a otra división: sería el caso actual de Dublín (Larena et al., 2021) o el de Lisboa (Wallis, 1996).

- **Tranvías y Trolebuses:** Sistemas de transporte sobre rieles en superficie que conectan áreas urbanas. Los tranvías operan en rieles fijos, mientras que los trolebuses utilizan cables aéreos para la propulsión eléctrica (Garrido, 2006).
- **BRT (Bus de Tránsito Rápido):** Una modalidad de autobuses que opera en carriles exclusivos, con estaciones especialmente diseñadas y otras características que mejoran la velocidad y la eficiencia (PRELIMINAR-EIAP et al., 2015).
- **Ferrocarriles de Cercanías:** Sistemas ferroviarios que conectan áreas suburbanas con el centro de una ciudad, facilitando el desplazamiento diario de los residentes de las afueras (Santos & de los Ferrocarriles Españoles, 2007).
- **Sistemas de Compartición de Vehículos:** Incluyen servicios como Uber, Lyft y taxis compartidos, que permiten a múltiples pasajeros compartir un vehículo para reducir la congestión y los costos (Bistaffa et al., 2021).

Cada sistema de transporte colectivo tiene ventajas y desafíos únicos, y la elección de uno sobre otro depende de factores como la densidad poblacional, la geografía y las necesidades específicas de la comunidad. La combinación adecuada de estos sistemas puede proporcionar una red de transporte colectivo integral y eficaz.

La escala y cobertura de las ciudades medias son más modestas, facilitando la implementación de sistemas de autobuses. Estos sistemas pueden adaptarse mejor a rutas específicas y cubrir un área más amplia en relación con la demanda de viajes (Gaspar Erburu, 2013; Robuste Anton et al., 2004). La flexibilidad y adaptabilidad son aspectos fundamentales, ya que las ciudades medianas a menudo enfrentan desafíos financieros y logísticos para implementar sistemas masivos como un metro convencional. Los sistemas de autobuses son más adaptables a las expansiones urbanas y cambios en los patrones de movilidad.

Entre las mejoras en el transporte público tradicional se incluyen la optimización de rutas de autobuses y la inversión en flotas sostenibles. La evolución del uso del transporte público implica la implementación de tecnologías de pago sin contacto y la entrega de información en tiempo real.

1.1.2. Elementos disruptores de la movilidad urbana en las primeras décadas del siglo XXI

La evolución de la movilidad desde la posguerra hasta la crisis del petróleo experimentó cambios notables en los patrones de desplazamiento, tecnología y enfoques energéticos. Después de la Segunda Guerra Mundial, la movilidad se caracterizó por un aumento masivo en la propiedad de automóviles, la construcción de infraestructuras viales (Ruíz Fernández & Coronado Tordesillas, 2021; Tordesillas et al., 2013) y el cambio hacia patrones de desarrollo urbano que fomentaron la expansión suburbana (Julià, 2006). Este período fue marcado por una creciente dependencia del automóvil como símbolo de movilidad personal (Dijk et al., 2021; G. A. López, 2019; Montgomery, 2013).

Durante la crisis del petróleo en la década de 1970, los altos precios del petróleo y las preocupaciones sobre la dependencia de combustibles fósiles llevaron a cambios en la percepción de la movilidad (Miralles-Guasch & Cebollada, 2009). Hubo un renovado interés en optimizar la eficiencia del combustible y la búsqueda de formas alternativas de transporte (J. B. López & Martínez, 1980); además, se promovieron medidas de conservación, y surgieron vehículos más pequeños y eficientes (Oliveros, 2007); finalmente, se exploraron alternativas como el transporte público, la bicicleta y el fomento del desplazamiento a pie (J. B. López & Martínez, 1980).

A medida que avanzaba el tiempo, la década de 1980 y las siguientes décadas vieron el desarrollo de tecnologías más avanzadas en la movilidad, incluyendo la introducción de la informática y las tecnologías de la información en la gestión del tráfico y en la planificación de rutas. Así, a fines del siglo XX, se produjo un resurgimiento del interés en la sostenibilidad (Guillamón & Hoyos, 2005) y la reducción de emisiones, produciendo el desarrollo de vehículos eléctricos (Moreno, 2016) y el fomento de la movilidad compartida (Neira Martínez, 2019).

La evolución hacia el siglo XXI se ha caracterizado por una revolución en la movilidad urbana, impulsada por la tecnología digital y las aplicaciones móviles (Bouskela et al., 2016a). La movilidad compartida, como los servicios de transporte compartido y las bicicletas compartidas, está en pleno auge. Los vehículos eléctricos también han continuado su desarrollo imparable, con avances en la tecnología de baterías (Miranda-Reyes et al., 2023; Peña Ordóñez, 2011) y un mayor enfoque en la movilidad sostenible.

En los últimos años se observa que las nuevas formas de movilidad están siendo moldeadas por una combinación de factores que reflejan los cambios sociales, tecnológicos y medioambientales en curso, bajo nuestro punto de vista, son tres los elementos significativos que han emergido como impulsores clave o disruptores (Greg Marsden et al., 2020; Kane & Whitehead, 2017; Kilkki et al., 2018; Lami & Todella, 2019; Pregolato et al., 2016; Tien, 2005) de un cambio de paradigma: la aparición de aplicaciones móviles, la sensibilidad ambiental derivada del cambio climático y la respuesta a eventuales pandemias.

En primer lugar, las **aplicaciones móviles** han revolucionado la movilidad (Recasens Alsina, 2020) al proporcionar plataformas que facilitan la planificación, reserva y pago de viajes (Casquero et al., 2022; Jamal & Habib, 2020; Wang et al., 2021). Estas aplicaciones ofrecen una conectividad más fluida entre diferentes modos de transporte, como automóviles compartidos, bicicletas eléctricas y servicios de transporte público. Además, han mejorado la eficiencia al proporcionar información en tiempo real sobre el tráfico, la disponibilidad de transporte y las opciones de ruta, incluso en términos de seguridad (Wideberg et al., 2012) lo que permite una toma de decisiones más acertada y eficaz por parte de los usuarios.

En el contexto del transporte público, las aplicaciones móviles han desempeñado un papel fundamental al proporcionar a los usuarios acceso instantáneo a información actualizada sobre rutas, horarios, tiempos de espera y otros detalles relevantes (Bouskela et al., 2016b). Esto ha permitido una mayor eficiencia en la planificación y ejecución de los desplazamientos, cambiando la forma en que las personas interactúan con el transporte público.

Entre los elementos motivadores identificados, destaca la mejora en la velocidad comercial de los servicios de transporte público. Gracias a las aplicaciones móviles, los usuarios pueden conocer en tiempo real la ubicación y disponibilidad de los

vehículos, lo que les permite optimizar su tiempo y minimizar los tiempos de espera. Además, la intermodalidad se ha convertido en otro factor motivador relevante, ya que las aplicaciones móviles facilitan la integración entre diferentes modos de transporte, brindando a los usuarios opciones de viaje más flexibles y eficientes. Este cambio hacia la movilidad basada en aplicaciones ha transformado la experiencia del usuario (Ordax, 2021; Ordax et al., 2023) y ha contribuido a la creación de sistemas de transporte más integrados y flexibles.

En segundo lugar, la **sensibilidad ambiental** ha emergido como un factor más que relevante en la evolución de las formas de movilidad (Higham et al., 2013; Prillwitz & Barr, 2011; Soria Lara & Valenzuela Montes, 2013). La creciente conciencia sobre el cambio climático y sus impactos, que se remonta a la preocupación inicial por el agujero en la capa de ozono en la década de 1980, ha llevado a una mayor demanda de opciones de transporte sostenible. Los consumidores y las empresas buscan cada vez más alternativas ecológicas, como vehículos eléctricos, bicicletas y otros VMP compartidos y opciones de transporte público con bajas emisiones de carbono. Esta conciencia ambiental ha influido en las políticas gubernamentales y en la innovación tecnológica, impulsando la transición hacia un sistema de movilidad más respetuoso con el medio ambiente (España Pérez, 2019); también la preocupación por el efecto ambiental de la logística de última milla en las ciudades ha aumentado considerablemente (Boggio-Marzet et al., 2021), así como el interés hacia la llamada conducción eficiente (Rodríguez et al., 2015).

En tercer lugar, la reciente pandemia ha tenido un impacto significativo en la movilidad y ha destacado la necesidad de redefinir las redes de transporte. **El brote de COVID-19** (Arregui et al., 2020; Działek et al., 2023; Parada et al., 2021) obligó a la población mundial a recluirse en sus hogares, lo que provocó una disminución abrupta en los viajes, un rechazo a compartir espacios cerrados en vehículos de transporte público y una mayor dependencia de soluciones de movilidad personal, como bicicletas y scooters eléctricos. Además, el fomento del teletrabajo una vez se iba incorporando la llamada “nueva normalidad”, alteró los patrones tradicionales de movilidad (Graizbord et al., 2010; Ruiz et al., 2023), incluso se ha demostrado cómo la pandemia ha acelerado la adopción de tecnologías sin contacto y ha generado una mayor conciencia sobre la importancia de la planificación de emergencias y la resiliencia en las redes de transporte. Estos eventos han motivado una revisión profunda de las estrategias de movilidad para

hacer frente a posibles crisis similares que puedan tener lugar en el futuro y han impulsado la adopción de enfoques más flexibles y adaptativos en la planificación del transporte (de Palma et al., 2022; Nia, 2021; Plasencia-Lozano et al., 2024).

Por todo ello, en los últimos años, cobran importancia aquellos estudios que analizan diferentes aspectos del transporte urbano, tanto para describir sistemas de transporte público como para analizar sistemas de sharing o movilidad compartida, y también para evaluar el impacto que tienen fenómenos como las pandemias en los hábitos de movilidad (Carteni et al., 2020; Gunthe & Patra, 2020; Linka et al., 2020; Orro et al., 2020; Tian et al., 2021). Y estos estudios suelen estar acotados a una determinada zona geográfica y a un tipo concreto de ciudad, pues se llevan a cabo para comprender el funcionamiento de todos aquellos parámetros relacionados con la movilidad, a fin de optimizar tanto las inversiones en sistemas de transporte como el espacio urbano disponible -no olvidemos nunca que es un bien escaso-.

Importancia creciente de la movilidad urbana de los años sesenta hasta hoy

Bajo nuestro punto de vista, la importancia creciente de la movilidad ha experimentado cuatro grandes momentos que han marcado la evolución de las ciudades y la forma en que las personas se desplazan en sus viajes con origen y fin dentro del mismo ámbito urbano.

Creemos que el primer momento clave en la evolución de la movilidad ocurrió con el surgimiento del ferrocarril (López Lara, 2005), un hito que coincidió con la era de la industrialización. Este período marcó una transformación significativa en la estructura urbana y en la forma en que las personas se desplazaban. La expansión del ferrocarril (Nárdiz, 1996) facilitó la conexión entre áreas urbanas y rurales, estimulando el crecimiento de ciudades satélite y el desarrollo de conceptos innovadores como las ciudades jardín o ciudad lineal.



Ilustración 21: Letchworth Garden City fue la primera ciudad-jardín

Además, con el auge del coche, el segundo gran momento, se gestaron movimientos arquitectónicos y urbanísticos notables, como el urbanismo funcionalista y las visiones futuristas de Le Corbusier (Rodríguez Lora et al., 2022). Este primer momento de la movilidad influyó en la geografía urbana, y sentó las bases para futuras transformaciones socioculturales y económicas relacionadas con la movilidad.

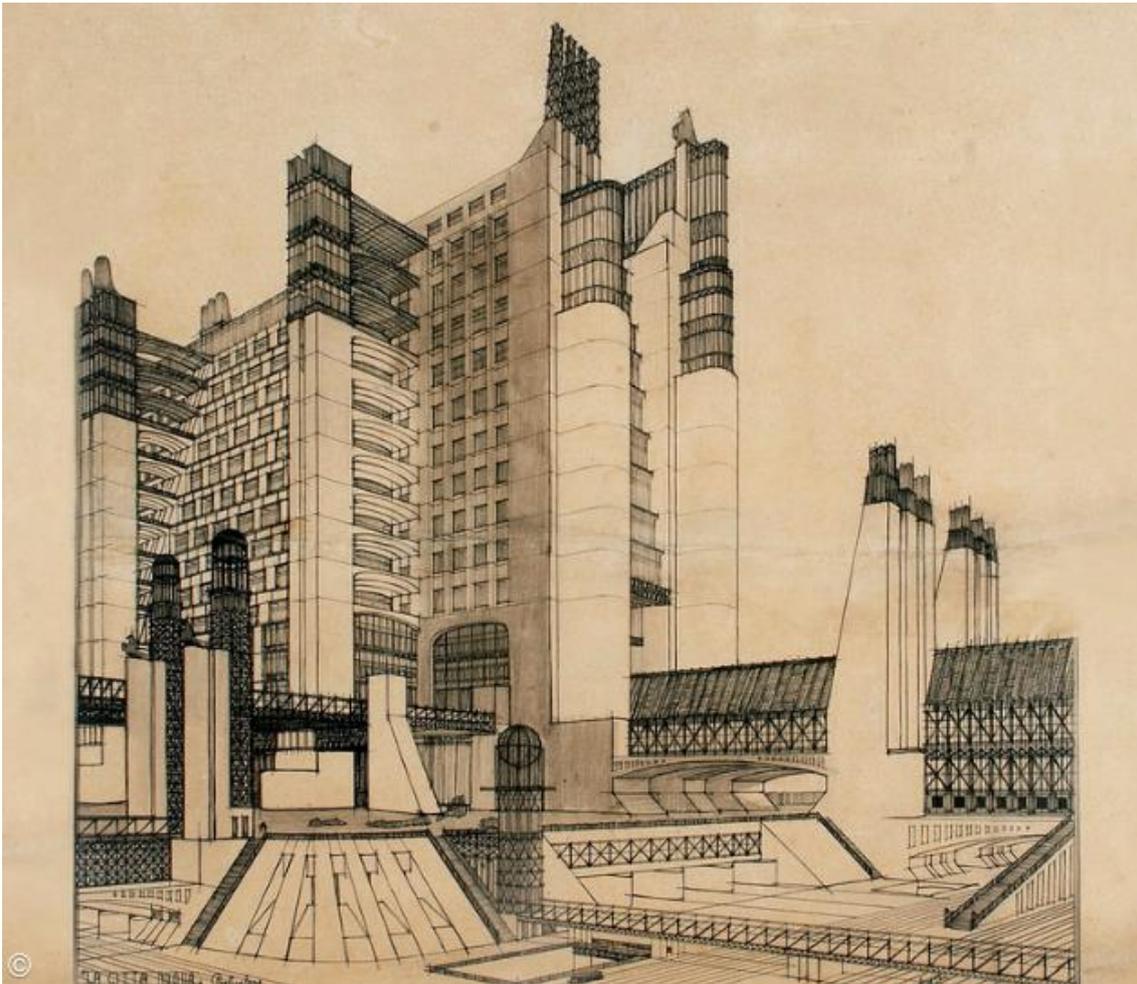


Ilustración 22: Ciudad de Antonio de Sant'Elia. "L'architettura futurista"

El tercer momento significativo ocurrió después de la Segunda Guerra Mundial, especialmente en la década de 1960, y estuvo marcado por la expansión del vehículo motorizado y la difusión de las ideas del urbanismo funcionalista. Este período presenció la emergencia de problemas asociados al tráfico (Martín, 2017), generando preocupaciones sobre la calidad del entorno urbano y la necesidad de abordar los retos del crecimiento vehicular. Influencias como los libros de urbanistas visionarios como Jan Gehl, Jane Jacobs y Colin Buchanan destacaron la importancia de diseñar entornos urbanos centrados en las personas. Además, este momento vio la lucha entre la personalización de las ciudades y la preservación de los centros históricos, simbolizada por la confrontación entre Jane Jacobs y Robert Moses en Nueva York (Larson, 2009). La movilidad se convirtió en un elemento central en las discusiones urbanísticas y en la definición de ciudades más habitables y centradas en las necesidades de la comunidad.



Ilustración 23: Propuesta de Robert Moses, autopista atravesando Manhattan. En mi opinión, una idea nada favorable para el correcto desarrollo de todos los barrios de la ciudad, una autopista así impide una buena permeabilidad y conectividad, aislando unos barrios con otros.

Estos tres momentos históricos proporcionan contextos fundamentales para comprender la evolución de la movilidad. El primero, marcado por la introducción del ferrocarril, impulsó la urbanización y la conectividad. El segundo, centrado en el vehículo motorizado; el tercero, producto del límite al que habían llegado las ciudades para acoger a los vehículos, desencadenó la necesidad de abordar problemas de tráfico y la búsqueda de soluciones urbanas más equitativas. Todos ellos establecieron fundamentos claves para la movilidad contemporánea, que ahora se enfrenta a desafíos ambientales, avances tecnológicos y la adaptación a crisis sanitarias, como se destaca en el tercer momento que está en constante evolución.

El cuarto momento en la evolución de la movilidad, aún en proceso, se caracteriza por la creciente conciencia medioambiental, la irrupción de los smartphones y la preocupación cada vez más apremiante por eventos pandémicos, tal y como hemos descrito antes. Este período contemporáneo refleja una respuesta a los desafíos globales emergentes y redefine significativamente la manera en que concebimos y gestionamos la movilidad en entornos urbanos.

Es esta preocupación medioambiental la que ha llevado a un cambio en las prioridades, impulsando la búsqueda de soluciones de movilidad más sostenibles (Lizárraga Mollinedo, 2006). La transición hacia vehículos eléctricos, el fomento del transporte público y la promoción de modos de movilidad más respetuosos con el medio ambiente son componentes clave de esta nueva perspectiva. La integración de la movilidad verde busca reducir las emisiones de carbono, y abordar los problemas de calidad del aire y promover ciudades más saludables y habitables.



Ilustración 24: Tipo de vehículo eléctrico.

Como se mencionaba antes, la irrupción de los smartphones ha desempeñado un papel importante al proporcionar las herramientas que facilitan la movilidad inteligente (Sánchez Sánchez, 2017). Aplicaciones de planificación de viajes, los servicios de transporte compartido y los sistemas de pago sin contacto han transformado la experiencia de movilidad, haciendo que los desplazamientos sean más accesibles y eficientes.



Ilustración 25: Torno del metro de Londres, se accede con tarjeta de crédito contactless.

Estos dispositivos se han convertido en una extensión esencial de la movilidad, brindando información en tiempo real, opciones de transporte y la capacidad de adaptarse rápidamente a cambios en las condiciones del tráfico.

Además, la pandemia de la COVID-19 ha destacado la necesidad de repensar la movilidad en un contexto de crisis sanitaria global. La reclusión masiva y las restricciones de movimiento han acelerado la adopción de modalidades de transporte personal (Pantiga-Facal et al., 2021) y han planteado interrogantes sobre la seguridad de los sistemas de transporte público. Este momento crítico ha estimulado la reflexión sobre la resiliencia de los sistemas de movilidad, promoviendo la adaptabilidad y la flexibilidad en la planificación urbana para hacer frente a situaciones inesperadas.

En conjunto, este cuarto momento en la evolución de la movilidad refleja una convergencia de preocupaciones ambientales, avances tecnológicos y la necesidad de adaptarse a eventos disruptivos. La intersección de estos factores está moldeando una nueva realidad de movilidad, donde la sostenibilidad, la conectividad y la resiliencia se han vuelto imperativas para diseñar ciudades y sistemas de transporte que sean capaces de afrontar los retos del siglo XXI; la existencia de los dos puntos concretos dentro de la Agenda 2030 relativos a

ciudades (ODS 11) y a infraestructura (ODS 9), ponen de relieve la preocupación global por estos temas.

1.2. Alcance de la tesis

La tesis se plantea como una investigación centrada en el análisis de los paradigmas de la movilidad urbana surgida tras esos elementos disruptores descritos en el epígrafe anterior. Dado que el tema es amplio, se ha optado por realizar un enfoque empírico basado en el estudio de casos. Este método implica la selección de una serie de casos concretos que son representativos o particulares del objeto de estudio. Cada caso es examinado de forma individual a modo de investigación particular para identificar patrones, características y resultados que puedan responder a los objetivos de la investigación planteados.

En ese sentido, se ha realizado una introducción con un marco general centrada en diversos aspectos que tienen como punto de unión el campo de estudio -la movilidad-, el ámbito -las ciudades medias españolas y particularmente Gijón como ejemplo de ellas- y los paradigmas que, a nuestro juicio, están definiendo una nueva etapa en el ámbito de la movilidad urbana. La metodología para afrontar las investigaciones particulares -o casos- y plasmarlas han sido dos de las habituales en el ámbito de ingeniería del transporte y del análisis de la movilidad: el uso de herramientas GIS y las encuestas.

En primer lugar, se examinan los **sistemas de metro ligero construidos en España**, analizando su eficacia, impacto en la congestión del tráfico y su contribución a la movilidad sostenible en entornos urbanos. Este enfoque permite evaluar la viabilidad y la eficiencia de estas infraestructuras en el contexto específico de las ciudades españolas. Además, se exploran los **cambios en los hábitos de transporte provocados por la pandemia de COVID-19**, evaluando cómo la crisis ha alterado las preferencias de movilidad, la adopción de tecnologías sin contacto y la resiliencia de los sistemas de transporte frente a eventos disruptivos. Por último, se han evaluado los **sistemas de motos compartidas existentes en España** utilizando tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta evaluación proporcionará una visión detallada de la eficacia y la accesibilidad de estos servicios, considerando aspectos como la cobertura geográfica, la disponibilidad de vehículos y la integración con otros modos de transporte.

En conjunto, esta tesis buscará aportar conocimiento a las dinámicas de movilidad urbana contemporánea en España, abordando aspectos específicos que reflejen la evolución de las formas de transporte y las demandas cambiantes de la sociedad. Además, las tres investigaciones realizadas tienen en común el entorno geográfico y físico, pues uno de ellos toma como marco de estudio el conjunto de ciudades medias españolas, y los dos restantes se centran en la ciudad de Gijón, una de las ciudades medias del norte de España.

Desde su inicio, en el año 2020, la investigación se ha realizado en el seno del Grupo de Investigación Ciudad, Territorio y Transporte Sostenible (CITETRANS) de la Escuela Politécnica de Mieres dirigido por el profesor Pedro Plasencia Lozano. El grupo desarrolla trabajos relacionados con la movilidad urbana y difunde sus resultados mediante la publicación de artículos y comunicaciones en congresos, como es el caso de las tres investigaciones concretas que se exponen en el capítulo de resultados de la tesis.

1.2.1. Estructura

La estructura de esta tesis se compone de cinco bloques fundamentales (ilustración 26). En primera instancia, se realiza una primera introducción para poner en contexto el marco de la tesis, a continuación, se detallan de manera precisa y concisa los objetivos de nuestra investigación, proporcionando una clara delimitación de los propósitos que aspiramos lograr con este estudio. Tras establecer dichos objetivos, se describe la metodología seguida para llevar a cabo dicha investigación, detallando los métodos y enfoques que han guiado el análisis. Finalmente, se presentan las conclusiones derivadas de la investigación, y que incluye la descripción de las implicaciones prácticas y teóricas del trabajo, así como una relación de las posibles direcciones que tomar en futuras investigaciones asociadas a este campo.

Este enfoque estructural pretende garantizar la cohesión y comprensión integral de la investigación, permitiendo una visión clara y articulada de cada fase dentro del marco global de la tesis.

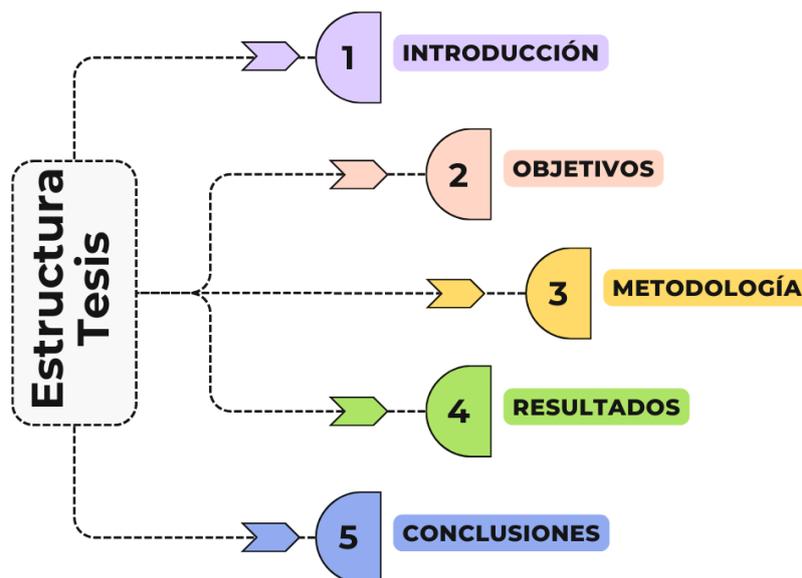


Ilustración 26: Estructura de la tesis

1.3. Estado de la cuestión

La movilidad urbana sostenible se erige como un tema central en la planificación del desarrollo urbano del siglo XXI, influida por diversos factores que han marcado su evolución a lo largo de las últimas décadas. Como hemos apuntado en la introducción, el número de trabajos publicados por las revistas indexadas en los principales índices y repositorios crece de forma exponencial. También las preocupaciones sociales y políticas relacionadas de la movilidad van en aumento, quizá como consecuencia de que determinados municipios, si quieren optar a determinadas ayudas, se vean obligados a disponer de un Plan Urbano de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) en España desde la aprobación de la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible; un requerimiento que se ve reflejado en normativas autonómicas relativas a la movilidad y el transporte incluso aprobadas en la década anterior (Observatorio del transporte y la logística en España, 2019).

No es objeto de este capítulo desgranar los cientos de artículos relativos a la movilidad urbana, que podrían ser citados como antecedentes canónicos de este estudio; sin embargo, hemos considerado oportuno realizar una búsqueda en la página web Teseo, que recopila el conjunto de Tesis Doctorales presentadas en España en los últimos años, con el fin de repasar cuántos de estos trabajos están relacionados de forma directa con el ámbito de la movilidad.

La búsqueda “movilidad urbana”¹ en la citada base de datos arroja un total de 10 documentos, que abarcan desde la evolución histórica de la movilidad en centros urbanos hasta las estrategias innovadoras y multidisciplinares para afrontar los desafíos contemporáneos. El resultado muestra que hay cuatro grandes temas asociados a este campo.

El primero de estos temas es la movilidad urbana y mejoras en accesibilidad, tema que ha sido evaluado por la tesis titulada “Rehabilitabilidad de los centros urbanos históricos: accesibilidad y movilidad sostenible en el centro histórico de Sevilla” (Vázquez Hisado, 2020). En ella se aborda la movilidad urbana desde una perspectiva evolutiva, marcada por el desarrollo social y tecnológico. Se destaca la influencia significativa de la popularización del automóvil en el siglo XX, un hito que alteró las reglas de la movilidad urbana y cambió las condiciones de accesibilidad. Al centrarse en el centro histórico de Sevilla, la investigación aborda la necesidad de adaptar la infraestructura y el transporte a las demandas cambiantes de los ciudadanos, proponiendo mejoras con un enfoque metodológico que combina revisión documental y análisis cuantitativo.

El segundo de estos temas es el impacto del automóvil y estrategias equitativas, donde, La movilidad se extiende más allá del mero transporte individual, convirtiéndose en un componente fundamental para el desarrollo económico y social. La tesis titulada “Beneficios socio - ambientales de estrategias de movilidad sostenible en el centro de las ciudades. Aplicación al caso de Madrid” (Baez, 2006) profundiza en el rol del automóvil en este contexto, resaltando tanto su comodidad individual como los desafíos que presenta, como la eficiencia, los costos y los impactos ambientales adversos. Se propugna por acciones y estrategias que mitiguen estos desafíos, abogando por la protección ambiental, el crecimiento económico y la equidad social.

El tercero de los temas es el desarrollo urbano sostenible y los métodos innovadores que se adentra en la confluencia de disciplinas para buscar soluciones en la movilidad sostenible. La tesis titulada “Optimización dinámica de estrategias de movilidad sostenible en áreas metropolitanas” (Guzman Garcia, 2011) propone

¹ Esta búsqueda ha sido realizada el día 6/10/2023

un enfoque innovador y multidisciplinario para la planificación a largo plazo en la Comunidad de Madrid, fusionando modelos dinámicos y algoritmos de optimización para entender integralmente los impactos de diversas medidas en sistemas urbanos complejos. A su vez, la investigación de la tesis titulada “Diseño de un sistema experto para la evaluación ambiental, social y económica de planes de infraestructuras implementado en SIG. Aplicación al estudio de los efectos del plan de infraestructuras 2005-2020” (E. O. Pérez, 2009) introduce una metodología para evaluar los efectos ambientales, sociales y económicos de planes de infraestructuras de transporte mediante el empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

El último conjunto temático explora la innovación en movilidad y educación como pilares fundamentales para un cambio cultural en este ámbito. Diversas tesis tales como: “Accesibilidad universal y movilidad sostenible en el espacio público. bases para su incorporación al planeamiento urbanístico en Andalucía”, “Contribución al estudio de las relaciones entre la movilidad de las personas, las características del entorno social, y los factores psicológicos, para fomentar la movilidad sostenible”, “Metodología para la determinación de la movilidad en ciudades de tamaño medio. el caso de Mérida”, “Fomento de la movilidad sostenible en educación primaria a través de la gamificación” y “Eficacia de las ofertas de sistemas de transporte en bicicleta ante la demanda de una movilidad sostenible” (Blanco Velasco, 2019; M. R. A. López, 2018; Ruiz Labrador, 2014; Salazar, 2020; SIPONE, 2019; Sterbova, 2011) respectivamente, examinan desde la eficacia de los sistemas de transporte en bicicleta hasta la aplicación de técnicas de gamificación (Molero et al., 2017) para fomentar hábitos de movilidad sostenible y analizar el trasfondo social y político de las concepciones sobre movilidad. Estos enfoques, aplicados en distintos contextos y poblaciones, resaltan la importancia de considerar factores psicosociales y educativos en la planificación del transporte y en las estrategias de promoción de la movilidad sostenible.

La presente tesis, a la vista de los cuatro bloques, podría incluirse en el número 3, porque aborda la optimización dinámica de estrategias de movilidad sostenible y la evaluación ambiental, social y económica de planes de infraestructuras de transporte, parte de la tesis se desarrolla utilizando sistemas SIG, lo cual refuerza la clasificación en dicho grupo, puesto que los SIG son herramientas innovadoras y fundamentales en el campo del desarrollo urbano sostenible.

2. Objetivos

En la presente tesis se plantean dos grandes objetivos generales que abordan cuestiones en el ámbito de la movilidad urbana en ciudades de tamaño medio en España. En primer lugar, busca identificar elementos comunes de la disrupción experimentada en las formas de movilidad durante las últimas décadas. Este enfoque pretende captar las transformaciones clave que han afectado la movilidad en el país. En segundo lugar, se propone analizar las similitudes y diferencias en los patrones de movilidad sostenible entre ciudades de tamaño similar, arrojando luz sobre factores determinantes como el contexto socioeconómico y la infraestructura urbana.

Dado que el tema es bastante amplio, se ha profundizado en unos conceptos en particular, realizando tres investigaciones más concretas que refuerzan los objetivos principales de la tesis.

Se pueden añadir, por tanto, algunos objetivos particulares vinculados a las tres investigaciones llevadas a cabo. Entre ellos, se destaca la evaluación del impacto de la pandemia en los hábitos de movilidad en Gijón, una ciudad de tamaño medio con diversas opciones de transporte. Asimismo, se busca definir valores-modelo para parámetros de los Sistemas de Movilidad Ligera (SML) operativos en España, contribuyendo así a futuros estudios en otras ciudades interesadas en implementar SML en sus mallas urbanas. Además, se desarrolla una metodología replicable y económica para la implantación y optimización de servicios de transporte público, centrada en mejorar los parámetros de diseño con soluciones basadas en la calidad y accesibilidad.

El análisis de servicios de motosharing, la evaluación de la capacidad de respuesta de los sistemas de transporte público durante la pandemia y la evaluación de la implementación de aplicaciones móviles en sistemas de transporte compartido son algunos de los objetivos específicos que completan la investigación.

En conjunto, estos objetivos profundizan en el conocimiento actual sobre la movilidad en España, además proporcionan una contribución al debate de los problemas de movilidad que hay en las ciudades de tamaño medio en España, que

pueden verse mejorados en un futuro, aportando una visión actual que invite al cambio de paradigma en cuanto al planteamiento de la movilidad basadas en el transporte público y movilidad activa, frente al coche centrismo actual.

3. Metodología general

El método planteado se engloba dentro de lo que conocemos como **método de estudio de casos** (Algozzine & Hancock, 2017; Carazo, 2006; Mills et al., 2009; Wassermann, 1994). Se trata de una metodología habitual en un amplio abanico de disciplinas; en él se plantean una serie de casos individuales que son analizados a modo de investigaciones completas, cada una con su propia metodología particular. Gracias a ello, se pueden obtener resultados que engloben fenómenos más amplios.

El método del caso se ha utilizado en disciplinas tan variadas como: derecho (Lim et al., 2020a), veterinaria (Goncharenko et al., 2018), arquitectura (Francis, 2001a), bioquímica (Günter & Demir, 2018), medicina (Korniichuk et al., 2021), nutrición (Davis, 2004), psicología (Kemp, 1980), económicas (Habasisa & Hlalele, 2014), cultura (Efremenko et al., 2020). La variedad de campos en los que se ha utilizado el método del caso resalta su adaptabilidad y capacidad para enfrentar desafíos complejos. Al abordar una amplia gama de temas, desde cuestiones legales hasta aspectos culturales, el método del caso demuestra su versatilidad para analizar problemas desde diversas perspectivas. Además, al aprovechar la abundancia de datos disponibles, este enfoque proporciona una base sólida para investigaciones científicas rigurosas, lo que lo convierte en una herramienta poderosa para entender y resolver problemas en diferentes áreas del conocimiento.

En relación con los temas de los que trata esta tesis, son también numerosos los estudios e investigaciones que aprovechan el método. A modo de ejemplo, y sin querer hacer una recopilación extensa, que quizá sería procedente realizar en otro trabajo, podemos citar: en el ámbito del transporte (Becker et al., 2022; Dong et al., 2016; Hendricks & Georggi, 2007), por su parte, en el ámbito de la movilidad urbana (Canitez, 2020; Cepeliauskaite et al., 2021; Wolnowska & Kasyk, 2022). Asimismo, desde una perspectiva del diseño urbano (Francis, 2001b; Palermo & Ponzini, 2012; Rosiak, 2022), unas temáticas también asociadas a la movilidad, tales como los sistemas de metro ligero (Alhazmi Alefari, 2022; Liu & Wilkinson, 2022; Olesen, 2014c), los vehículos compartidos (Lim et al., 2020b) ... Es un ámbito tan extenso que creemos que sería interesante plantear como trabajo futuro la realización de

un artículo que recopilara, con ánimo universal, los principales trabajos que se hayan realizado en el ámbito de la ingeniería del transporte o de la movilidad urbana, mediante la aplicación del método citado.

El método de estudio de casos, en el contexto de nuestra investigación, exige establecer un marco general, un ámbito geográfico concreto y un periodo histórico determinado; todo ello ha sido ya definido. Asimismo, la naturaleza del propio método es holística: se toman como casos completos diversos factores y ramificaciones del objeto principal de estudio. Finalmente, el método permite cierta flexibilidad para abordar aquellos casos particulares sobre los que existe determinada información accesible en el momento de llevar a cabo el estudio.

En primer lugar, se contextualiza la investigación, estableciendo un marco general, un ámbito geográfico concreto y un periodo histórico determinado; a continuación, se definen los objetivos.

Tras ello, se seleccionan los casos concretos que van a analizarse. Para ello nos planteamos investigaciones que aborden temáticas variadas asociadas al objeto principal de estudio, cada una de ellas con sus propias metodologías y su estructura cerrada que incluye a grandes rasgos el esquema clásico: *introducción, método, resultados, análisis, discusión y conclusiones*. Se ha decidido abordar temáticas concretas asociadas al transporte colectivo (y en particular, al metro ligero como modo de transporte muy vinculado a las ciudades de tamaño medio), al motosharing (por ser un sistema muy relacionado con las aplicaciones móviles) y al estudio de cómo la pandemia afectaba a los hábitos de movilidad de la ciudadanía.

Finalmente, se elaboran las conclusiones de las tesis. Éstas incluyen conclusiones globales que se obtienen tras realizar toda la investigación, y también las principales conclusiones particulares que se han obtenido en cada caso concreto; del mismo modo, se han obtenido conclusiones que vinculan dos de los casos particulares analizados, o incluso los tres. Asimismo, se determinan direcciones para futuras investigaciones y posibles aplicaciones prácticas de las mismas.

En la elaboración de los tres casos particulares de la tesis se han empleado dos métodos habituales en el análisis de las redes y sistemas de transporte: los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las encuestas para abordar los temas relacionados con la movilidad. En primer lugar, se implementaron técnicas de SIG

para analizar patrones espaciales y geográficos vinculados a la movilidad urbana. Esto incluyó la evaluación de la infraestructura vial, la planificación de rutas, la densidad de población en áreas de interés y la accesibilidad a servicios de transporte. Los SIG proporcionaron una valiosa herramienta para visualizar y comprender la dinámica espacial de la movilidad, facilitando un análisis detallado de la estructura urbana y la distribución de los modos de transporte gracias al manejo de los datos y a la georreferenciación de los mismos.

Por otro lado, se ha llevado a cabo una investigación apoyada en los datos obtenidos mediante la elaboración de una encuesta para obtener datos directos de la población. Las encuestas se diseñaron de manera cuidadosa, incorporando preguntas estructuradas y abiertas para recopilar información sobre las percepciones, preferencias y comportamientos de los usuarios en relación con la movilidad. Estas encuestas proporcionaron una visión cualitativa y cuantitativa, permitiendo una comprensión más profunda de las experiencias individuales, las actitudes hacia los sistemas de transporte y las posibles áreas de mejora en la movilidad urbana.

4 ● Resultados

En este capítulo se exponen tres investigaciones realizadas a lo largo de los estudios de doctorado desde el 2019 hasta el 2023; se incluye el año en que fueron culminadas.

4.1. Un análisis basado en SIG de los sistemas de metro ligero en España (2021)

4.1.1. Introducción

En los últimos años se han acometido en España, al igual que en otros países de nuestro entorno, como Portugal, Reino Unido, Francia y Grecia, numerosos proyectos de sistemas de metro ligero (SML), tras el éxito del tranvía de Nantes inaugurado en 1985, que, para muchos, marca el comienzo del renacimiento de este modo de transporte (Bottoms, 2003; Matsoukis, 2003; Vigarié, 1983), y en otros lugares, como Estados Unidos (Lane, 2008) o incluso países en vías de desarrollo, como Argelia (Bernabeu et al., 2014). Este sistema, que se caracteriza entre otros rasgos, por disponer de una plataforma reservada en gran parte de su recorrido, en cierto modo toma el relevo de los tranvías históricos que alteraron la fisonomía de las ciudades en las últimas décadas del XIX y primeras del XX (Bugarín, 2003) en ciudades no especialmente grandes pero sí con pujanza económica, como A Coruña (Araujo, 2002) Oviedo (Lozano & Fernández, 2022) o Tarragona (de Ortueta Hilberath, 2023), y que desaparecieron debido al desarrollo del autobús entre otras causas.

Desde 1994 se han puesto en servicio sistemas SML en 11 áreas metropolitanas españolas (Tabla I). Algunos son elementos centrales del sistema de tránsito urbano, como Zaragoza (M. F. C. López, 2019) o Granada (Grindlay et al., 2021) mientras que otros complementan estructuras más complejas y de mayor capacidad, como los esquemas en torno a Madrid, como Boadilla y Parla. Hay constancia de que este tipo de sistemas se han propuesto en otros lugares como Pamplona (Giménez, 2006), y en algunas ciudades hay obras muy avanzadas para

su futura instalación, como en Cádiz ² y Jerez de la Frontera (Redacción, 2021a). Los sistemas SML son excelentes por su regularidad, ahorro de emisiones de CO₂, flexibilidad, imagen y optimización del espacio urbano (Olesen, 2014a), y tienen efectos positivos sobre el crecimiento urbano y la calidad de vida (Cervero, 1984; Edwards & Mackett, 1996; Handy, 2005), y también aumentan los viajes activos (Huang et al., 2017).

Como se mencionó en otra parte, para que un sistema SML tenga éxito en un contexto urbano consolidado, debe estar precedido por una planificación cuidadosa que combine estudios de costo, usuario potencial, tiempo de viaje y frecuencia, para elegir la mejor alternativa posible (Casello et al., 2014a; R. Mackett & Babalik Sutcliffe, 2003; Matsoukis, 2003; Whitney & O'Mahony, 1999a).

En este estudio, aplicamos el software abierto QGIS para recopilar datos básicos sobre usuarios potenciales y reales de SML en España, así como otros parámetros relacionados con la geometría urbana. Con él pudimos evaluar la aceptación de cada sistema junto con otros datos referentes a los sistemas aquí evaluados. El objetivo principal, y por tanto la pregunta de investigación, es la determinación de un rango de valores para algunos parámetros que caracterizan a los distintos SML que operan en España, con el fin de establecer valores modelo que puedan ser utilizados en futuros estudios y anteproyectos en otras Ciudades españolas que muestran interés en introducir SML en su trama urbana. Además, este estudio es la base para futuros estudios más detallados que combinen los resultados encontrados aquí junto con otras variables que podrían predecir la futura aceptación de otros SML en estudio.

Estado del arte

La Conferencia Europea de Ministros de Transporte ha definido el tren ligero como un medio de transporte ferroviario que puede desarrollarse en etapas que van desde el tranvía moderno hasta un sistema de transporte rápido que opera en su propio derecho de paso, ya sea subterráneo o a nivel del suelo., o elevada (Albalate

² Cuando esta investigación fue completada, aún no se había puesto en servicio. Este sistema, denominado Trambahía, de tipo tren-tram, fue inaugurado el 26 de octubre de 2022. <https://trambahia.es/es/inauguracion-Trambahia>

et al., 2015a; Donaire, 2013a). Idealmente, el tren ligero es una forma de sistema de transporte urbano ferroviario, que no es una forma tradicional pesada de ferrocarril. El interés por los sistemas SML en todo el mundo se ha incrementado en los últimos años, y se han concebido y, por lo tanto, analizado proyectos relevantes en Europa (Kołos & Taczanowski, 2016; Mehanović, 2021), Africa (Chamseddine & Ait Boubkr, 2020; Sekasi & Martens, 2021), Asia (Li et al., 2015; Pacheco-Raguz, 2010), Australia (Abidoye et al., 2021; Falamarzi et al., 2021) or America (Lee et al., 2017; E. S. Park & Sener, 2019).

La razón de su relevancia se encuentra en sus ventajas. SML contribuye a reducir la contaminación atmosférica local y, en términos generales, actúa contra el calentamiento global (Alade et al., 2020). Además, la reducción de los viajes en coche desde carreteras superpobladas, otra consecuencia de los nuevos esquemas de SML, ofrece nuevos espacios para los peatones y, por lo tanto, promueve el viaje activo (Páez & Whalen, 2010; Roberts et al., 2018; Schoner & Cao, 2014), aunque podría generar accidentes si el entorno de las estaciones y del trazado no están bien cuidados (Fontaine et al., 2016; Pulugurtha & Srirangam, 2021). En términos de efectos económicos, los nuevos sistemas SML se han relacionado con la generación de nuevos negocios en la ciudad (Credit, 2018) y con el aumento del valor de las propiedades (Lin et al., 2018); además, también se han detectado impactos positivos en la accesibilidad al mercado laboral (Fan et al., 2012). Finalmente, los nuevos proyectos cultivan una imagen de una ciudad o región como progresista y moderna, lo que también es positivo para el turismo (Ferbrache & Knowles, 2017; Sovacool & Yazdi, 2019) .

Sin embargo, en algunos lugares los nuevos esquemas de SML han fracasado, como el Regi-oTram de Groningen (Der Bijl et al., 2018a), el SML de Tel Aviv (Der Bijl et al., 2018b) o diferentes ciudades de Gran Bretaña. Algunas investigaciones han informado que la razón de la falta de interés por utilizar el transporte ferroviario es la falta de prestación del nivel esperado de calidad del servicio (Chowdhury & Ceder, 2016; Ibrahim et al., 2020). Por lo tanto, los clientes que no están satisfechos con el servicio no serían leales al servicio y no lo recomendarían a otros (Shen et al., 2016). Algunos documentos tienen intentos de investigar los factores que influyen en la satisfacción de los pasajeros del transporte ferroviario en función de la evidencia del transporte ferroviario ligero (Ibrahim et al., 2021). En este sentido, se ha identificado que un indicador de un servicio de transporte público exitoso es la cantidad de pasajeros que el sistema es capaz de retener y atraer (de Oña et al.,

2013; Shen et al., 2016). Algunos factores que se han identificado para disuadir el uso de los sistemas de transporte ferroviario son la falta de conexión, la distancia de acceso hacia y desde las estaciones, o la distancia hacia/desde el hogar al trabajo (Galdames et al., 2011; Kingham et al., 2001); en otros lugares, la penalización por transferencia se ha declarado como una consideración clave en el potencial de pasajeros de un sistema de transporte público (Guo & Wilson, 2007). En España, en particular, varias infraestructuras muy significativas planificadas y construidas en los últimos años con cierta previsión de usuarios, han resultado, sin embargo, sobredimensionadas posteriormente (Albalade et al., 2015b). Uno de ellos fue el SML de Jaén, que fue inaugurado en 2011 y tuvo que ser cerrado unos días después por problemas administrativos y económicos (Donaire, 2013b). Como consecuencia, algunas ciudades previamente interesadas en desarrollar esquemas SML han detenido sus proyectos, como Vigo o A Coruña (Lamas, 2021; Vila, 2021). Por tanto, cobra especial importancia conocer los parámetros característicos de los SML que operan en España. Esto será de utilidad en futuros estudios y proyectos que se realicen en otras ciudades españolas interesadas en introducir un SML en su trama urbana.

La búsqueda de parámetros que caractericen los sistemas SML no es nueva: en Busan (Corea del Sur), se intentó definir parámetros concretos, como la distancia a pie desde el SML (Kim et al., 2010), Casello recopiló algunas de las principales características de los SML en América del Norte (Casello et al., 2014b) y se han realizado estudios similares en Turquía (Alpkokin et al., 2016; Vitosoglu et al., 2014) con numerosos parámetros, como el número de pasajeros por kilómetro, el número de pasajeros transportados por unidad de longitud de línea, el número de pasajeros transportados por número de estaciones o el número diario de pasajeros por población urbana. Van Oort también hizo una descripción de los principales esquemas europeos (Van Oort, 2020). En España, el Observatorio de la Movilidad Metropolitana ha recogido algunos datos valiosos, principalmente de las propias empresas de transporte (Monzón de Cáceres et al., s. f.). También se han llevado a cabo análisis económicos (Martín Urbano et al., 2012), y algunas líneas han sido objeto de estudios previos, como el SML de Granada (Jiménez-Torrecillas et al., 2014; Navarro-Ligero & Valenzuela-Montes, 2019; Talavera García et al., 2018), Lo cual incluía detalles como la densidad de población cerca de las paradas, entre otros parámetros relacionados con el análisis del desarrollo orientado al transporte público (TOD, por sus siglas en inglés).

Por otro lado, se ha generalizado el uso de Sistemas de Información Geográfica para el análisis de sistemas de transporte. Así, recientemente ha ido ganando fuerza el uso de SIG para el estudio de áreas de influencia (Andersen & Landex, 2008; Cervero & Kang, 2011). El área de influencia de una estación puede definirse como el espacio o territorio urbano del que van a proceder los usuarios potenciales. Tradicionalmente se ha pensado que los ciudadanos están dispuestos a caminar un tiempo o distancia máxima desde su domicilio o punto de origen del viaje hasta una estación de transporte público y el área de influencia es el espacio entre la estación y el límite de ese tiempo o esa distancia máxima. Los estudios han demostrado la complejidad de definir esa área de influencia para una estación específica, ya que en ella entran muchos parámetros, como características demográficas (Hess, 2012) o de diseño urbano (Cervero & Kockelman, 1997b; Ewing & Cervero, 2010; S. Park et al., 2015), y por lo tanto, existen métodos para determinar cuál es dicha área en una determinada estación, tales como, encuestas (Sarker et al., 2019) o tarjetas de transporte (Ma et al., 2018). Sin embargo, en macroanálisis relacionados con la planificación o un sistema de transporte completo, el área generalmente se reduce a la porción de la ciudad incluida dentro de un círculo con su centro en cada estación del sistema. Esta simplificación requiere, a su vez, establecer el radio de cada círculo, y en la literatura, para los SML esto variaría de 400 m o 0.25 millas (Hess & Almeida, 2007; Oluyomi et al., 2019) a 800 m (Fajri & Sumabrata, 2019; Kuby et al., 2004), aunque se acepta que en la periferia los ciudadanos están dispuestos a ir más allá (O'Sullivan & Morrall, 1996). Cabe señalar que, en España, la distancia habitual es de 500 m (Ortega Ortiz, 2017; Talavera García et al., 2018). Más allá de las áreas de captura, el GIS también se ha utilizado para adquirir datos sobre la densidad de paradas o estaciones (Gutiérrez & García-Palomares, 2008; Magalhães, 2016), el espacio entre paradas (Furth et al., 2007), el uso del suelo (Banai, 2000) o la longitud de las carreteras (Bhuyan et al., 2019). Además, GIS se ha utilizado para determinar los "nodos de atracción" (por ejemplo, oficinas, atracciones turísticas y hoteles) dentro de un área amplia (Miller & Shaw, 2015) o para identificar los puntos críticos de los servicios de atención médica en un territorio (Breje et al., 2019), y las aplicaciones GIS pertinentes al campo de la ingeniería de transporte se desarrollaron (Hamed & Easa, 1998) para analizar el impacto de los viajes de actividad en los patrones de transporte regional. Además, algunos investigadores han utilizado SIG para desarrollar estudios multicriterio relacionados con el transporte público o incluso con temas del sistema de tren ligero. Prasertsri y Sangpradid analizaron la

idoneidad de las selecciones de sitios de estacionamiento alrededor de las estaciones SML para los clientes (Prasertsri & Sangpradid, 2020). Farooq et al. (Farooq et al., 2018, 2019) utilizaron GIS como herramienta para el desarrollo de un modelo de transporte entre Beijing y XiongAn. Por lo tanto, ha demostrado ser una herramienta útil para encontrar parámetros relacionados con las redes de transporte.

Resumiendo, los sistemas SML están en ascenso en numerosos países. Se han establecido las principales ventajas; además, se ha descrito la existencia de proyectos fallidos, vinculados regularmente a problemas relacionados con la geometría urbana y del esquema SML, como las estaciones. Además, se han realizado en diferentes ocasiones investigaciones sobre la descripción de SMLs mediante caracterización paramétrica; finalmente, es un hecho el auge de los SIG para el desarrollo de la investigación sobre los sistemas de transporte, y en particular sobre la geometría urbana en el entorno de las estaciones. Por ello, puede ser interesante una investigación sobre los SML españoles para caracterizar los esquemas en curso mediante la determinación de los valores de diferentes parámetros y ratios, vinculados a la geometría urbana y las densidades de usuarios en las áreas de influencia. Un beneficio esperado es la determinación de valores para ayudar a las autoridades y planificadores a desarrollar proyectos futuros; además, los esquemas actuales pueden ser analizados para establecer una posible explicación de su éxito o fracaso.

Área de estudio

Hay SML en 11 áreas metropolitanas de España. En cinco de ellas se han convertido en el principal sistema de transporte público de la ciudad. En los otros cinco, el SML coexiste con el metro convencional, por lo que su función es complementar el sistema de transporte público de la ciudad como una línea más de metro (como en Barcelona o Bilbao) o en ocasiones como alimentador del sistema (Madrid, por ejemplo). Finalmente, uno de ellos, Alicante, es un tren-tranvía (Novales et al., 2013). Parece lógico, por lo tanto, separar los SML en tres grupos en función de su importancia dentro del sistema de transporte metropolitano total. Destacamos también que está previsto que próximamente se inauguren dos nuevos sistemas: el tren-tranvía en la Bahía de Cádiz (Redacción, 2021c) y el sistema de transporte ferroviario ligero en Jaén (Tipo I), que se completó en 2011 y se pondrá en servicio próximamente después de superar una diversidad de problemas administrativos.

Algunas otras ciudades como Gijón están trabajando en desarrollar un sistema ferroviario metropolitano, aunque por el momento no está claro si será un tren-tranvía, un metro convencional o un SML (Tejedor, 2021).

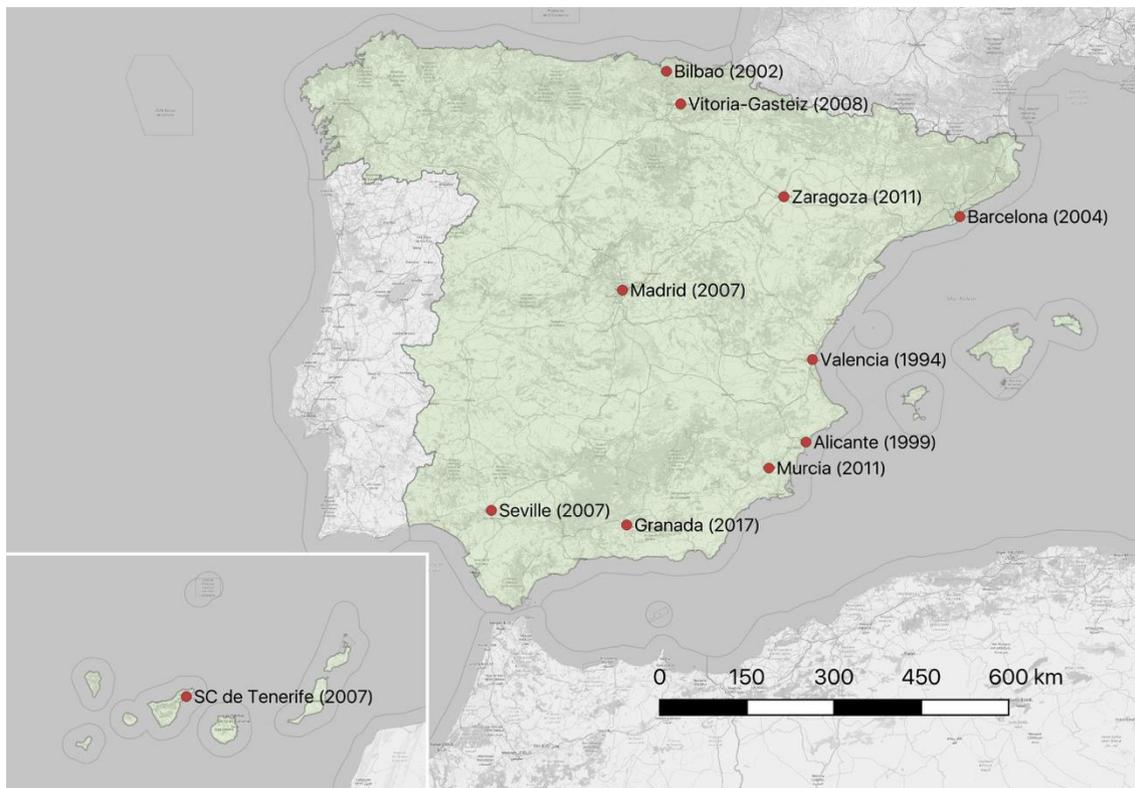


Ilustración 27: Ciudades con SML y año de puesta en Marzo. Barcelona comprende los sistemas Trambaix y Trambesòs; Madrid comprende los sistemas de Pozuelo, Boadilla, Sanchinarro y Parla

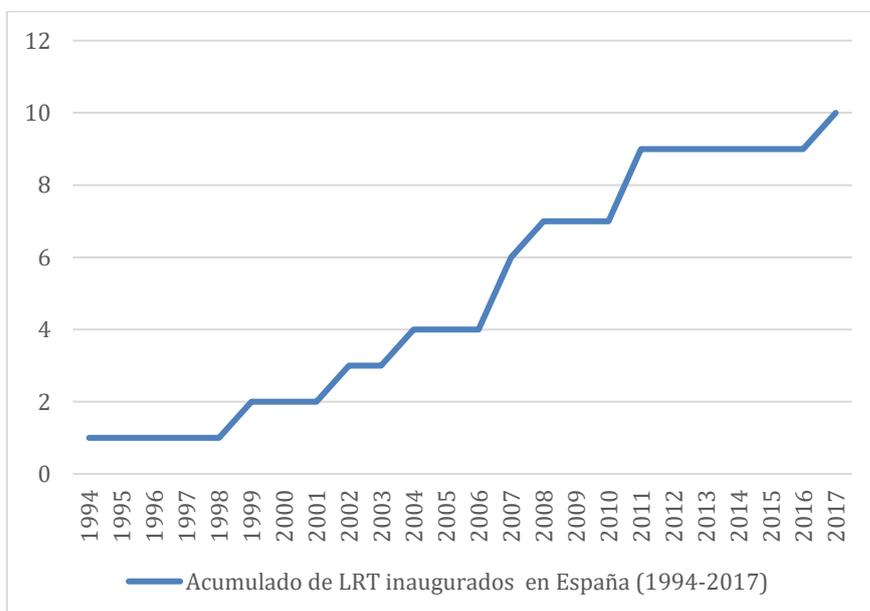


Ilustración 28: Acumulado de SML inaugurados en España

4.1.2. Metodología específica

El estudio se llevó a cabo siguiendo los siguientes pasos (Ilustración 3):

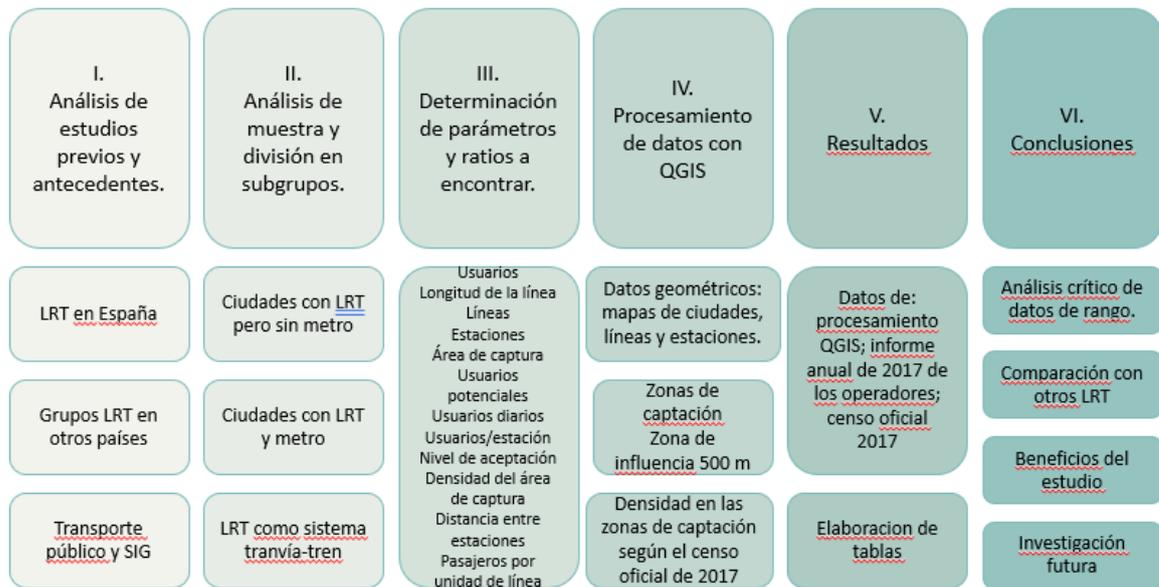


Ilustración 29: Método

1. Análisis de estudios previos y antecedentes. Se realizó una búsqueda bibliográfica en los principales sitios de Internet relacionados con los SML sobre estos temas: ventajas y SML individuales en España, grupos de SML en otros países, análisis paramétricos y geográficos de los sistemas de transporte público metropolitano y SIG como herramienta para el transporte. sistemas
2. Análisis de la muestra. Se determinaron los SML a evaluar y se dividieron en subgrupos según existieran o no sistemas de subterráneos convencionales en la propia ciudad.
3. Se definieron los datos y parámetros a evaluar en el estudio: se revisaron las fuentes citadas en la sección de revisión de la literatura y se determinó una lista (Tabla 1): Usuarios anuales del servicio; Longitud de la línea; número de líneas, número de estaciones, número de estaciones compartidas; área de influencia; usuarios potenciales; usuarios diarios; usuarios por estación; nivel de aceptación; densidad del área de influencia; distancia media entre estaciones; pasajeros por unidad de línea.
4. Procesamiento de datos con QGIS.

- a. Se dibujaron datos geométricos (líneas SML y estaciones).
- b. Se incluyó un formulario con datos del censo oficial. Se realizó un trabajo de laboratorio para obtener la densidad de población en cada sección censal.
- c. Se dibujaron las áreas de captación alrededor de la estación. Para ello se planteó una zona de amortiguamiento de 500 m de radio (Ilustraciones 4 y 5).
- d. Finalmente, se obtuvieron los valores de algunos parámetros: Longitud de línea; número de líneas, número de estaciones, número de estaciones compartidas; área de influencia; usuarios potenciales; distancia media entre estaciones; pasajeros por unidad de línea. La población afectada en cada área de captación se determinó bajo el supuesto de que la población en cada área censal (área mínima para la cual hay datos censales) se distribuye uniformemente dentro de cada área. Además, los datos de población se tomaron del censo oficial de 2017.

Tabla 2: Parámetros y ratios de estudio

	Descripción	
1	Usuarios anuales del servicio (millones pax)	
2	Longitud de las líneas (km)	
3	Número de líneas (ud)	
4	Número de estaciones (ud)	
5	Número de estaciones comunes (ud)	
6	Superficie de captación (km ²)	superficie urbana situada a un máximo de 500 m de una estación del sistema
7	Usuarios potenciales (hab)	habitantes dentro de la superficie de captación
8	Usuarios diarios (pax)	$\frac{\text{usuarios anuales (pax)}}{280}$
9	Usuarios por estación (pax)	$\frac{\text{usuarios diarios (pax)}}{\text{estaciones}}$

10	Tasa de aceptación	$\frac{\text{usuarios diarios (pax)}}{\text{usuarios potenciales (pax)}}$
11	Densidad en área de captación (pax/km^2)	$\frac{\text{usuarios potenciales (pax)}}{\text{superficie de captación (km}^2\text{)}}$
12	Distancia media entre estaciones (m)	$\frac{\text{longitud total del LRT (km)}}{\text{estaciones} - n^{\circ} \text{ líneas} + \text{estaciones con}}$
13	Pasajeros por unidad de línea (pax/km^2)	$\frac{\text{pasajeros (pax)}}{\text{longitud total (km}^2\text{)}}$

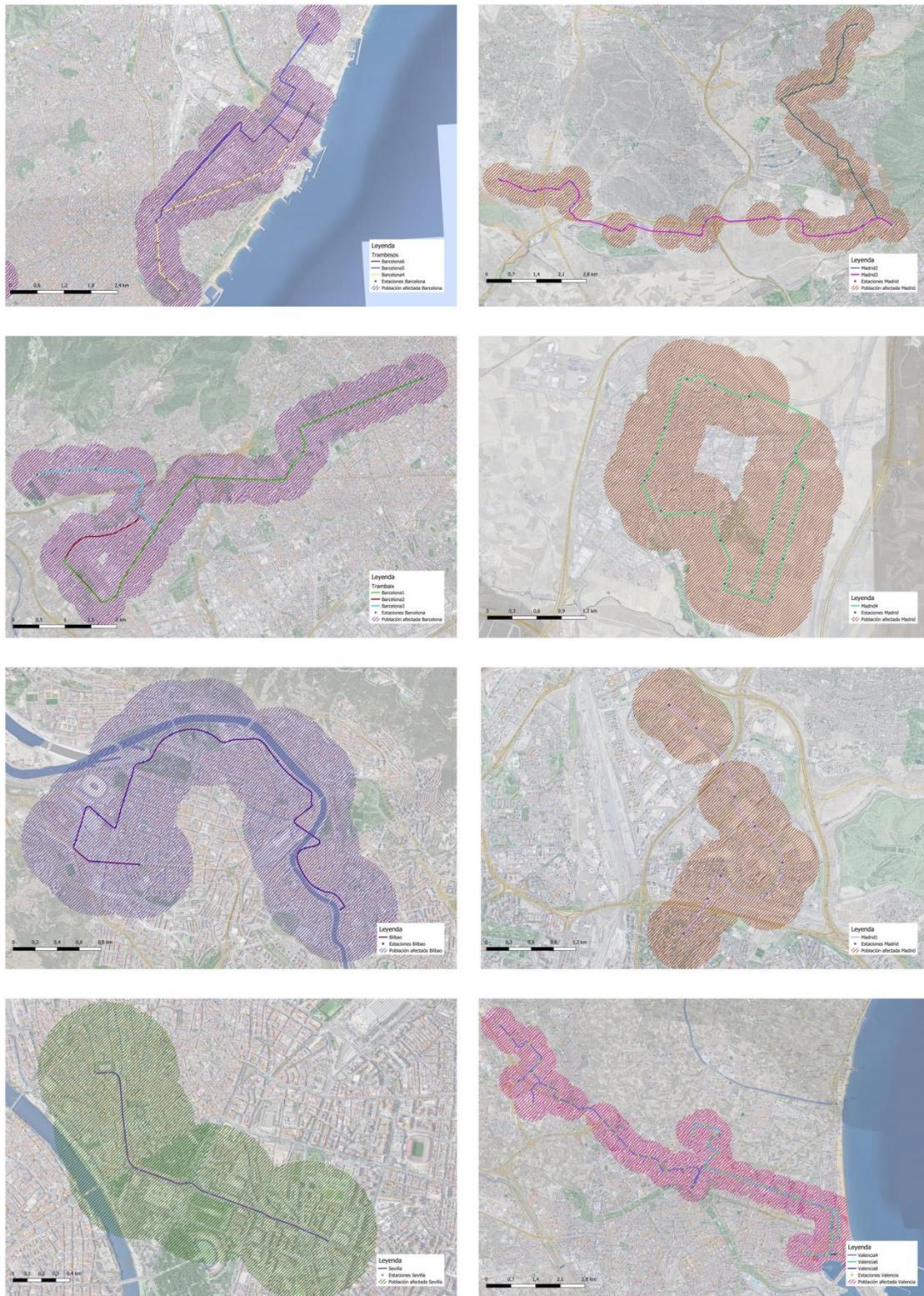


Ilustración 30: Ciudades del grupo 2. Primera columna: Barcelona; Barcelona; Bilbao; Sevilla. Segunda columna: Madrid, Madrid, Madrid; Valencia.

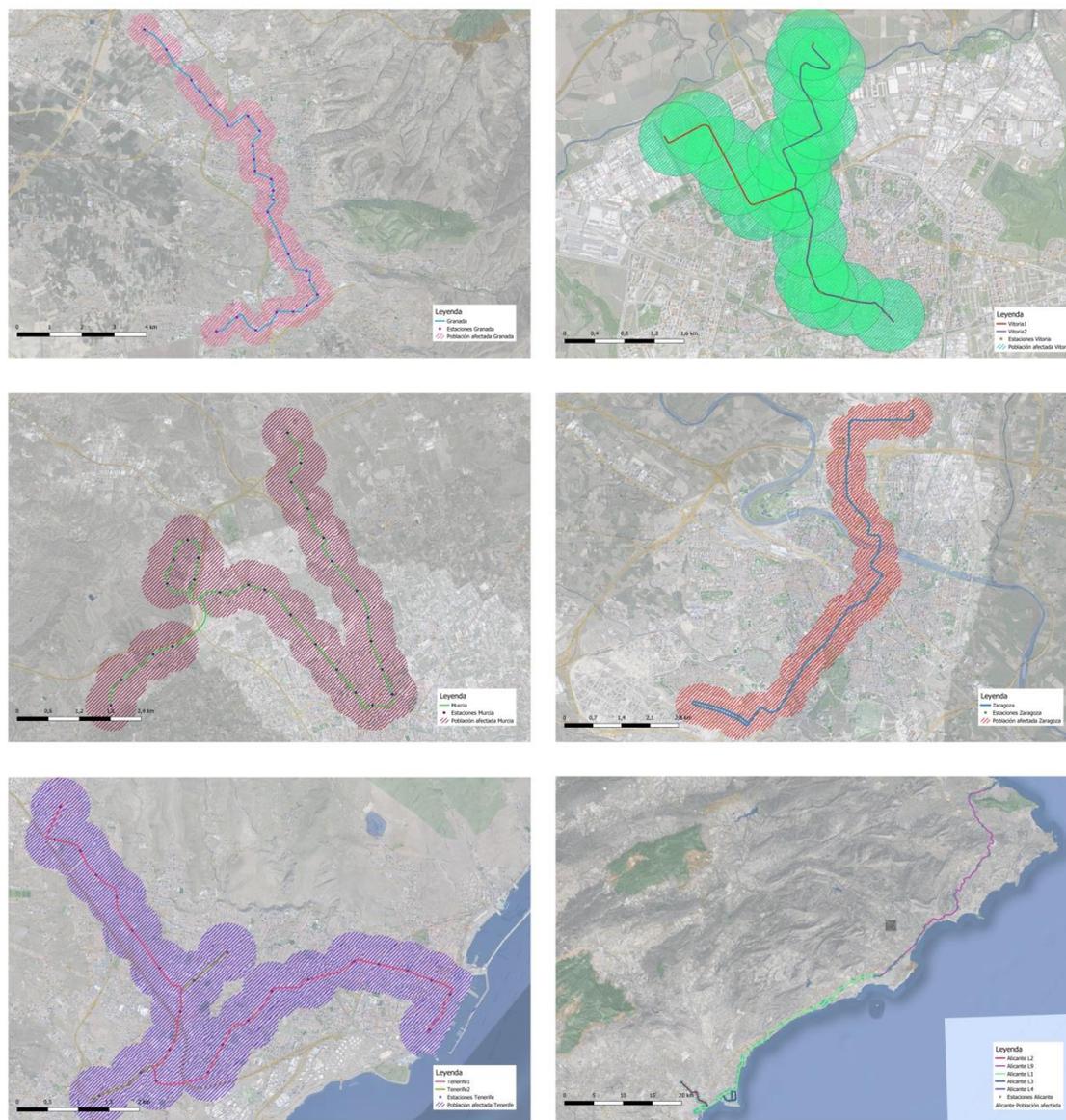


Ilustración 31: Ciudades del grupo 1 y 3. Primera columna: Granada, Murcia, Tenerife; segunda columna: Vitoria, Zaragoza, Alicante

5. Los resultados se definen en diferentes tablas.
 - a. Más allá de los datos referidos en el paso anterior, los datos anuales de usuarios del servicio se tomaron de los informes anuales de los operadores de 2017 (Tabla 2). Finalmente, se revisaron documentos del Observatorio de Movilidad de la Universidad Politécnica de Madrid [53].
 - b. Los ratios se definieron a partir de los datos mencionados: usuarios diarios; usuarios por estación; nivel de aceptación; densidad del área de influencia; pasajeros por unidad de línea.

6. Discusión y conclusiones. Se analizaron los valores encontrados y se esbozaron las principales conclusiones del estudio.

Tabla 3: Fuentes de datos para usuarios diarios

Grupo	Ciudades	Fuente de datos
I	Granada	https://metropolitanogranada.es/noticias/Balance_2018_Metro_Granada
	Murcia	https://www.tranviademurcia.es/
	SC de Tenerife	https://metrotenerife.com/MEMORIAS/2017/index.html
	Vitoria	https://www.gasteizhoy.com/tranvia-vitoria-usuarios/
	Zaragoza	https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/transporte-alta.pdf
II	Barcelona	https://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=26849
	Bilbao	https://www.euskotren.eus/sites/default/files/2019-01/Euskotren%20sigue%20creciendo%20en%20todas%20sus%20unidades%20operativas.pdf
	Madrid	https://www.crtm.es/media/880193/informe_anual.pdf
	Sevilla	https://www.diariodesevilla.es/sevilla/tranvia-Sevilla-sigue-perdiendo-viajeros-Tussam-gana_o_1400860373.html
	Valencia	https://habitatge.gva.es/es/inicio/area_de_prensa/not_detalle_area_prensa?id=733558
III	Alicante	https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Estad%C3%ADsticas_del_TRAM_Metropolitano_de_Alicante

4.1.3. Resultados

El estudio permitió identificar varios hallazgos. En el Grupo I (Tabla 3), los usuarios anuales oscilan entre los 5,10 millones de Murcia y los 28,2 de Zaragoza. La menor longitud fue de 12,72 km (Vitoria) y la mayor de 18 km (Murcia). Los sistemas

generalmente tenían una o dos líneas donde las estaciones estaban ubicadas a una distancia media de 400 m a 666 m entre sí. Los usuarios potenciales (personas que no viven a más de 500 m de una estación) oscilan entre los casi 18.000 de Vitoria y los casi 30 000 de Tenerife. Fueron más representativos los usuarios diarios por estación (de 1525 en Zaragoza a 325 en Murcia) y el índice de aceptación, que varió del 42% en Murcia al 226% en Zaragoza. La densidad de población en las áreas de captura nunca estuvo por debajo de 1514 hab/km². Por último, la ratio de viajeros por línea unitaria varía desde el 2,20 de Zaragoza al 0,28 de Murcia.

Tabla 4: Resultados grupo 1

		Granada	Murcia	Tenerife	Vitoria	Zaragoza
1	Usuarios anuales del servicio (millones pax)	10,20	5,10	14,10	8,30	28,20
2	Longitud de las líneas (km)	15,90	18,00	16,10	12,72	12,80
3	Número de líneas (ud)	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00
4	Número de estaciones (ud)	26,00	28,00	25,00	20,00	33,00
5	Número de estaciones comunes (ud)	0,00	0,00	2,00	6,00	0,00
6	Superficie de captación (km ²)	14,08	14,33	12,79	7,06	11,76
7	Usuarios potencial (hab)	26 131,00	21 705,00	29 713,00	17 900,00	22 286,00
8	Usuarios diarios (pax)	18 214,29	9 107,14	25 178,57	14 821,43	50 357,14
9	Usuarios por estación	700,55	325,26	1007,14	741,07	1525,97

10	Tasa de aceptación	70%	42%	85%	83%	226%
11	Densidad en área de captación	1855,89	1514,65	2323,14	2535,41	1895,07
12	Distancia media estaciones (m)	636,00	666,67	644,00	530,00	400,00
13	Pasajeros por unidad de línea	0,64	0,28	0,88	0,65	2,20

En el Grupo 2 (Tabla 4), los rangos fueron más amplios. Los usuarios anuales oscilaron entre los 29,10 millones de Barcelona y los 2,99 millones de Bilbao. El sistema más corto fue el de Sevilla (3,97 km) y el más largo el de Barcelona (29,20 km). La composición de la red variaba de una línea a seis en todo el sistema de Barcelona, aunque distribuida entre metro y metro ligero. La distancia media entre estaciones varió desde los 405 m en Valencia hasta los 685 en Madrid. Los usuarios potenciales variaban desde poco más de 2.000 en Sevilla hasta más de 46 000. Los usuarios por emisora también variaron mucho, desde los 355 de Valencia a los 1417 de Sevilla, y también la tasa de aceptación, que fue del 26% en Bilbao frente al 426% de Madrid. Destacamos también que la densidad de población en las zonas de captura apenas era de 251 en Madrid mientras que en Bilbao era de 4 002. Finalmente, la ratio de viajeros por unidad de línea varía desde 1,80 en Zaragoza hasta 0,42 en Valencia. La Tabla 4 también muestra los datos del Grupo 3, que como se ha mencionado, incluye únicamente la ciudad de Alicante.

Tabla 5: Resultados grupo 2 y 3

		Barcelona	Bilbao	Madrid	Sevilla	Valencia	Alicante
1	Usuarios anuales del servicio (millones pax)	29,10	2,99	16,90	3,97	8,80	11,10
2	Longitud de las líneas (km)	29,20	5,57	35,64	2,20	21,10	112,60
3	Número de líneas (ud)	6,00	1,00	4,00	1,00	3,00	5,00

4	Número de estaciones (ud)	53,00	14,00	55,00	5,00	43,00	69,00
5	Número de estaciones comunes (ud)	10,00	0,00	1,00	0,00	12,00	9,00
6	Superficie de captación (km ²)	23,36	5,06	28,20	2,62	20,03	40,52
7	Usuarios potenciales (hab)	22 287,00	20 255,00	7 080,00	2.165,00	46 428,00	30 638,00
8	Usuarios diarios (pax)	51 964,29	5 339,29	30 178,57	7.089,29	15 714,28	19 821,43
9	Usuarios por estación (pax)	980,46	381,38	548,70	1.417,86	365,45	287,27
10	Tasa de aceptación	233%	26%	426%	327%	34%	65%
11	Densidad en área de captación	954,07	4 002,96	251,06	826,34	2 317,92	756,12
12	Distancia media entre estaciones (m)	512,18	428,46	685,38	550,00	405,77	1 542,47
13	Pasajeros por unidad de línea	1,00	0,54	0,47	1,80	0,42	0,10

Los resultados muestran algunos aspectos interesantes de esta caracterización. En primer lugar, sería difícil imaginar un SML en una ciudad con densidades de población inferiores a 1500/km² en suelo urbano consolidado. Esta cifra es menor cuando el sistema es alimentador o complementario a un sistema de metro convencional, o cuando se trata de un sistema de tren-tranvía. No en vano, los sistemas de transporte ferroviario ligero se limitan a ciudades de al menos una determinada población: Santa Cruz de Tenerife es la ciudad más pequeña del grupo (más de 210 000 habitantes). En este sentido, se ha incluido una lista de los sistemas

de transporte público ferroviario en las ciudades españolas de más de 200 000 habitantes (Tabla 5), y se marca más o menos una frontera en las ciudades de más de 325 000 habitantes, incluyendo el futuro y poco habitual sistema BTR en Las Palmas (no hay nadie en España por el momento). Surge un segundo escalón, delimitado por 325 y 200 mil: las ciudades de ese grupo pueden tener o no un sistema SML, pero definitivamente no un sistema de metro convencional.

Tabla 6: Existencia de metro y/o SML en las principales ciudades españolas (no se incluyen los municipios que forman parte de una metrópoli ya citada).

Ciudad	Población en miles (Enero st , 2021)	Metro/SML	Notas
Madrid	3,305	Metro y SML	
Barcelona	1,636	Metro y SML	
Valencia	789	Metro y SML	
Sevilla	684	Metro y SML	
Zaragoza	675	SML	
Málaga	577	Metro	
Murcia	460	SML	
Palma	419	Metro	
Las Palmas	378	-	Futuro BTR (EFE, 2022)
Bilbao	346	Metro y SML	
Alicante	337	Tren-tram	
Córdoba	322	-	-
Valladolid	297	-	-
Vigo	293	-	-
Gijón	268	-	Futuro metrotren (Redacción, 2021b)
Vitoria	253	SML	

A Coruña	245	-	-	
Elche	234	-	-	
Granada	231	SML		
Oviedo	217	-	-	
Cartagena	216	-	-	
Jerez de la Frontera	212	-	Futuro tren-tram	(Redacción, 2021c)
Santa Cruz de Tenerife	208	SML		
Pamplona	203	-	-	
Almería	200	-	-	



Ilustración 32: Localización ciudades con metro y/o SML. Fuente: propia.

En el Grupo 1, los datos de Zaragoza sorprenden: los usuarios de esa línea duplican a los de la siguiente SML, Tenerife, mientras que, al mismo tiempo, parámetros como la densidad de la zona de captación o la longitud de la línea no son especialmente destacables. Esto conduce a números altos en aquellos parámetros directamente relacionados con los usuarios (tasa de aceptación, usuarios por

estación, pasajeros por unidad de línea). Una posible razón de este éxito puede deberse a otro hecho destacable de este SML: la distancia media entre estaciones es sensiblemente más corta que el resto. Por tanto, una posible explicación radica en la menor distancia entre estaciones y puntos de origen/destino de los viajes. En este sentido, se puede observar que Murcia es extremo en ambas categorías, por lo que podría existir una relación entre la distancia media entre estaciones y la tasa de aceptación. La Ilustración 6 muestra tal equivalencia mostrando una cierta lógica: incluso Tenerife podría deberse a que la ciudad es una ciudad costera, lo que en la práctica significa que no hay puntos a 500 m de las estaciones.

Esa Ilustración también muestra los valores asociados al Grupo 2. En este caso, podría pensarse que existe una relación inversa entre la distancia entre estaciones y la tasa de aceptación (lo que sería absurdo), pero en realidad, esta relación no hace sentido porque los sistemas comparados no son similares. En comparación con el Grupo I, en el que los SML son el principal sistema de transporte urbano, el Grupo 2 incluye SML muy diferentes que dependen de la importancia del sistema de metro convencional. Barcelona y Madrid cuentan con excelentes redes de metro, que se encuentran entre las principales del mundo; Sevilla es una línea única porque se reduce a un recorrido por el centro turístico de la ciudad; en Valencia y Bilbao son líneas menos importantes que complementan los sistemas de metro de ciudades medias en el contexto europeo. Sin embargo, existe cierta similitud en estas dos últimas ciudades.

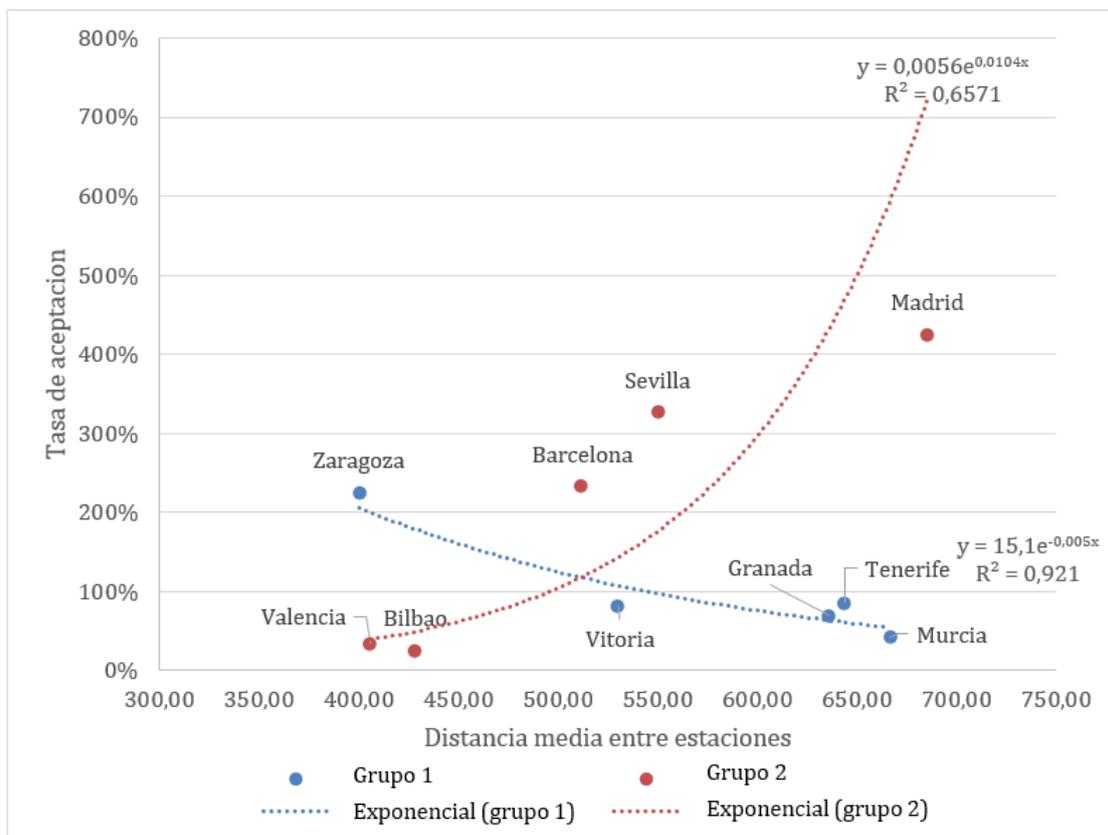


Ilustración 33: Relación entre tasa de aceptación y distancia media entre estaciones para los Grupos 1 y 2.

En cuanto a los SML con estaciones de transferencia, en el Grupo 1 sólo hay dos casos: Tenerife y Vitoria. Ambos tienen sus estaciones de transferencia en el centro de los sistemas. Los esquemas SML del Grupo 2 son complementos del sistema de metro principal. Mientras que en Madrid, Barcelona o Valencia las líneas de SML están mayoritariamente en la periferia, en Sevilla o Bilbao la línea está en el mismo centro o en Barcelona. Por lo tanto, no se puede establecer un patrón claro para las estaciones de transferencia.

Otra tendencia interesante es la continuidad de las áreas de captación totales. Siendo la distancia media entre estaciones inferior a la mencionada distancia de 500 m, las zonas de influencia dibujadas en estaciones consecutivas tienden a cruzarse entre sí. Eso significa que un número relevante de usuarios podría elegir más de una estación para viajar en el SML. Además, surge una segunda pregunta: las ciudades suelen ser compactas, por lo que los sistemas de transporte tienen continuidad y regularidad en la distancia entre estaciones.

En cuanto al esquema de líneas, Murcia vuelve a presentar una forma inusual (Ilustración 5), con dos tramos de la misma línea casi paralelos; hay una distancia de 700 m hasta 1300 m a pie, por lo que muchos viajes potenciales podrían ser más rápidos y eficientes a pie, en lugar de SML. Esta podría ser otra explicación para los valores más bajos de este esquema, en comparación con los demás.

4.1.4. Conclusiones

El resultado principal es el rango de datos obtenido. Estos valores muestran la imagen geométrica de los esquemas SML con respecto a líneas, estaciones y usuarios. Estos datos podrían ser de utilidad en futuros estudios y anteproyectos que se lleven a cabo en otras ciudades españolas interesadas en introducir un SML en su red urbana, y también para la comparación con SML en otros países. Como se ha visto en el apartado de revisión bibliográfica, algunos sistemas SML previstos en diferentes ciudades españolas fueron finalmente cancelados por las dudas sobre el éxito final de la infraestructura. Además, las cuestiones relativas a las distancias de acceso a y desde las estaciones, las penalizaciones de transbordo o los proyectos sobredimensionados (y por tanto económicamente inviables) se han fijado como los principales problemas relacionados con los proyectos fallidos. En el análisis, se han expuesto claras diferencias entre el éxito del SML de Zaragoza y Murcia, y han surgido variaciones en los valores geométricos. Además, los resultados también han demostrado las diferencias entre ciudades con SML como principal sistema de transporte y ciudades cuyo esquema de SML complementa la red de metro: los resultados de los datos son diferentes en estas dos circunstancias, y también las estaciones de transferencia funcionan de manera diferente. Finalmente, la investigación ha establecido un método y un grupo de parámetros para definir los SML.

Las limitaciones de este estudio a mencionar son, en primer lugar, las asociadas al tamaño de la muestra que no es muy grande. Una muestra más grande podría reforzar nuestras conclusiones. Al mismo tiempo, otros estudios sobre SML mencionados al principio de este artículo, se limitan a dos (Whitney & O'Mahony, 1999b), tres (Olesen, 2014b) y cinco casos (Vitosoglu et al., 2014), por lo que en realidad este estudio es bastante completo en comparación con otros. También sería interesante estudiar la relación de los SML con otras redes de transporte, como los trenes de cercanías o los autobuses urbanos y metropolitanos, o los aparcamientos de paseos.

El trabajo futuro podría ir en tres direcciones. En primer lugar, podrían estudiarse otros parámetros técnicos, como los asociados a la calidad del servicio. En este grupo, estaciones (techadas o no, plazas, información real del tráfico), velocidad comercial, distancia del SML a puntos de interés de la ciudad, horarios y frecuencias, número de plazas por vehículo, etc. Segundo, comparativo Se podrían realizar estudios con SML en otros países para evaluar cualquier similitud o diferencia. Por ejemplo, comparamos los resultados de nuestro estudio con el del SML turco realizado hace varios años (Vitosoglu et al., 2014), que tenía algunos parámetros en común con el nuestro (Tabla 6). Así, en Turquía, los usuarios del servicio diario del sistema más pequeño (Samsun) superan los 20.000, frente a los 5000, 7000 o 9000 de algunos sistemas en España. Los usuarios por estación variaban en Turquía de 995 a 5700, mientras que solo en Barcelona, Sevilla, Tenerife y Zaragoza superaban los 995. Las estaciones de Turquía estaban algo más separadas que en España (aunque no mucho), y el ratio de usuarios por línea unitaria varió entre 0,75 y 5,09 en Turquía, frente al rango de 0,10 a 2,20 en España, donde sólo los sistemas de Barcelona, Sevilla, Tenerife y Zaragoza superan esos mínimos de 0,75. Aparentemente, por tanto, los sistemas turcos tienen más éxito en la captación de pasajeros, aunque falta un punto básico para poder comparar estos parámetros con más seguridad es la densidad de población en las zonas de captura de los sistemas. En tercer y último lugar, una investigación sobre la influencia de un nuevo SML en las cifras de turismo (como se ha explicado anteriormente, SML cultiva una imagen de ciudad dinámica y moderna), en el mercado laboral, en la generación de nuevos negocios o incluso en la expansión de nuevos barrios residenciales podría cuantificarse. Por eso, nuevamente, los SIG y los datos sobre estos temas parecen ser la herramienta adecuada para desarrollar un método.

Tabla 7: Datos de Turquía, basados en (Vitosoglu et al., 2014).

	Ankara	Bursa	Adana	Kayseri	Samsun
Usuarios anuales del servicio (millones pax)	35,59	63,87	24,84	14,60	11,71
Longitud de las líneas (km)	8,70	30,50	17,40	14,20	15,70
Número de estaciones (ud)	11,00	31,00	28,00	13,00	21,00

Usuarios diarios (pax)	63 553,57	114 053,57	44 357,14	26 071,43	20 910,71
Usuarios por estación (pax)	5777,60	3679,15	1584,18	2005,49	995,75
Distancia media entre estaciones (m)	538-994	600-800	800-1 000	400-800	600-800
Pasajeros por unidad de línea	4,09	2,09	1,43	1,03	0,75

4.2. Impacto de la COVID-19 en los hábitos de transporte urbano en la ciudad de Gijón (2021).

4.2.1. Introducción

A principios de 2020 comenzó a extenderse por la ciudad de Wuhan, en China, el virus posteriormente conocido como SARS-CoV-2. El 11 de marzo de 2020 la OMS determina que la situación de la enfermedad COVID-19 producida por el citado SARS-CoV-2 es de pandemia. Días después, y en sintonía con lo ocurrido en otros países de su entorno, el 14 de marzo, el Gobierno español decretó la entrada en vigor del estado de alarma y un confinamiento en los hogares hasta el 20 de junio.

Los efectos de esta pandemia, así como los confinamientos han provocado cambios sustanciales en los hábitos de millones de personas en todos los órdenes de la vida; entre otros, hay indicios de que las preferencias por el empleo de los distintos modos de transporte se han visto profundamente afectadas. Esta relación no es exclusiva de la COVID-19, pues tras un análisis pormenorizado de la literatura existente, (Muley et al., 2020) encontraron una fuerte relación entre la aparición de enfermedades contagiosas y una serie de cambios significativos en el sector del transporte, evidenciado a lo largo de las pandemias del siglo 21 previas a la COVID-19: SARS (2003), Gripe A (2009) y MERS (2012). No obstante, en el último año el interés por conocer el efecto producido por la COVID-19 en los hábitos de movilidad ha generado una enorme cantidad de información. Así lo destacan encuestas e indicadores como los informes de tendencias de movilidad de Apple (Maps, 2020); también la app Nextdoor apunta a que en ciudades como Madrid y Barcelona más de la mitad de los habitantes han cambiado sus costumbres a la hora de trasladarse de un lugar a otro («El coronavirus modifica los hábitos de

movilidad del 48,5% de los residentes en las principales ciudades españolas», 2020), y lo mismo señalan otros servicios como la plataforma Moovit (*Moovit. Impact of Coronavirus (COVID-19) on Public Transit Usage*, 2020). Asimismo, con gran inmediatez comenzaron a publicarse en revistas científicas un relevante número de investigaciones que analizaban el efecto de la pandemia en los hábitos del transporte en diversos países (Carteni et al., 2020; Gunthe & Patra, 2020; Linka et al., 2020; Orro et al., 2020; Tian et al., 2021), o de bases de datos enfocadas al estudio futuro de la movilidad durante la pandemia (Barbieri et al., 2020).

Los métodos para evaluar estos cambios han sido diversos. Así, (Aloi et al., 2020) Recopiló datos de contadores de tráfico, sistemas de transporte público ITS y grabaciones de cámaras de control de tráfico y sensores ambientales para evaluar el efecto en Santander (España); (Bucsky, 2020) tomó datos de diferentes fuentes oficiales para medir los cambios producidos en Budapest; Klein et al. (2020) usaron datos de movilidad de la plataforma Cuebiqu; (Brough et al., 2021) combinaron datos de administraciones públicas junto con encuestas propias; (Khaddar & Fatmi, 2021) usaron datos de la 2020 COVID-19 Survey for Assessing Travel Impact (COST); asimismo, (Bartuska & Masek, 2021) analizaron datos de encuestas de tráfico.

Junto a estos métodos, algunos equipos e investigadores individuales han optado por la realización de encuestas propias -no en vano, el método de la encuesta está ampliamente extendido para obtener información relacionada con el transporte (Ampt & Ortúzar, 2004; Ortúzar et al., 2011; Plasencia-Lozano, 2021b)-. La tabla 1 recoge diversos estudios llevados a cabo en diferentes lugares. En general, en todos ellos se observaron fuertes cambios de movilidad urbana en la línea de lo apuntado en el citado estudio de Muley, que señalaba los siguientes efectos en el comportamiento de viaje: una disminución en el número de viajes, en el uso del transporte público y en las distancias recorridas, y un aumento del uso del vehículo privado, de la bicicleta y de los desplazamientos a pie. Todos ellos se realizaron antes del verano de 2020, y analizaban el efecto de la COVID-19 durante el momento más complejo -por lo novedoso- y por tanto más antagónico a la situación prepandémica.

Tabla 8: Diversas investigaciones realizadas mediante encuestas sobre variaciones en los hábitos de movilidad ligados a la COVID-19

Fuente	Lugar	Tamaño de la encuesta	Fechas
(Campisi et al., 2020)	Sicilia (Italy)	431	Marzo 13 - Abril 13, 2020
(Mogaji, 2020)	Lagos (Nigeria)	329	Mayo 18 - Mayo 24, 2020
(Beck & Hensher, 2020)	Australia	1073	Marzo 30 - Abril 15, 2020
(Shamshiripour et al., 2020)	Chicago (USA)	1200	Abril 25 - Junio, 2020
(König & Dreßler, 2021)	Altmarkkreis Salzwedel district (Germany)	117	Abril - Mayo, 2020
(Irawan et al., 2021)	Indonesia	1,062	Marzo - Abril, 2020

A finales de primavera y principios del verano de 2020 se produjo una disminución notable de los contagios, y las autoridades en España llegaron a hablar de la remisión de la pandemia en un contexto bautizado como “nueva normalidad”; el 20 de junio se sugería expresamente “reconquistar la movilidad” y el 4 de julio se animaba a la ciudadanía a “recuperar las calles” (Benito, 2021). Si bien ahora sabemos que esta primera ola vino seguida de varias más, ese momento entre la primera y las subsiguientes olas, que coincide con el verano de 2020, es interesante desde el punto de vista del estudio de los hábitos de movilidad -al menos en España- porque en esas fechas la sociedad (o parte de ella) tomaba decisiones dentro de un contexto de “movilidad reconquistada” y “calles recuperadas”. Por tanto, podría darnos una pista sobre cuáles van a ser los hábitos de movilidad en el citado escenario final, cuando éste acontezca. A tal fin, en esas fechas, durante el verano y principios del otoño de 2020, se realizó un estudio mediante una encuesta online para evaluar el efecto de la pandemia en los hábitos de movilidad de los habitantes de Gijón, una ciudad española de tamaño medio con diferentes opciones en materia de transporte.

4.2.2. Metodología específica

Descripción del caso de estudio

El estudio realizado se centra en la ciudad de Gijón (España), que actualmente cuenta con una población de 271 780 habitantes y una extensión de 181,7 km². Se trata de una ciudad con un amplio sistema de autobuses urbanos que, mediante 16 líneas con diferentes rutas, más 1 especial solo para días lectivos y 5 nocturnas, operan diariamente desde las 06:30 hasta las 00:00 realizando diariamente 80 611 viajes (Ayuntamiento de Gijón, Plan de movilidad urbana municipal sostenible). Asimismo, desde 2019, existe un servicio de car-sharing y moto-sharing que cada vez está más presente en la ciudad, y desde 2018 dispone de un servicio de bicicletas eléctricas Tucycle.

Procedimiento

Con el fin de llevar a cabo el estudio, se ha diseñado una encuesta (Tabla 2) y se ha generado un formulario online que se ha difundido entre la población de Gijón desde el 15 de agosto de 2020 hasta el 5 de noviembre de 2020 (fecha del decreto relativo al estado de alarma que oficialmente determina el inicio de la segunda ola) relacionado con los hábitos de movilidad. Para ello, se ha distribuido el enlace a la encuesta por correo electrónico, redes sociales y mediante carteles con códigos QR vinculados al formulario en varios puntos de la ciudad. El enunciado aclaraba que sólo podían responder aquellos habitantes de la ciudad entre 18 y 99 años que realicen con cierta frecuencia desplazamientos en la ciudad que requieren usar un vehículo. Se ha optado por realizar estadística descriptiva en el tratamiento de datos, si bien en el futuro estos datos podrían ser aprovechados para realizar también un análisis de correlación.

Tabla 9: Preguntas y opciones del formulario online

	Pregunta	Opciones
1	Indica tu edad	Respuesta libre
2	Indica su sexo	Mujer; Hombre

3	Antes de marzo de 2020, ¿qué transporte utilizabas mayoritariamente en tus desplazamientos habituales?	Coche particular. Bicicleta. Moto (propia o de sharing). Patinete. Autobús; Taxi
4	Antes de marzo de 2020, ¿tenías algún tipo de bicicleta, moto o patinete eléctrico?	Sí, bicicleta tradicional. Sí, bicicleta eléctrica. Sí, patinete eléctrico. Sí, moto tradicional. Sí, moto eléctrica. No
5	Después de marzo de 2020, ¿qué transporte utilizas mayoritariamente en tus desplazamientos habituales?	Coche particular. Bicicleta (propia o de sharing). Moto (propia o de sharing). Patinete. Autobús. Taxi
6	Después de marzo de 2020, ¿has adquirido algún tipo de bicicleta o patinete eléctrico?	Sí, bicicleta tradicional. Sí, bicicleta eléctrica. Sí, patinete eléctrico. Sí, moto tradicional. Sí, moto eléctrica. No
7	En relación al servicio de alquiler de bici eléctrica "TuCycle"	Era socio antes de marzo de 2020 y sigo siéndolo. Era socio antes de marzo de 2020 pero ya no lo soy. No era socio antes de marzo de 2020 y sigo sin serlo. No era socio antes de marzo de 2020, pero ahora sí lo soy
8	En relación al servicio de alquiler de moto eléctrica "HiMobility"	Era socio antes de marzo de 2020 y sigo siéndolo. Era socio antes de marzo de 2020 pero ya no lo soy. No era socio antes de marzo de 2020 y sigo sin serlo. No era socio antes de marzo de 2020, pero ahora sí lo soy

Muestra

Tras la difusión de la encuesta, a fecha de 5 de noviembre de 2020, se han contabilizado un total de 630 respuestas, todas ellas válidas. Un 55,6% de las encuestadas son mujeres (350) y un 44,4% hombres (280); estas cifras son similares a la realidad social de Gijón (Tabla 3). En cuanto a los grupos de edad, hay notables diferencias con respecto a la realidad, así, la gente que se encuentra entre 18-25 años están muy representados, lo que significa una sobrerrepresentación con respecto a la población mayor de 65 años.

Tabla 10: Encuestados por sexo y edad, y comparación con población real de Gijón de 18 y más años

Categoría	Muestra		Gijón	
	Frecuencia	Porcentaje		
Sexo	Mujer	350	55,6%	53,5%
	Hombre	280	44,4%	46,5%
Edad	18-25	159	25,2%	7,7%
	26-65	450	71,4%	63,9%
	>65	21	3,4%	28,4%

El margen de error se obtiene aplicando la fórmula:

$$n = \frac{N \cdot z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2 \cdot (N - 1) + z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Los valores por introducir son: tamaño de la población de Gijón mayor de 18 años, $N = 235,075$; tamaño de la muestra $n = 630$; $p = 0,5$. Atendiendo a la distribución normal, se tiene que el valor $z_{\frac{\alpha}{2}} = 1,96$, para un nivel de confianza $(1 - \alpha) = 95 \%$. Con todo ello, el margen de error resultante es $e = \pm 3,9 \%$.

4.2.3. Resultados

Las respuestas obtenidas para la pregunta 3 (tabla 4) muestran que el modo de transporte más utilizado en Gijón antes de la pandemia, excluyendo el tránsito peatonal, era el vehículo particular con más de un 50 % de usuarios. El autobús es utilizado por un 36,8 % de usuarios, y el resto de los modos apenas es utilizado por la población. Si se compara con las respuestas obtenidas en la pregunta 5 (tabla 5), se puede observar cómo aumentan notablemente los usuarios de coche particular (14,1 puntos) y los de bicicleta (3,8 puntos), mientras que disminuyen los usuarios del autobús (19,5 puntos). El resto de los vehículos aumentan ligeramente.

Por género, es destacable la desigual evolución de los datos: antes de marzo 2020 las mujeres usaban menos el coche particular que los hombres, pues incluso

utilizaban de forma similar el autobús; sin embargo, tras la primera ola de la pandemia, alcanzan un uso del coche privado prácticamente similar al de los hombres. A su vez, los hombres han optado de forma más acusada que las mujeres por los vehículos particulares alternativos: el conjunto *bicicleta + moto + patinete* pasa en los hombres de un 12,1 % a un 17,5 %, mientras que en las mujeres pasa de un 2,3 % a un 5,5 %. Si se comparan los diferentes rangos de edades, se observa como el coche particular aumenta notablemente entre el grupo 18-25, concretamente un 36,1 % y un 7,6 % en el rango de 26-65, para mayores de 65 se mantiene igual, este ascenso se debe a la bajada del uso del autobús, en el grupo de 18 a 25 este descenso es del 44,2%, mientras que para el grupo de 26-65 es del 12,1%, el grupo de mayores de 65 el descenso es del 5,1%.

Tabla 11: Pregunta 3. Antes de marzo de 2020, ¿Qué transporte utilizabas mayoritariamente en tus desplazamientos habituales?

		Coche particular	Bicicleta	Moto (propia o de sharing)	Patinete	Autobús	Taxi	Total
Mujeres	Respuestas	171	4	2	2	171	0	350
	Porcentaje	48,9%	1,1%	0,6%	0,6%	48,9%	0,0%	100,0%
Hombres	Respuestas	183	14	17	3	61	2	280
	Porcentaje	65,4%	5,0%	6,1%	1,1%	21,8%	0,7%	100,0%
18-25	Respuestas	34	3	1	0	117	0	155
	Porcentaje	21,9%	1,9%	0,6%	0,0%	75,5%	0,0%	100,0%
26-65	Respuestas	303	15	18	5	111	2	454
	Porcentaje	66,7%	3,3%	4,0%	1,1%	24,4%	0,4%	100,0%
>65	Respuestas	17	0	0	0	4	0	21
	Porcentaje	81,0%	0,0%	0,0%	0,0%	19,0%	0,0%	100,0%
Total	Respuestas	354	18	19	5	232	2	630
	Respuestas	56,2%	2,9%	3,0%	0,8%	36,8%	0,3%	100,0%

Tabla 12: Pregunta 5. Después de marzo de 2020, ¿Qué transporte utilizas mayoritariamente en tus desplazamientos habituales?

		Coche particular	Bicicleta	Moto (propia o de sharing)	Patinete	Autobús	Taxi	Total
Mujeres	Respuestas	244	16	2	1	80	7	350
	Porcentaje	69,7%	4,6%	0,6%	0,3%	22,9%	2,0%	100,0%
Hombres	Respuestas	199	26	19	4	29	3	280
	Porcentaje	71,1%	9,3%	6,8%	1,4%	10,4%	1,1%	100,0%
18-25	Respuestas	92	11	1	2	50	3	159
	Porcentaje	57,9%	6,9%	0,6%	1,3%	31,4%	1,9%	100,0%
26-65	Respuestas	334	31	20	3	56	6	450
	Porcentaje	74,2%	6,9%	4,4%	0,7%	12,4%	1,3%	100,0%
>65	Respuestas	17	0	0	0	3	1	21
	Porcentaje	81,0%	0,0%	0,0%	0,0%	14,3%	4,8%	100,0%
Total	Respuestas	443	42	21	5	109	10	630
	Porcentaje	70,3%	6,7%	3,3%	0,8%	17,3%	1,6%	100,0%

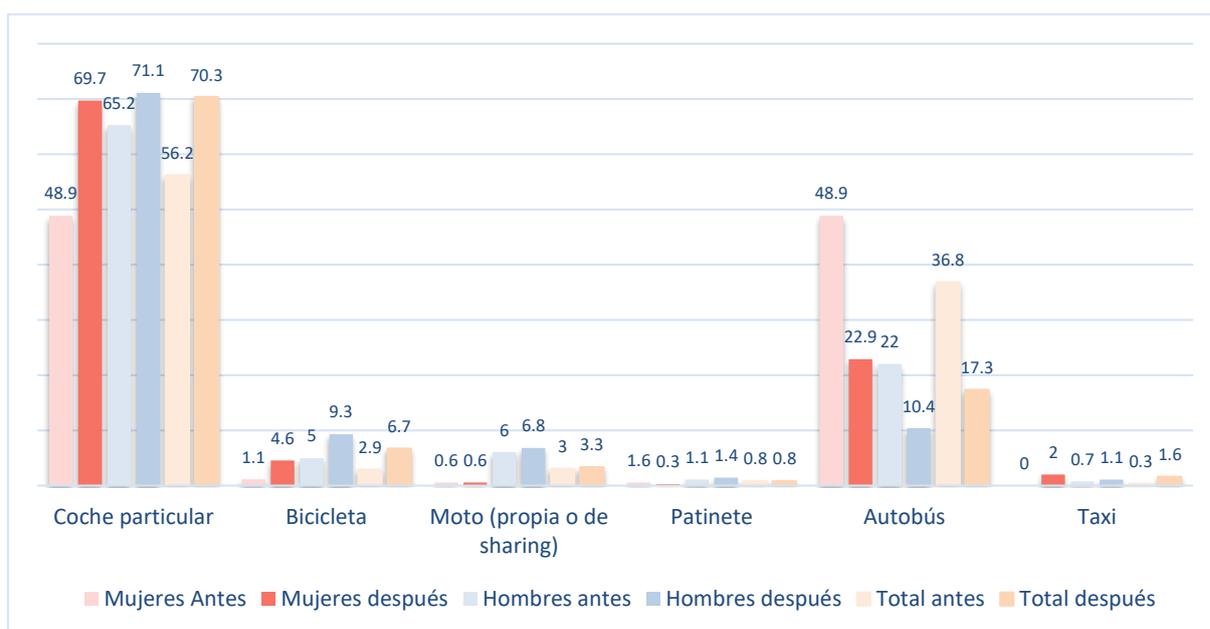


Ilustración 34: Comparación, en porcentaje, de los modos de transporte empleados antes y después de marzo de 2020 segregados por género.

La pregunta 4 y 6 hacían referencia a la evolución del parque de vehículos particulares de movilidad diferentes a los coches. Antes de marzo de 2020, más de un 42 % de la población tenía en propiedad algún tipo de vehículo de los siguientes tipos: bicicleta eléctrica o tradicional, moto eléctrica o tradicional, o patinete eléctrico. Después de marzo de 2020, un 6,3 % de la población afirmaba haber adquirido un vehículo de este tipo. Si hacemos el análisis por género, vemos que antes de la pandemia un mayor porcentaje de hombres que de mujeres tenían vehículos de este tipo (un 57 % frente a un 30 %); tras la pandemia, el porcentaje de hombres que adquieren estos vehículos es mayor que el de las mujeres (un 8,9 % frente a un 4,3 %). Si analizamos estos datos según los rangos de edades, vemos como para el grupo de los jóvenes (18-25) más de un 44% disponía de algún tipo de vehículo de los anteriormente mencionados, algo similar ocurre con el grupo de 26-65 (42%), sin embargo, para el grupo de mayores de 65 tan solo un 18% dispone de este tipo de vehículos. Después de marzo de 2020 se puede observar que, para todos los grupos, más del 93% no ha adquirido ningún tipo de vehículo anteriormente mencionado.

Tabla 13: Pregunta 4. Antes de marzo de 2020, ¿Tenías algún tipo de bicicleta, moto o patinete eléctrico?

		Sí, bicicleta tradicional	Sí, bicicleta eléctrica	Sí, patinete eléctrico	Sí, moto tradicional	Sí, moto eléctrica	No	Total
Mujeres	Respuestas	88	3	3	12	1	249	356
	Porcentaje	24,7%	0,8%	0,8%	3,4%	0,3%	69,9%	100,0%
Hombres	Respuestas	126	5	11	25	0	126	293
	Porcentaje	43,0%	1,7%	3,8%	8,5%	0,0%	43,0%	100,0%
18-25	Respuestas	62	0	6	3	0	89	160
	Porcentaje	38,8%	0,0%	3,8%	1,9%	0,0%	55,6%	100,0%
26-65	Respuestas	149	8	8	34	1	268	468
	Porcentaje	31,8%	1,7%	1,7%	7,3%	0,2%	57,3%	100,0%
>65	Respuestas	3	0	0	1	0	18	22

	Porcentaje	13,6%	0,0%	0,0%	4,5%	0,0%	81,8%	100,0%
Total	Respuestas	214	8	14	37	1	375	649
	Porcentaje	33,0%	1,2%	2,2%	5,7%	0,2%	57,8%	100,0%

Tabla 14: Pregunta 6. Después de marzo de 2020, ¿Has adquirido algún tipo de bicicleta, moto o patinete eléctrico?

		Sí, bicicleta tradicional	Sí, bicicleta eléctrica	Sí, patinete eléctrico	Sí, moto tradicional	Sí, moto eléctrica	No	Total
Mujeres	Respuestas	11	1	2	1	0	335	350
	Porcentaje	3,1%	0,3%	0,6%	0,3%	0,0%	95,7%	100,0%
Hombres	Respuestas	17	2	1	5	0	256	281
	Porcentaje	6,0%	0,7%	0,4%	1,8%	0,0%	91,1%	100,0%
18-25	Respuestas	6	1	1	2	0	150	160
	Porcentaje	3,8%	0,6%	0,6%	1,3%	0,0%	93,8%	100,0%
26-65	Respuestas	23	2	2	5	0	420	452
	Porcentaje	5,1%	0,4%	0,4%	1,1%	0,0%	92,9%	100,0%
>65	Respuestas	0	0	0	0	0	21	21
	Porcentaje	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
Total	Respuestas	28	3	3	6	0	591	631
	Porcentaje	4,4%	0,5%	0,5%	1,0%	0,0%	93,7%	100,0%

Las preguntas 7 y 8 consultaban acerca de los servicios de alquiler de bici y moto eléctricas. En el caso de la bici eléctrica, la situación de altas y bajas provoca que el número total de socios no haya variado. En cuanto a la moto eléctrica, se pasa de un 2,1 % de la población antes de la pandemia a un 3,6 %, produciéndose así un incremento relativo de un 71 %. Si nos centramos en analizar los grupos de edad, vemos como en el grupo de los jóvenes hay una baja del 0.6%, mientras que para el grupo de 26-65 se ve incrementada un 0.4%.

Tabla 15: Pregunta 7. En relación al servicio de alquiler de bici eléctrica "Tucycle".

		Era socio y sigo siéndolo	Era socio, pero ya no	No era socio y sigo sin serlo	No era socio y ahora si	Total
Mujeres	Respuestas	6	2	339	3	350
	Porcentaje	1,7%	0,6%	96,9%	0,9%	100,0%
Hombres	Respuestas	12	6	257	5	280
	Porcentaje	4,3%	2,1%	91,8%	1,8%	100,0%
18-25	Respuestas	1	4	151	3	159
	Porcentaje	0,6%	2,5%	95,0%	1,9%	100,0%
26-65	Respuestas	17	4	424	5	450
	Porcentaje	3,8%	0,9%	94,2%	1,1%	100,0%
>65	Respuestas	0	0	21	0	21
	Porcentaje	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
Total	Respuestas	18	8	596	8	630
	Porcentaje	2,9%	1,3%	94,6%	1,3%	100,0%

Tabla 16: Pregunta 8. En relación al servicio de alquiler de moto eléctrica “HiMobility”.

		Era socio y sigo siéndolo	Era socio, pero ya no	No era socio y sigo sin serlo	No era socio y ahora si	Total
Mujeres	Respuestas	2	1	343	4	350
	Porcentaje	0,6%	0,3%	98,0%	1,1%	100,0%
Hombres	Respuestas	11	3	257	9	280
	Porcentaje	3,9%	1,1%	91,8%	3,2%	100,0%
18-25	Respuestas	1	1	155	1	158
	Porcentaje	0,6%	0,6%	98,1%	0,6%	100,0%
26-65	Respuestas	12	3	424	12	451
	Porcentaje	2,7%	0,7%	94,0%	2,7%	100,0%
>65	Respuestas	0	0	21	0	21
	Porcentaje	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
Total	Respuestas	13	4	600	13	630
	Porcentaje	2,1%	0,6%	95,2%	2,1%	100,0%

4.2.4. Conclusiones.

La principal conclusión de las respuestas obtenidas en la encuesta es que, aunque la mayoría de los usuarios ya empleaban el vehículo privado como modo de transporte habitual antes del inicio de la pandemia, se ha producido un gran aumento de su uso, tanto en hombres como en mujeres, en un porcentaje mayor que el margen de error citado (en total, de un 56 % a un 70 %); en paralelo, el aumento se ha producido a costa del autobús, cuyo uso ha disminuido de forma drástica (en total, de un 36 % a un 17 %). En el resto de los modos de transporte no se observan variaciones significativas (mayores al margen de error).

Además, se observa que los encuestados tampoco han optado por adquirir algún tipo de vehículo de entre los siguientes: bicicleta eléctrica o tradicional, moto eléctrica o tradicional, o patinete eléctrico; ya que solo el 6,3 % afirma haber adquirido alguno tras el inicio de la pandemia, de los que un 4,4 % pertenece a la bicicleta tradicional. Tampoco se produce un aumento del uso de los servicios de sharing, en los que tan solo un 1,3 % afirma haberse hecho socio del servicio de alquiler de bicicletas de la ciudad, y un 2,1 % del servicio de alquiler de motos.

Por otro lado, tanto antes de la pandemia como después, el factor sexo del usuario es relevante, observándose un mayor uso del autobús por parte de las mujeres, y un mayor uso del coche particular y de las opciones bicicleta y moto en el caso de los hombres; este efecto ha sido ampliamente analizado en la literatura científica (Figueroa Martínez & Waintrub Santibáñez, 2015; Law, 1999) e incluso se ha relacionado con ciudades de clima suave (Williams & Larson, 1996) como es el caso de Gijón. En la ciudad, además, el efecto género podría tener relación con los sectores de empleo femeninos. Así, antes de la pandemia, en España la mayoría de las mujeres ocupadas trabajaban en los sectores de comercio, sanidad, educación y hostelería (INE, 2019). Estos establecimientos generalmente se encuentran en núcleos urbanos o zonas con buena accesibilidad mediante autobús, lo que puede hacer que sus trabajadores opten por el uso habitual del transporte público.

El origen del aumento de la movilidad en vehículo privado puede encontrarse en el miedo al contagio en los transportes públicos debido a un contacto prolongado con otros usuarios, especialmente en las horas punta, así como a eventuales pérdidas de nivel de servicio de estos. Los usuarios optan por el transporte en vehículo privado antes que emplear un vehículo de movilidad personal o un servicio de sharing, lo que indica que la falta de seguridad de estos vehículos, el precio o el clima de la ciudad, pueden ser los causantes de este déficit de usuarios.

Los resultados de la investigación están en línea con lo apuntado por las investigaciones citadas en la introducción, que se realizaron en un momento previo al del presente estudio. En cuanto a los informes de movilidad de Apple o la app Nextdoor demostraban que en ciudades como Madrid y Barcelona más de la mitad de los habitantes habían modificado sus hábitos de movilidad. En Gijón también se observa un cambio en el modo de transporte de los usuarios, aunque no tan drástico como en Madrid o Barcelona, que son ciudades de mayor tamaño, con más tráfico y con más opciones de transporte público. En este caso, la mitad de los encuestados ya hacían uso habitual del vehículo privado, por lo que no han

modificado sus hábitos; en cambio, un 36 % de los usuarios se desplazaba en autobús habitualmente antes de la pandemia, reduciéndose ese valor al 17 % tras marzo de 2020.

Como limitaciones del estudio, podemos citar algunas cuestiones. En este caso, el principal problema de la metodología empleada es la limitación a la hora de generar las preguntas de la encuesta, ya que no puede plantearse un formulario muy largo que produzca desinterés en los usuarios a la hora de contestar. Esto puede llevar a prescindir de algunas preguntas interesantes como, por ejemplo, cuestiones relacionadas con los usuarios que compartían vehículo antes y después de la pandemia o con el destino habitual de los encuestados, ya que su modo de transporte habitual variará en función de que su lugar de estudio o trabajo esté en el centro de la ciudad, a las afueras o incluso en otra ciudad de la región. Además, la representatividad de la muestra no era idónea en términos de edad, y puede afectar a los resultados relativos al grupo de 18-25 años.

Uno de los resultados que se podía esperar era un gran aumento en el número de usuarios que, tras la pandemia, hacía uso de la bicicleta como modo de transporte habitual, debido a la presencia de carril bici en la ciudad. Este valor sí que ha aumentado, pasando de ser un 2,9 % a ser un 6,7 %, aunque quizá esta diferencia no sea tan amplia como podría esperarse: la falta de conectividad entre los diferentes carriles bici de la ciudad, puede ser la causante de que muchos usuarios no lo vean como una opción segura a la hora de desplazarse habitualmente. De hecho, está tramitándose en la actualidad un Plan de Movilidad en la ciudad que sí aspira a resolver los problemas de continuidad de la red existente (Grande, 2020), y también se ha aprobado en marzo de 2021 una Ordenanza de Movilidad que promociona la movilidad activa frente a la del vehículo privado (Ayuntamiento de Gijón, 2021).

En vista a futuros estudios sobre la movilidad tras el inicio de la pandemia podrían tenerse en cuenta otros factores para, por ejemplo, saber si las personas que compartían coche habitualmente en sus viajes lo siguen haciendo o si, por el contrario, muchos usuarios del transporte público han pasado a compartir vehículo; estudiar si hay alguna diferencia entre la movilidad en las diferentes olas de la pandemia, ya que en este caso solo se ha valorado el momento temporal tras la primera de ellas; o incluir la movilidad peatonal en el estudio para cuantificar su aumento. Puede, además, tener sentido realizar una segunda oleada un año después, o en años sucesivos; asimismo, los resultados también podrían

combinarse con los cambios producidos en el mercado laboral (un aumento del teletrabajo) o los escenarios en materia de desempleo que se vayan produciendo.

La investigación ha analizado el efecto causado por la aparición de la pandemia asociada a la COVID-19 en los hábitos de movilidad de la ciudad española de Gijón, con 270.000 habitantes, donde actualmente existe un amplio sistema de autobuses urbanos, y servicios de car-sharing, moto-sharing y bike-sharing. Para ello se llevó a cabo una encuesta entre agosto de 2020 y primeros de noviembre de 2020. Consideramos que gran parte del valor de este estudio reside en que recoge la foto fija de un instante determinado: ese momento en el que hubo un cierto regreso a la normalidad con el propósito de evaluar los cambios producidos entre la situación previa a la pandemia y la situación en el verano de 2020, tras la primera ola.

La encuesta incluía 8 preguntas y se centraba en conocer la variación en cuanto al tipo de transporte utilizado mayoritariamente en los desplazamientos habituales, en cuanto a la posible adquisición de vehículos de movilidad personales, y en cuanto a las altas y bajas de los servicios de bike-sharing y moto-sharing. La investigación es pionera en cuanto al estudio de los hábitos de movilidad relacionados con la pandemia en Gijón, y los resultados se han analizado atendiendo a la estadística descriptiva.

La principal conclusión es un gran aumento del uso habitual de este vehículo privado, tanto en hombres como en mujeres, y en una disminución del uso del autobús. En el resto de los modos de transporte no se observan variaciones significativas. En cuanto a los vehículos de movilidad personal que los encuestados tenían en propiedad, se ha observado un repunte de adquisiciones tras la primera ola de la pandemia. Finalmente, en relación a los vehículos compartidos, las ligeras variaciones sólo permiten deducir que tampoco ha habido variaciones notables.

En el estudio se ha puesto de manifiesto el factor género en lo concerniente a la movilidad. Tanto antes de la pandemia como después, se ha observado un mayor uso del autobús por parte de las mujeres, y un mayor uso del coche particular y de las opciones bicicleta y moto en el caso de los hombres. En cuanto a los vehículos en posesión, antes de la pandemia un mayor porcentaje de hombres que de mujeres tenían vehículos de movilidad personal; tras la pandemia, el porcentaje de hombres que adquieren estos vehículos también es mayor que el de las mujeres (un 8,9 % frente a un 4,3 %). En cuanto al factor edad, se ha notado un mayor porcentaje de

trasvase del transporte público al vehículo particular en los jóvenes (18-25 años) que en los ciudadanos de mediana edad (26-65 años); el grupo de mayores de 65 años no han cambiado de hábitos, ya que generalmente la mayoría ya hacía uso del vehículo privado en sus desplazamientos habituales antes de la pandemia. Del mismo modo, en relación a la posesión de VMP, observamos un cambio generacional acusado entre los habitantes de hasta 65 años frente a los mayores de 65, pues más de un 42 % de los primeros tenían un VMP antes de la pandemia frente al 18% de los segundos.

Como principales limitaciones del estudio debemos apuntar la infrarrepresentación de los jóvenes de entre 18-25 años, junto con la brevedad de la encuesta, pues se optó por no entrar en detalles para conseguir un cuestionario rápido de responder.

Finalmente, se considera que este estudio (tanto el modo de recabar datos como la brevedad de la encuesta) puede servir como modelo para analizar futuras modificaciones en los hábitos de movilidad, pues el número de respuestas obtenidas ha sido representativo (excepción hecha de la infrarrepresentación de los jóvenes), y se han obtenido interesantes conclusiones en relación con los objetivos marcados. Queda abierta la posibilidad de realizar sucesivas encuestas en la misma ciudad, a fin de obtener un conjunto de datos que permita analizar la evolución temporal de los hábitos de movilidad urbanos en Gijón.

4.3. Evaluación basada en SIG de los sistemas de motos compartidas en España (2021)

4.3.1. Introducción

La creciente preocupación por la contaminación en las grandes ciudades y la tendencia actual de reurbanización urbana que promueve más espacios peatonales (Cervero & Kockelman, 1997b; Madanipour, 2019; Plasencia-Lozano, 2014) están generando políticas dirigidas a reducir la presencia de vehículos privados en las calles del centro de la ciudad, especialmente los vehículos contaminantes (R. L. Mackett, 2001; Tomassetti et al., 2020). En ocasiones, se reduce el número de carriles en las calles principales, lo que provoca un aumento en el nivel de servicio y, por lo tanto, un aumento en el tiempo de viaje. También se reducen los espacios de estacionamiento o se limita su disponibilidad a vehículos híbridos o eléctricos, que se utilizan menos en la actualidad (Szarata et al., 2017; Yan et al., 2019). Esta realidad se puede observar en varios países (Fitzgerald, 2020; Hooi & Pojani, 2020; Mandeli, 2019; Mozos-Blanco et al., 2018).

Al mismo tiempo, en la última década, la sociedad ha experimentado una transformación profunda debido al aumento de los teléfonos inteligentes y las aplicaciones. Todo esto ha llevado a la idea de movilidad a través de alquileres por minuto, conocida como compartición, en la cual la facilidad ofrecida está respaldada por dispositivos móviles para la geolocalización, el pago inmediato, etc. Así, han surgido empresas que ofrecen a los usuarios el alquiler por minuto en ciudades principales de vehículos eléctricos como automóviles (carsharing) (Derikx & van Lierop, 2021; Guirao et al., 2018), bicicletas (bikesharing) (Barberan & Monzon, 2016; Shaheen et al., 2012) o scooters (Fitt & Curl, 2020; Hardt & Bogenberger, 2019).

Una de estas opciones es conocida como motosharing (término común en español para describir el uso compartido de ciclomotores eléctricos), disponible ahora en ciudades de varios países, incluidas también ciudades españolas (Aguilera-García et al., 2020). El operador distribuye un número determinado de ciclomotores eléctricos dentro de un área para una tarifa de alquiler por tiempo (generalmente por minuto), que incluye el derecho al equipo de seguridad necesario y un seguro de accidentes. Esto se realiza mediante la descarga de la aplicación de la empresa y la búsqueda del vehículo más cercano. Todas las empresas tienen tres modos diferentes:

1. Alquiler, que hace que la motoneta eléctrica aparezca como disponible en el mapa de la aplicación y muestra la batería y la autonomía del vehículo.
2. Viaje, que se activa cuando el usuario comienza a utilizarlo y finaliza cuando termina; en general, el usuario paga una tarifa por el uso de una motoneta eléctrica que puede alcanzar velocidades de 50 km/h, y algunas empresas ofrecen ciclomotores eléctricos que alcanzan velocidades de hasta 80 o 100 km/h. En este caso, el usuario puede decidir alcanzar esas velocidades, pero debe pagar una tarifa más alta.
3. Repetir, tarifa reducida que el usuario puede activar después de haber estacionado el vehículo para reservarlo para un uso posterior.

Cada empresa opera en una zona determinada y el inicio y final del viaje deben estar dentro de esa zona, aunque pueden estar fuera de ella siempre que la batería y la autonomía permitan que el vehículo regrese a ella. La empresa que ofrece el servicio también es responsable de recargar el vehículo y asegurarse de que todos los vehículos estén en buen estado.

El objetivo de este estudio fue analizar los servicios actuales de motosharing en España mediante la definición y determinación de una serie de parámetros que ayuden a caracterizar el servicio utilizando el software libre QGIS para obtener datos. Por lo tanto, sus conclusiones sirven para establecer las principales características que definen los sistemas de motosharing en esta área geográfica, y son el punto de partida para evaluar posibles investigaciones futuras que puedan compararla con la situación en otros lugares. Estas conclusiones también pueden ser de interés para las propias empresas del sector y para las ciudades que estén considerando la introducción de estos servicios.

4.3.2. Metodología específica

La metodología desarrollada se basa en encontrar parámetros que caractericen los servicios de motosharing mediante el uso de dos tipos de datos: aquellos relacionados con el servicio ofrecido por las empresas y aquellos relacionados con el área donde la empresa ofrece el servicio (área cubierta, densidad de población, etc.). El método se lleva a cabo en siete pasos (Ilustración 1).

1. Definición de muestra		Ciudades con ciclomotores, empresas de cada ciudad
2. Definición de parámetros		Número de empresas; precios, velocidad, área de servicio
3. Caracterización de la muestra	Empresas	Informes anuales, noticias en las webs, llamadas, correos electrónicos
	Ciudades	Censo de 2020, sitios web del Ayuntamiento, expansión urbana
4. Trabajo de laboratorio		Procesamiento de datos con QGIS
5. Resultados basados en parámetros		Ciclomotores/km ² ; ciclomotores/100.000 hab
6. Análisis de resultados		
7. Conclusiones		

Ilustración 35: Descripción del método.

En primer lugar, se definió la muestra (ciudades españolas con servicio de motosharing). Para encontrarlas, se buscaron noticias en periódicos locales sobre el inicio de este servicio, el aumento de la flota en la ciudad y otros datos publicados. También se incluyeron datos proporcionados por el Observatorio de Movilidad Metropolitana de España.

Después de encontrar las ciudades y el número de empresas con permisos para operar en cada una, se definieron los datos que se deben conocer sobre ellas para poder llegar a las conclusiones deseadas. Se eligieron los siguientes: número de empresas, año de inicio del motosharing, rango de precios del servicio en cada ciudad, velocidad máxima de los ciclomotores eléctricos, vehículos disponibles, área de la zona cubierta para iniciar y finalizar el viaje, censo de población en la zona, área total de expansión urbana. Así, también se pueden determinar los siguientes parámetros: número de ciclomotores eléctricos por cada 100,000 habitantes, número de ciclomotores eléctricos por km² y porcentaje del área total ocupada por la expansión urbana de la zona ofrecida para iniciar y finalizar el viaje.

Una vez establecidos los parámetros, se caracterizó la muestra. Una parte consistió en la caracterización de las empresas, para lo cual se encontraron sus páginas web y la sección de noticias en algunas de ellas mostraba datos de interés sobre el crecimiento de la empresa a lo largo de los años (año de inicio en cada ciudad, crecimiento de la flota, etc.); algunos datos no estaban disponibles en internet y fue necesario contactar a las empresas o buscar sus informes anuales. La otra parte consistió en la caracterización de la zona disponible para iniciar y finalizar el viaje. Utilizando el software QGIS, se encontraron el área y la población (datos del censo de 2020) para cada una de ellas. Por último, se analizaron los resultados y se llegó a conclusiones.

4.3.3. Resultados

Ciudades con motosharing. Características del servicio

Diez ciudades en España ofrecen servicio de motosharing: A Coruña, Gijón, Barcelona, Zaragoza, Córdoba, Valencia, Sevilla, Cádiz, Málaga y Madrid (Tabla 1). Los servicios de motosharing se establecieron durante un tiempo en otras ciudades, pero se discontinuaron por no ser rentables y sus vehículos se utilizaron para reforzar las flotas en otras ciudades o para iniciar un servicio donde aún no lo había. Murcia, Alicante, Granada y Palma de Mallorca se encuentran en este grupo. Otras ciudades tienen un servicio de motosharing estacional, como Gandía, donde una flota de 200 ciclomotores eléctricos se despliega en la ciudad cada verano.

Las características y condiciones del servicio varían según la empresa que lo proporciona. Algunas ciudades (Barcelona, Madrid) han tenido un servicio de motosharing satisfactorio durante años, lo que hace que el número de empresas que operan en ellas sea mayor que el promedio español. Otro ejemplo es Valencia, donde el servicio comenzó hace solo cuatro años, pero su popularidad ha hecho que el número de empresas que operan en ella crezca rápidamente. Otras ciudades, como A Coruña y Gijón, han comenzado recientemente el servicio y actualmente solo hay una empresa operando en ellas.

Ciudad	Número de compañías	Primer año de funcionamiento	Rango de precio [€/min]	Máxima velocidad ofertada [km/h]	Compañías
Barcelona	5	2013	0,24 - 0,26	80	eCooltra; Yego; Movo; Acciona; Seat MÓ
Madrid	3	2013	0,24 - 0,26	100	eCooltra; Movo; Acciona
Sevilla	3	2017	0,26 - 0,27	80	Acciona; Moving; Yego

Málaga	2	2017	0,25 0,26	- 80	Acciona; Yego
Cádiz	1	2017	0,27	50	Muving
Valencia	4	2017	0,25 0,27	- 80	eCooltra; Muving; Yego; Acciona
Zaragoza	2	2017	0,26 0,27	- 80	Acciona; Muving
Córdoba	1	2017	0,27	70	Muving
Gijón	1	2019	0,29	50	HiMobility
A Coruña	1	2019	0,24	50	Motiños
Promedio	2	2016	0,26	72	

Tabla 17: Número de empresas, año de inicio, precios y velocidad en cada ciudad.

Tarifas, velocidad

La ciudad de Gijón tiene la tarifa más alta entre las ciudades mencionadas, con una sola empresa que ofrece el servicio por 0,29 € por minuto. En las ciudades con varias empresas, los precios no superan los 0,27 € por minuto. A Coruña se destaca como la excepción, con una sola empresa que opera a una tarifa de 0,24 € por minuto, la más baja del país. Sin embargo, todas las ciudades tienen tarifas más bajas para los clientes habituales, ofreciendo viajes por 0,17 € a 0,19 € por minuto.

La velocidad máxima que los usuarios pueden alcanzar depende de los modelos de ciclomotores eléctricos ofrecidos por las empresas. Vale la pena destacar que en las ciudades más pequeñas de Gijón, Cádiz y A Coruña, los ciclomotores eléctricos disponibles tienen una velocidad máxima de 45 a 50 km/h. En otras ciudades, hay al menos una empresa que ofrece servicios con velocidades de 70 km/h o más, posiblemente debido a la presencia de autopistas urbanas. Además, Acciona ofrece la opción de alcanzar velocidades de 80 o 100 km/h, pero con un costo adicional de 0,03 € y 0,09 € por minuto, respectivamente, sobre la tarifa original (Tabla 1).



Ilustración 36: Vehículos de motosharing. eCooltra, HiMobility, Muving, Yego, Movo, Acciona, Motiños y Seat MO. Fuente: páginas web de las empresas.

Zona de operación

La zona disponible para iniciar y finalizar el recorrido varía según el operador. El porcentaje de expansión urbana ocupado por la zona de servicio de motosharing varía según la ciudad, aunque en todos los casos es superior al 40% (Ilustración 3, Tabla 2). El mínimo se encuentra en Sevilla, donde el 43,76% de la expansión urbana total está destinada al motosharing, y el máximo se encuentra en Cádiz: 100,81%. Esto se debe a que los clientes, además del centro de la ciudad, pueden utilizarlo en el campus universitario, fuera de la propia ciudad. La media del área total es del 72,31% de la expansión urbana destinada al motosharing.

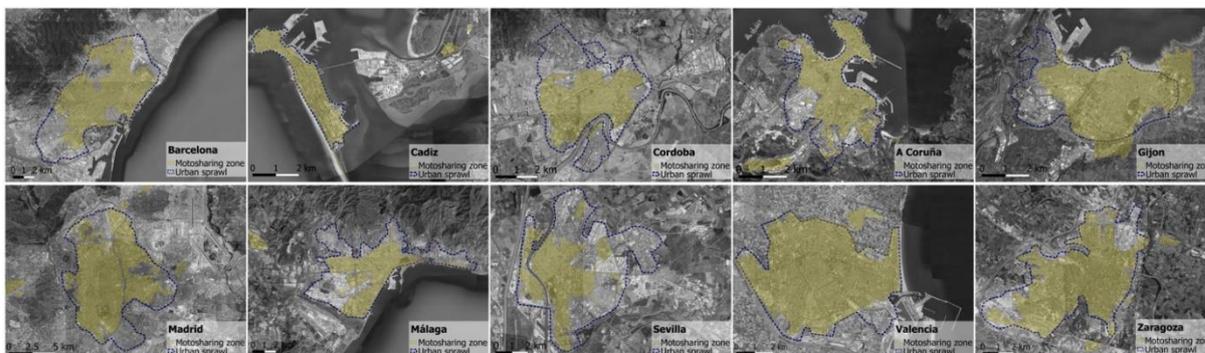


Ilustración 37: Zonas de operación del motosharing y expansión urbana. Nótese que la expansión urbana no coincide con los límites municipales, sino con la homogeneidad y continuidad del espacio total urbanizado o parcialmente residencial.

Ciudad	Área urbana [km ²]	Área <i>motosharing</i> [km ²]	Porcentaje de área urbana para el <i>motosharing</i> [%]	Autonomía [km]
Barcelona	67,57	45,06	66,68	80
Madrid	105,92	82,58	77,96	80
Sevilla	42,86	18,76	43,76	70
Málaga	47,24	23,13	48,95	70
Cádiz	5,51	5,61	100,81	70
Valencia	47,09	36,64	77,80	80
Zaragoza	42,79	37,18	86,88	70
Córdoba	21,44	11,38	53,08	70
Gijón	18,86	16,41	86,99	50
A Coruña	13,56	10,88	80,21	60
Media			72,31	

Tabla 18: Comparación de áreas en diferentes ciudades de España. La zona de motosharing incluye el área urbana donde hay al menos un operador.

Usuarios potenciales

El censo de 2020 se utilizó para calcular la población en las zonas establecidas por los operadores (usuarios potenciales), así como en el área de expansión urbana (Tabla 3). Se comparó la cantidad de usuarios potenciales con la población total de cada área urbana para evaluar el porcentaje de población beneficiada por el servicio. En este caso, el porcentaje más bajo se encuentra en Sevilla, con un 51,17%, seguido de Málaga con un 71,55%. Por el contrario, Cádiz, Valencia, Zaragoza y Gijón tienen zonas de motosharing que benefician a más del 95% de la población. En cuanto a la densidad de población en cada área, se observó que las áreas atendidas por al menos una empresa de motosharing se encuentran en el rango de densidad de población de 14 455 hab/km² a 20 876 hab/km², excepto Barcelona, que tiene una densidad de población de 29 152 hab/km². Estas cifras también son más altas que las densidades de población observadas en el área de expansión urbana.

Ciudad	Población de área de expansión (2020 censo)	Usuarios potenciales [pax]	Porcentaje de población [%]	Densidad de población [pax/km ²]	Densidad de población en zona de motosharing [pax/km ²]
Barcelona	1725,977	1313,629	76,11	25 542,27	29 152,89
Madrid	1990,323	1611,612	80,97	18 789,43	19 515,77
Sevilla	545,348	279,067	51,17	12 722,27	14 875,64
Málaga	467,304	334,363	71,55	9890,53	14 455,82
Cádiz	107,253	106,922	99,44	19 514,88	18 524,42
Valencia	792,527	764,918	96,52	16 828,30	20 876,58
Zaragoza	586,055	575,617	98,22	13 694,92	15 481,90
Córdoba	267,004	201,251	75,37	12 453,42	17 684,62
Gijón	241,227	238,914	99,04	12 787,73	14 559,05
A Coruña	206,200	192,810	93,51	15 202,05	17 721,51
Promedio			84,19	15 742,58	18 284,82

Tabla 19: Población y usuarios potenciales en las ciudades.

La flota de ciclomotores eléctricos disponibles se definió sumando todas las empresas que operan en cada ciudad. Las ciudades españolas con más ciclomotores eléctricos son Madrid (3620), Barcelona (3176) y Valencia (1635). En contraste, los servicios de Gijón y A Coruña solo ofrecen 50 ciclomotores eléctricos. Analizando el número de ciclomotores eléctricos en cada ciudad por km², y teniendo en cuenta el área zonificada para el motosharing, Barcelona ocupa el primer lugar, con 70 ciclomotores eléctricos/km², seguido de Valencia y Madrid con 44 ciclomotores eléctricos/km² (Tabla 4). El último lugar lo ocupan nuevamente A Coruña y Gijón, con 4 y 3 ciclomotores eléctricos por km² respectivamente.

La flota en cada ciudad también se comparó con el número de usuarios potenciales en cada zona calculando el número de ciclomotores eléctricos por cada 100.000 habitantes. En este caso, Barcelona, Madrid y Valencia tienen más de 200 ciclomotores eléctricos/100 000 habitantes, mientras que Sevilla, Málaga y Zaragoza tienen más de 100 ciclomotores eléctricos/100 000 habitantes. El resto de las ciudades tienen menos de 100 ciclomotores eléctricos/100 000 habitantes, con Gijón y A Coruña en la cola con menos de 30 ciclomotores eléctricos/100 000 habitantes.

Ciudad	Número de ciclomotores eléctricos [Unidades]	Ciclomotores eléctricos/km ²	Ciclomotores eléctricos por 100.000 habitantes
Barcelona	3176	70,48	242
Madrid	3620	43,84	225

Sevilla	440	23,45	158
Málaga	500	21,62	150
Cádiz	100	17,83	96
Valencia	1635	44,62	214
Zaragoza	575	15,46	100
Córdoba	115	10,11	57
Gijón	50	3,04	21
A Coruña	50	4,59	26
<hr/>			
Promedio		25,50	128,9

Tabla 20: Número de ciclomotores eléctricos, zona de inicio y finalización de viajes, y usuarios potenciales en cada ciudad.

4.3.4. Conclusiones

Este estudio analizó algunos datos relacionados con los sistemas de motosharing (compartir motos eléctricas) existentes en España, con el objetivo de caracterizarlos. Se seleccionaron algunos parámetros vinculados a las empresas y también se tuvieron en cuenta algunos datos de las áreas de operación. A partir de esto, surgieron algunas relaciones relacionadas con el número de vehículos por habitante o por km².

Se observó que el servicio de motosharing está vinculado a ciudades grandes: se incluyeron las seis ciudades más grandes de España en este estudio, y en algún momento, la séptima (Murcia) y la octava (Palma) tuvieron servicios de motosharing. Sería interesante conocer las razones por las que ciudades como Las

Palmas de Gran Canaria o Bilbao, que ocupan el noveno y décimo lugar en tamaño, aún no tienen este servicio, y las razones por las que ciudades de tamaño mediano, como Gijón (15º lugar) o A Coruña (18º lugar), sí lo tienen. También se observó que el límite mínimo de población para este tipo de servicios está alrededor de 250.000 habitantes. Los precios se encontraron bastante homogéneos, aunque un poco más económicos en las ciudades con varios operadores.

En cuanto a la velocidad de los ciclomotores eléctricos, se observa que un mayor número de operadores está relacionado con vehículos de mayor velocidad máxima. En general, se percibe que la competencia entre las empresas contribuye a que algunas quieran diferenciarse del resto en este parámetro. También se ha observado que las ciudades con una zona de motosharing más pequeña ofrecen ciclomotores eléctricos con velocidades máximas más bajas. Por ejemplo, Gijón, Cádiz y A Coruña son las tres ciudades con la zona de motosharing más pequeña y también tienen las velocidades máximas más bajas (50 km/h). Por el contrario, Madrid, que tiene la zona más grande, ofrece ciclomotores eléctricos con velocidades máximas de hasta 100 km/h.

Otro dato interesante es el porcentaje de expansión urbana que está cubierto por las diferentes empresas. Además, la presencia de más empresas en la misma ciudad no garantiza una mayor cobertura. Un resultado sugerente está relacionado con la densidad de población en las zonas de motosharing de las empresas. Como se ha demostrado, esta densidad nunca es inferior a 14 000 hab/km². Por lo tanto, se puede inferir que para que el servicio sea rentable en una ciudad, la densidad de población en la zona de motosharing debe ser extremadamente alta. Sin embargo, esta densidad de población no está relacionada con el número de operadores en la ciudad.

La razón por la cual el servicio de motosharing solo está disponible en áreas donde la densidad de población supera los 14 000 hab/km² podría ser la falta de rentabilidad del servicio en áreas por debajo de esta densidad, por lo que este número puede considerarse como la densidad de población mínima que hace atractiva una zona central para las empresas. Se podría pensar que, aunque una ciudad tenga una población muy pequeña, si es una ciudad turística, el servicio de motosharing tendría sentido allí, pero aparentemente no es así. Al final, los clientes regulares del servicio son quienes determinan su éxito o fracaso en una ciudad, por lo que el motosharing en una ciudad turística solo tendría sentido en temporada alta, como es el caso de Palma de Mallorca.

En esta línea, se observa que las zonas de motosharing tienen una densidad de población mucho más alta que la expansión urbana en su conjunto. Sin embargo, resulta sorprendente que la expansión urbana fuera de las zonas de motosharing en Barcelona y Madrid tenga una densidad de población superior a los 14.000 hab/km² mencionados anteriormente, pero los operadores no han ampliado el servicio ofrecido a toda la expansión urbana. En términos porcentuales, la diferencia entre las densidades de población en la zona de motosharing y la zona sin motosharing es considerable en muchas ciudades, lo que demuestra que los operadores seleccionan las zonas más densamente pobladas (Tabla 21).

Ciudad	Densidad de población [pax/km ²]	Densidad de población en zona de motosharing [pax/km ²]	Densidad en zona sin motosharing [pax/km ²]	% Diferencia de densidades entre las zonas de motosharing y las zonas sin motosharing.
Barcelona	25 543,54	29 15,89	18 318,44	63%
Madrid	18 790,81	19 515,77	16 22,84	83%
Sevilla	12 723,94	14 875,64	11 049,00	74%
Málaga	9 892,13	14 455,81	5 513,94	38%
Cádiz	19 514,88	18 524,42	-	-
Valencia	16 830,05	20 876,58	2 642,01	13%
Zaragoza	13 696,07	15 481,90	1 860,61	12%
Córdoba	12 453,54	17 684,62	6 536,08	37%
Gijón	12 790,40	14 559,05	944,08	6%
A Coruña	15 206,49	17 721,51	4 996,27	28%
Promedio	15 744,18	15 661,12	5 942,59	39%

Tabla 21: Comparación de la densidad de poblaciones en el área urbana y sus zonas de vehículos compartidos.

Vale la pena mencionar que las tarifas no están relacionadas con un parámetro significativo a priori, la relación que compara los ciclomotores eléctricos por cada 100,000 habitantes y la zona de motosharing, lo cual determina la calidad del servicio ofrecido (Tabla 22). Sin embargo, esta relación podría estar relacionada con la rotación de los ciclomotores eléctricos, que a su vez podría estar relacionada con el área de la zona de motosharing: parece lógico que una zona de motosharing más pequeña esté asociada con una distancia más corta a recorrer durante el viaje y, por lo tanto, un tiempo de uso más reducido. Esta relación se evaluó y se observaron varios grupos: uno en torno a 5,01 a 8,42, otro en el rango de 1,28 a 2,72, y Cádiz con 17,11. Esta última se justifica porque la distancia entre el centro de la ciudad y el campus universitario, donde también se ofrece el servicio, es bastante larga. Las ciudades con ratios más bajos podrían ser más pequeñas o metrópolis donde el transporte público está fácilmente disponible o existen alternativas de transporte. En cualquier caso, sería interesante explorar relaciones de este tipo en futuras investigaciones.

	<i>Motosharing</i> [km ²]	zona	Ciclomotores eléctricos por 100.000 habitantes	Proporción
Barcelona	45,06		242	5,37
Madrid	82,58		225	2,72
Sevilla	18,76		158	8,42
Málaga	23,13		150	6,49
Cádiz	5,61		96	17,11
Valencia	36,64		214	5,84
Zaragoza	37,18		100	2,69
Córdoba	11,38		57	5,01
Gijón	16,41		21	1,28
A Coruña	10,88		26	2,39
Media	28,76		128,9	6,37

Tabla 22: Proporción que compara los ciclomotores eléctricos por cada 100,000 habitantes y la zona de motosharing.

Existen algunas limitaciones y sesgos en este estudio. Los datos manejados son bastante confiables y objetivos, excepto quizás el tamaño del área de expansión urbana, aunque en algunas áreas metropolitanas la separación entre las zonas urbanizadas y no urbanizadas es clara, mientras que, en otras, la definición podría ser algo más subjetiva. Por lo tanto, en el caso de Cádiz, se decidió definir la propia ciudad como una isla. Sin embargo, Puerto Real o incluso San Fernando podrían haber sido incluidos. Otra cuestión que podría variar es el número de ciclomotores eléctricos que las empresas ofrecen en una ciudad, ya que se ajustan a las necesidades detectadas y a la mejor o peor recepción del servicio por parte de los ciudadanos.

Con miras a futuros estudios del servicio de motosharing en ciudades españolas, se podrían considerar otros factores para evaluar la viabilidad del servicio, como el tráfico dentro de la ciudad, el porcentaje de la ciudad que es peatonalizada, la tasa de motorización de la ciudad, la forma de la ciudad o los servicios alternativos ofrecidos, tanto de compartición como de transporte público. Otro de los factores que podrían afectar directamente al uso de este servicio es el clima, ya que el número de días lluviosos al año o la temperatura media anual podrían influir en los usuarios a la hora de tomar la decisión de utilizar el servicio o no. Otro posible estudio futuro derivado de este sería el de aquellos servicios de motosharing que han fracasado en los últimos tiempos, como en Murcia, Alicante o Granada, cuantificando los parámetros determinados en este texto y comparando las diferencias en los valores de las ciudades analizadas aquí. Además, este método podría replicarse para el estudio de otros sistemas de ciclomotores eléctricos en otros países y compararlos con el sistema español. Por último, las cifras aquí expuestas podrían ser utilizadas por empresas y administraciones municipales para planificar futuros servicios o para planificar expansiones urbanas (está claro, por ejemplo, que las ciudades de baja densidad no son interesantes para las empresas de compartición de ciclomotores eléctricos).

5. Conclusiones

El objetivo de esta tesis ha sido establecer y analizar los paradigmas emergentes de la movilidad urbana en ciudades de tamaño medio en España, identificando elementos disruptores que han transformado las formas de transporte en las últimas décadas. Para ello se ha aplicado el método del estudio de casos, y en particular se han desarrollado tres investigaciones concretas, centradas en evaluar el impacto y la eficacia de los sistemas de metro ligero (SML), los servicios de motosharing y los cambios en los hábitos de movilidad provocados por la pandemia de COVID-19. Del mismo modo, se ha determinado un ámbito geográfico, España, y un tipo concreto de ciudad, las ciudades de tipo medio.

En primer lugar, se han identificado tres elementos disruptivos que han influido en la forma en que las personas se desplazan dentro de las ciudades: la introducción de nuevos servicios de transporte compartido, el desarrollo de aplicaciones móviles y los efectos de la pandemia de la COVID-19 en los hábitos de movilidad.

En relación con el primero de ellos, la introducción de nuevos servicios de transporte compartido se ha observado que representa una respuesta innovadora y adaptativa a las necesidades de movilidad urbana, que se encuentran en continua evolución. Estos servicios, que incluyen opciones como motosharing y bike-sharing, buscan ofrecer alternativas sostenibles y eficientes al transporte privado tradicional, que colapsa en horas punta las principales arterias urbanas. La presente tesis analiza los sistemas de metro ligero en diferentes ciudades españolas, destacando la importancia de comprender su funcionamiento geométrico en relación con líneas, estaciones y usuarios. Estos datos no solo ofrecen un marco valioso para futuros estudios y proyectos urbanos, sino que también permiten comparaciones a nivel nacional e internacional. Además, se identifican diferencias significativas entre ciudades donde el SML es el principal sistema de transporte y aquellas donde complementa la red de metro, lo que subraya la necesidad de adaptar estrategias según el contexto local.

El segundo, el desarrollo de aplicaciones móviles tras la irrupción del iPhone, ha revolucionado asimismo la movilidad urbana gracias a las plataformas que facilitan la planificación, reserva y pago de viajes, mejorando significativamente la eficiencia

y la experiencia del usuario. Estas aplicaciones están ligadas a establecer una conectividad fluida entre diferentes modos de transporte, como automóviles compartidos, bicicletas eléctricas y servicios de transporte público, permitiendo a los usuarios tomar decisiones informadas en tiempo real sobre la mejor ruta, disponibilidad de transporte y condiciones del tráfico. La presente tesis se desarrolla la caracterización de los sistemas de motosharing en España, centrándose en parámetros relacionados con las empresas y la operación del servicio. Se ha observado que la presencia de este tipo de servicio está estrechamente vinculada a ciudades de gran tamaño y densidad de población, mientras que la competencia entre empresas influye en aspectos como la velocidad de los vehículos y la cobertura del servicio. Además, se identifica un umbral mínimo de densidad de población para la viabilidad económica del motosharing, lo que sugiere una estrategia selectiva de ubicación por parte de las empresas. Estos hallazgos no solo informan sobre las prácticas actuales de motosharing en España, sino que también ofrecen diferentes apreciaciones sobre los factores clave que influyen en su implementación y éxito en entornos urbanos diversos. En un contexto más amplio, se ha observado un creciente interés y auge en las investigaciones sobre movilidad urbana, destacando la importancia de comprender los cambios y tendencias en este ámbito para abordar los desafíos actuales y futuros que enfrentan las ciudades.

El tercero de ellos, la toma de conciencia sobre cómo afrontar la movilidad durante posibles pandemias futuras tras la experiencia con la COVID-19, en los hábitos de movilidad, nos ha permitido entrar en el debate asociado al profundo impacto en la movilidad urbana que ha tenido la propagación de un virus con alcance global. Durante los confinamientos hubo una disminución abrupta en los viajes y un rechazo a compartir espacios cerrados en vehículos de transporte público, lo que llevó a una mayor dependencia de soluciones de movilidad personal como bicicletas y scooters eléctricos. Además, el fomento del teletrabajo alteró los patrones tradicionales de movilidad, reduciendo la necesidad de desplazamientos diarios. En la tesis, se ha puesto de manifiesto un aumento considerable en el uso del vehículo privado, acompañado de un menor uso del transporte público, especialmente el autobús. Se destaca la diferencia de género en los patrones de movilidad, así como cambios generacionales significativos en la posesión y adquisición de vehículos de movilidad personal. Este análisis no solo ofrece una instantánea valiosa de los cambios durante la pandemia, sino que también arroja luz sobre las dinámicas de movilidad preexistentes y emergentes en la sociedad.

A lo largo de la investigación, se ha caracterizado el concepto de ciudad de tamaño medio desde el punto de vista de la movilidad en el contexto europeo. Estas poblaciones, que se distinguen por tener un número de habitantes de entre 50 000 y 300 000, hacen frente a problemas singulares y comunes, diferentes a los de las grandes metrópolis o los pequeños pueblos. Así, precisamente el criterio de qué puede ser definido como una ciudad media puede ser definido a partir de las necesidades de movilidad y de las soluciones de movilidad colectiva existentes.

Otra de las conclusiones viene dada por la necesidad de que en las ciudades exista un mix de soluciones para resolver la movilidad. Así, si bien es cierto que el transporte colectivo sigue siendo fundamental para garantizar una movilidad sostenible y eficiente, la tesis sostiene que no se puede obviar el papel del transporte individual tipo "sharing", ya que puede complementar el transporte colectivo al ofrecer soluciones de última milla, facilitando el acceso a destinos que pueden no estar bien conectados por transporte público.

La reciente pandemia asociada al COVID-19 ha provocado que las pandemias sean hipótesis de trabajo en el ámbito de la planificación, con vistas a que, en caso de que este escenario pueda aparecer en el futuro, la sociedad pueda encarar de forma óptima la resolución de los problemas que se presenten. Así, a la vista de los efectos y consecuencias de la pandemia ya superada en el plano de la movilidad urbana, es preciso conocer en profundidad el funcionamiento del transporte individual tipo "sharing", una opción atractiva para aquellos que necesitan desplazarse de manera segura y cómoda, sin depender exclusivamente del transporte público, y que garantiza la separación física de usuarios y reduce los contagios por contacto. Es decir, en un mundo post-pandémico donde la seguridad y el distanciamiento social son prioritarios, el transporte individual tipo "sharing" aparece como una pieza clave del rompecabezas de la movilidad futura

En paralelo, es importante destacar que el fomento del transporte individual tipo "sharing" no debe interpretarse como una excusa para descuidar el transporte colectivo, que como se remarca al inicio, es elemento fundamental de la movilidad en las ciudades de tipo medio (podríamos incluso afirmar que una ciudad sin este tipo de transporte no debería ser definida como tal). Ambos enfoques son complementarios y deben ser parte integral de una estrategia de movilidad urbana sostenible.

Otra de las conclusiones que surgen de la tesis es la extrema complejidad del concepto mismo de movilidad, por la enorme variedad de disciplinas que en ella concurren. A lo largo de la investigación, y esto lo hemos tratado de resaltar en la introducción, se ha puesto de manifiesto la interrelación entre aspectos técnicos, sociales, económicos y medioambientales en la configuración de los sistemas de movilidad urbana. Es necesario un enfoque multidisciplinario para abordar los desafíos que surgen en este ámbito, integrando conocimientos de la ingeniería del transporte, urbanismo, sociología y economía. Abundando en esa línea, Hemos comprobado cómo las investigaciones relacionadas con este campo son crecientes, pese a que hace pocas décadas apenas se habían realizado investigaciones en este campo. Este aumento en la investigación refleja la creciente conciencia de la importancia de la movilidad urbana sostenible y la necesidad de encontrar soluciones innovadoras para los problemas de congestión, contaminación y accesibilidad. Del mismo modo, durante nuestra investigación, hemos analizado el conjunto de tesis publicadas en España relativas a movilidad, deduciendo que hay una tendencia creciente en el número de estudios dedicados a este tema. Esto refleja una mayor preocupación académica y social por los problemas de movilidad urbana y una búsqueda activa de soluciones que puedan mejorar la calidad de vida en las ciudades.

En cuanto a la validez de los métodos de los casos estudiados, el GIS se muestra como una herramienta de gran utilidad para investigar en el campo de los transportes asociados a una determinada área geográfica, pues permite estudiar datos que proceden de diferentes fuentes, combinarlos para realizar análisis, definir parámetros y obtener conclusiones relativas al éxito o el fracaso de la implementación de sistemas de sharing, de redes de transporte colectivo, etc. En ese contexto, es muy útil la existencia de un software de libre uso, el QGIS, que facilita y democratiza la investigación en el campo, y que se engloba en el ámbito de los softwares de libre acceso y código abierto, como Jamovi u otros. Del mismo modo, debemos resaltar que en España existen un elevadísimo conjunto de datos disponibles para la sociedad, actualizados y gratuitos, que permiten llevar a cabo estos estudios; esta realidad no tiene lugar en otros países.

En cuanto al ámbito de las encuestas, siendo un método de mayor tradición, es también un método válido y complementario al análisis GIS. Las encuestas permiten captar percepciones y comportamientos individuales de los usuarios, proporcionando un contexto más humano y subjetivo a los datos cuantitativos

obtenidos. Es fundamental combinar ambas metodologías para obtener una visión completa y detallada de los patrones de movilidad urbana.

Una investigación, con todo, presenta también puntos de mejora. En ese sentido, apuntamos que los casos desarrollados son tres, y quizá podríamos haber planteado alguno más. Es cierto que, por ejemplo, son tres el número mínimo de artículos exigidos para las tesis planteadas por compendio, pero también es cierto que podríamos haber abordado un cuarto caso, o incluso un quinto. Debemos añadir que durante el periodo en que hemos realizado la tesis sí hemos realizado y publicado otros estudios; tal vez deberíamos haberlos incorporado a la tesis para enriquecer sus conclusiones.

Otro de los puntos de mejora es el hecho de que los resultados de algunas de las investigaciones realizadas se encuentran, a día de hoy, ligeramente desfasados; así, los sistemas de motosharing y de metro ligero han evolucionado desde que ambas investigaciones se plantearon, pero lo mismo sucederá dentro de dos o tres años. Sin embargo, la metodología planteada es replicable en cualquier momento futuro, y por ello podemos asumir dicho desfase que, por otro lado, no invalida el trabajo hecho y establece una foto fija de la situación en España de ambos modos de transporte en ese momento.

Respecto a las futuras líneas de investigación, creemos que se podrían desarrollar más los conceptos planteados en la ilustración 13. Este marco conceptual destaca varios elementos esenciales que, al ser investigados, pueden ofrecer soluciones innovadoras y adaptativas a los desafíos actuales de movilidad. En primer lugar, la relación entre movilidad y diseño urbano se presenta como un área crítica de estudio. La disposición de calles, el transporte público, aceras y espacios verdes juegan un papel fundamental en la eficiencia y sostenibilidad de la movilidad urbana. Investigaciones futuras podrían centrarse en cómo diferentes diseños urbanos influyen en el uso del transporte público y modos de transporte sostenibles. Comparar diferentes enfoques de diseño en diversas ciudades y su impacto en la movilidad podría proporcionar valiosas perspectivas y mejores prácticas adaptables a contextos específicos. Además, las infraestructuras de alta capacidad, que incluyen sistemas de transporte público eficientes como el metro ligero, facilitan el flujo rápido de personas y reducen el tráfico intenso. Estudios adicionales pueden explorar la efectividad de estas infraestructuras en ciudades de tamaño medio, comparando con casos en ciudades grandes y pequeñas para identificar adaptaciones necesarias. La integración de nuevas tecnologías y su

impacto en la eficiencia y sostenibilidad de estas infraestructuras también sería una línea de investigación valiosa. El sistema público de transporte, que abarca la prestación de servicios de movilidad accesibles y una infraestructura planificada, es otro componente crucial. Futuras investigaciones podrían evaluar cómo se pueden optimizar y planificar estos sistemas para mejorar la accesibilidad y la diversidad de modos de transporte. Estudiar casos de éxito en otras ciudades europeas puede proporcionar perspectivas enriquecedoras y aplicables. El diseño de espacios de aparcamiento también merece atención. Fomentar la movilidad activa mediante el diseño de espacios para vehículos de bajas emisiones y vehículos compartidos puede contribuir significativamente a la sostenibilidad urbana. Investigaciones podrían centrarse en cómo la disponibilidad y el diseño de estos espacios afectan el uso del transporte compartido y la reducción de emisiones. Políticas de estacionamiento efectivas en diferentes ciudades podrían ser analizadas para determinar su impacto. La disposición de espacios libres, como áreas verdes, parques y zonas peatonales, facilita formas de transporte sostenibles y mejora la calidad de vida urbana. Evaluar el impacto de estos espacios en la movilidad sostenible podría revelar beneficios adicionales y estrategias efectivas para su implementación. Comparar distintas estrategias en varias ciudades ayudaría a identificar las más exitosas. Finalmente, las mallas de movilidad, que implican el diseño de redes de calles que favorecen el movimiento peatonal y el ciclismo, son esenciales para reducir la dependencia del automóvil privado. Investigaciones pueden analizar cómo estas redes influyen en el comportamiento de los usuarios y la adopción de modos de transporte sostenibles. Comparaciones entre ciudades que han implementado diferentes mallas de movilidad podrían proporcionar datos sobre las mejores prácticas y sus resultados. Desarrollar estos componentes en futuras investigaciones no solo ampliará el conocimiento sobre la movilidad urbana sostenible en ciudades de tamaño medio, sino que también ofrecerá un marco práctico para planificadores urbanos y responsables políticos. Estas investigaciones deben centrarse en la recopilación y análisis de datos empíricos, el uso de herramientas avanzadas como GIS, y la comparación de casos internacionales para enriquecer las conclusiones y recomendaciones, aportando así soluciones efectivas a los desafíos de movilidad actuales y futuros.

Asimismo, también se pueden definir otros parámetros técnicos relacionados con la calidad del servicio en cuanto al estudio de los sistemas de transporte analizados mediante GIS. Del mismo modo, creemos que puede haberse profundizando un

poco más en el tema del sharing, analizado para ello la legislación vigente que enmarca su establecimiento y desarrollo.

Por otro lado, sería interesante realizar comparativas con sistemas similares en otros países de nuestro entorno, tales como Francia, Alemania, Italia y Reino Unido. Estas comparativas podrían proporcionar una perspectiva más amplia y enriquecedora, permitiendo identificar mejores prácticas y adaptar soluciones exitosas a contextos locales específicos. Sin embargo, es necesario abordar el hándicap de cómo plantear la investigación, ya que los estudios comparados entre distintos ámbitos geográficos tienen poco predicamento dentro de las revistas científicas de mayor impacto.

Otra investigación posible es el del estudio paramétrico del autobús convencional en ciudades de menor tamaño mediante GIS, una idea prometedora para una línea de investigación futura en el campo del transporte urbano. Este enfoque implicaría analizar y comparar una serie de parámetros relacionados con el funcionamiento, la eficiencia y el impacto del transporte público en entornos urbanos de menor escala, ya que puede proporcionar una comprensión más profunda de los desafíos y oportunidades específicos que enfrenta el transporte público en entornos urbanos menos densos.

Por último, tal y como se ha señalado anteriormente, en relación con el método empleado, se podría desarrollar un artículo que recopilase los trabajos dentro de un ámbito en particular (diseño urbano, movilidad, ingeniería del transporte...) siguiendo el método del caso.

6. Anexo: Publicaciones derivadas

A continuación, se muestran tres publicaciones que se corresponden con cada uno de los casos tratados previamente, pero antes se presentaran algunos índices de Calidad de las revistas en las que se han publicado.

Revista	Factor de impacto	Citescore	SJR	H5-index
Applied sciences (MDPI)	2.5	4.0	0.553	63
Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Urban Design and Planning	1.5	1.2	0.398	23
Transportation research procedia		2.8	0.384	69

Article 1: A GIS-Based Analysis of the Light Rail Transit Systems in Spain



Article

A GIS-Based Analysis of the Light Rail Transit Systems in Spain

Estela Pantiga-Facal and Pedro Plasencia-Lozano *

Department of Construction and Manufacturing Engineering, University of Oviedo, 33600 Mieres, Spain; estela.pantigafacal@gmail.com

* Correspondence: plasenciapedro@uniovi.es

Abstract: Throughout the last decades, light rail transit systems (LRT) have been built around the world due to their strengths: regularity, savings in CO₂ emissions, flexibility, image and optimization of urban space. This research proposes the analyses of a group of LRTs by using a method supported by GIS. Some data and parameters have been stated in order to define the systems. The range of values obtained allow us to characterize the LRT systems operating in Spain: for instance, mean distance range between stations is 405 m to 685 m, and potential users range (people who live no more than 500 m from a station) is 18,000 to 30,000, and population density in the capture areas is never below 1514 pop/km² (in cities with no metro system). The benefit of the present study is to establish common data values that could be useful in future studies and preliminary projects carried out in other Spanish cities interested in introducing an LRT in their urban grid, and also for comparison with LRT in other countries. The method could be also applied to other public transportation systems, and to other countries.

Keywords: LRT; TOD; QGIS; public transportation; country analysis



Citation: Pantiga-Facal, E.; Plasencia-Lozano, P. A GIS-Based Analysis of the Light Rail Transit Systems in Spain. *Appl. Sci.* **2022**, *12*, 1282. <https://doi.org/10.3390/app12031282>

Academic Editors: Sanda Roşca, Ştefan Bilaşco, Dănuţ Petruş, Titus Cristian Man and Paul Sestraj

Received: 5 December 2021

Accepted: 21 January 2022

Published: 25 January 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

In recent years, numerous light rail transit (LRT) system projects have been undertaken in Spain, as in other nearby countries, such as Portugal, United Kingdom, France and Greece, after the success of the Nantes tram inaugurated in 1985, which for many marks the beginning of the renaissance of this transportation mode [1–3], and in other places, such as the United States [4]. Since 1994, LRT systems have been put into service in 11 Spanish metropolitan areas (Figures 1 and 2). Some are core elements of the urban transit system (Zaragoza or Tenerife), while others complement more complex structures with greater capacity, such as the schemes around Madrid, such as Boadilla and Parla. There is evidence that such systems have been proposed in other places such as Pamplona [5], and in some cities there are well-advanced works for their future installation, such as in Cadiz and Jerez de la Frontera [6]. LRT systems are excellent for their regularity, savings in CO₂ emissions, flexibility, image and optimization of urban space [7], and they have positive effects on urban growth and quality of life [8–10], and also increase active travel [11].

As mentioned elsewhere, for an LRT system to be successful in a consolidated urban context, it must be preceded by careful planning combining cost, potential user, travel time and frequency studies, in order to choose the best possible alternative [3,12–14].

In this study, we applied QGIS open software to collect core data on potential and real users of LRTs in Spain, as well as other parameters related to urban geometry. With it, we were able to evaluate acceptance of each system along with other data referring to the systems evaluated here. The main objective, and therefore the research question, is the determination of a range of values for some parameters that characterize the various LRTs operating in Spain, in order to establish model values that can be used in future studies and preliminary projects in other Spanish cities showing interest in introducing LRTs in their urban grid. In addition, this study is the basis for future more detailed studies combining

the results found here along with other variables that could predict future acceptance of other LRTs under study.



Figure 1. Cities with LRT and year inaugurated. Barcelona includes the Trambaix and Trambesòs systems; Madrid includes the Pozuelo, Boadilla, Sanchinarro and Parla systems.

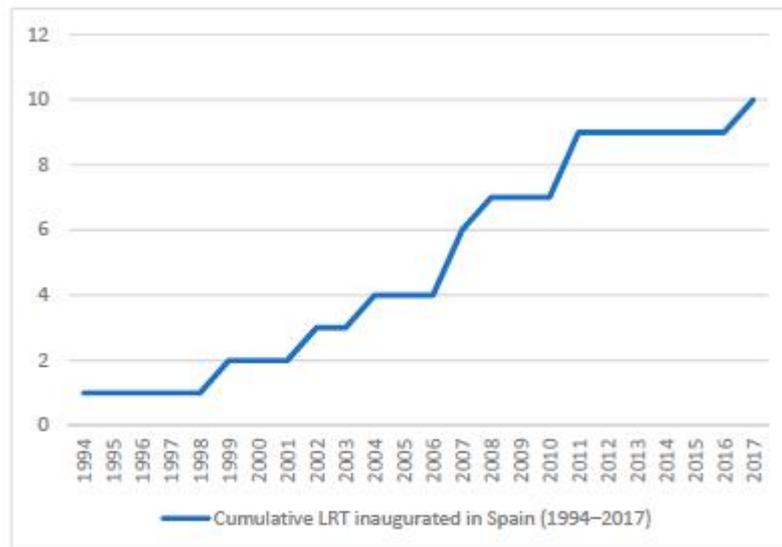


Figure 2. Cumulative LRT inaugurated in Spain (1994–2017).

2. Literature Review

The European Conference of Ministers of Transport has defined light rail as a rail-borne form of transport that can be developed in stages ranging from the modern tram to a rapid transport system operating on its own right of way, be it underground, at ground level, or elevated [15,16]. Ideally, light rail is a form of railway urban transportation system, that is not a heavy traditional form of railways. The interest for LRT systems in the whole world has been increased in the last years, and relevant projects have been conceived and therefore analyzed in Europe [15,17], Africa [16,18], Asia [19,20], Australia [21,22] or America [23,24].

The reason for its relevance can be found in its advantages. LRT contributes to reduce the local atmospheric pollution and, in general terms, operates against the global warming [25]. Moreover, the reduction of car trips from overcrowded roads, another consequence of new LRT schemes, offer new spaces for pedestrians and therefore promotes active travel [26–28], although it could generate accidents if the stations surroundings are not well designed [29]. In terms of economics effects, new LRT systems have been linked to the generation of new business in the city [30] and to the increase of property values [31]; furthermore, positive impacts on labor market accessibility has also been detected [32]. Finally, new projects cultivate an image of a city or region as progressive and modern, which is also positive for tourism [33,34].

However, in some places new LRT schemes have failed, such as the Groningen Regio-Tram [35], the Tel Aviv LRT [36] or different cities in Britain. Some research have reported that the reason for the lack of interest for using rail transit is the failure for providing the expected level of quality service [37,38]. Thus, clients not satisfied with the service would not be loyal to the service and would not recommend it to others [39]. Some papers have attempts to investigate the factors influencing the satisfaction of rail transit passengers based on the evidence from the light rail transit [40]. In this sense, it has been identified that an indicator of a successful public transport service is the number of passengers that the system is able to retain and attract [39,41]. Some factors which have been identified for dissuading the use of rail transport systems are lack of connection, access distance to and from stations, or distance to/from home-work [42,43]; elsewhere, transfer penalty has been stated as a key consideration in the ridership potential of a public transport system [44]. In Spain, in particular, several very significant infrastructures planned and built in recent years with certain users forecast, have, however, later proven to be oversized [45]. One of these was the Jaen LRT, which was inaugurated in 2011 and had to be closed a few days later because of administrative and financial problems [46]. As a consequence, some cities previously interested in developing LRT schemes have stopped their projects, such as Vigo or A Coruña [47,48]. Therefore, it becomes especially important to know the characteristic parameters of the LRTs operating in Spain. This will be useful in future studies and drafts carried on in other Spanish cities interested in introducing an LRT in their urban grid.

The search for parameters characterizing LRT systems is not new: In Busan, an attempt was made to define concrete parameters, such as walking distance from the LRT [49], Casello collected some of the main characteristics of LRTs in North America [12], and similar studies have been carried out in Turkey [50,51] with numerous parameters, such as number of passengers per kilometer, number of passengers carried per unit length of line, number of passengers carried per number of stations, or the daily number of passengers per urban population. Van Oort also made a description of the main European schemes [52]. In Spain, the Observatorio de la Movilidad Metropolitana [Polytechnic University of Madrid Mobility Observatory] has collected some valuable data, mainly from the transportation companies themselves [53]. Economic analyses have also been carried out [54], and some lines have been the subject of previous studies, such as the LRT in Granada [55–57], which included details such as population density near stops among other parameters related to transit-oriented development (TOD) analysis.

On another matter, the use of Geographic Information Systems for transportation system analysis has become generalized. Thus, use of GIS has recently been gaining in strength for the study of capture areas [58,59]. A station's capture area may be defined

as the urban space or territory that potential users are going to come from. Traditionally, citizens have been thought to be willing to walk a maximum time or distance from their homes or trip's point of origin to a public transportation station and the capture area is the space between the station and the limit of that time or that maximum distance. Studies have shown the complexity of defining that capture area for a specific station, as many parameters enter into it, such as demographic [60] or urban design characteristics [61–63], and therefore, there are specific methods for determining exactly what this area is at a particular station, such as surveys [64] or ride cards [65]. However, in macroanalyses related to planning or a complete transportation system, the area is usually reduced to the portion of the city included within a circle with its center at each station in the system. This simplification requires, in turn, setting the radius of each circle, and in the literature, for LRTs this would vary from 400 m or 0.25 miles [66,67] to 800 m [68,69], although it is accepted that in the outskirts, citizens are willing to go further [70]. We might note that, in Spain, the usual distance is 500 m [56,71]. Beyond the capture areas, the GIS has also been used to acquire data on the density of stops or stations [72,73], stop spacing [74], land use [75] or road lengths [76]. Furthermore, GIS has been used to ascertain the "attraction nodes" (e.g., offices, tourist attractions, and hotels) within a broad area [77] or to identify the hotspots of the healthcare services in a territory [78], and GIS applications pertinent to the field of transportation engineering were developed [79] to analyze the impact of activity trips on regional transportation patterns. Moreover, some researchers have used GIS for developing multicriteria studies linked to public transport or even light rail system topics. Prasertsri and Sangpradid analyzed the appropriateness of parking site selections around LRT stations for the customers [80]. Farooq et al. [81,82] used GIS as a tool for their development of a transportation model between Beijing and XiongAn. It has therefore been shown to be a useful tool for finding parameters related to transportation networks.

In brief, LRT systems are in ascendant in numerous countries. The main advantages have been established; moreover, the existence of failed projects has been well described, regularly linked to problems related to urban and LRT scheme geometry, as stations. Furthermore, research on the description of LRTs through parametrical characterization has been carried on in different occasions; finally, the rise of GIS for developing research on transportation systems, and in particular on urban geometry in the stations surroundings is a fact. For that, research on Spanish LRTs for characterizing the ongoing schemes through the determination of the values of different parameters and ratios, linked to urban geometry and users' densities in the catchment areas can be interesting. An expected benefit is the determination of values for helping authorities and planners to develop future projects; moreover, current schemes may be analyzed in order to establish possible explanation of their success or failure.

3. Study Area

This section may be divided by subheadings. It should provide a concise and precise description of the experimental results, their interpretation, as well as the experimental conclusions that can be drawn.

There are LRTs in 11 metropolitan areas in Spain. In five of them, they have become the main public transportation system in the city. In the other five, the LRT coexists with the conventional subway, and therefore, its function is to complement the city's public transportation system as another subway line (as in Barcelona or Bilbao) or sometimes as a system feeder (Madrid, for example). Finally, one of them, Alicante, is a tram-train. It seems logical, therefore, to separate the LRTs into three groups based on their importance within the total metropolitan transportation system. We also note that two new systems are expected to be inaugurated soon: the tram-train in Bay of Cadiz [6] and the light rail transit system in Jaen (Type I), which was completed in 2011 and will be put soon into service after overcoming a diversity of administrative problems. Some other cities as Gijón are working on developing a metropolitan rail system, although for the moment it is not clear if it will be a tram-train, a conventional metro or a LRT [83].

4. Materials and Methods

The study was carried out by following the steps below (Figure 3):

1. Analysis of previous studies and background. A bibliographic search was made in the main internet sites related to LRT on these topics: advantages and individual LRT in Spain, groups of LRTs in other countries, parametric and geographic analyses of metropolitan public transportation systems, and GIS as a tool for transportation systems.
2. Analysis of the sample. The LRTs to be evaluated were determined and divided into subgroups by whether or not there were conventional subway systems in the city itself.
3. Data and parameters to be evaluated in the study were defined: the sources cited in the literature review section were checked, and a list was determined (Table 1): Annual service users; line length; number of lines, number of stations, number of shared stations; capture area; potential users; daily users; users per station; acceptance rate; density of capture area; mean distance between stations; passengers per unit line.
4. Data processing with QGIS.
 - a. Geometrical data (LRT lines and stations) were drawn.
 - b. A shape with data from official census was included. Some lab work was carried out in order to obtain the population density in each census section.
 - c. Catchment areas around the station were drawn. For that, a buffer zone with 500 m radius was stated (Figures 4 and 5).
 - d. Finally, some parameters values were obtained: Line length; number of lines, number of stations, number of shared stations; capture area; potential users; mean distance between stations; passengers per unit line. The population affected in each catchment area was determined under the assumption that the population in each census area (minimum area for which there are census data) is uniformly distributed within each area. Furthermore, the population data was taken from the official 2017 census.
5. Results are defined in different tables.
 - a. Beyond the data referred in the previous step, annual service users' data were taken from the operators' 2017 annual reports (Table 2). Finally, documents of the Polytechnic University of Madrid Mobility Observatory were checked [53].
 - b. Ratios were defined after the aforementioned data: daily users; users per station; acceptance rate; density of capture area; passengers per unit line.
6. Discussion and conclusions. The values found were analyzed, and the main conclusions of the study were outlined.

Table 1. Parameters and ratios of the study.

		Description
1	Annual service users (million pax)	
2	Line length (km)	
3	Number of lines (units)	
4	Number of stations (units)	
5	Number of shared stations (units)	
6	Capture area (km ²)	Urban area within 500 m of a station
7	Potential users (pop)	Population of the capture area
8	Daily users (pax)	$\frac{\text{annual users (pax)}}{365}$
9	Users per station (pax)	$\frac{\text{daily users (pax)}}{\text{stations}}$
10	Acceptance rate	$\frac{\text{daily users (passengers)}}{\text{potential users (pax)}}$
11	Density of capture area $\left(\frac{\text{pax}}{\text{km}^2}\right)$	$\frac{\text{potential users (pax)}}{\text{capture area (km}^2\text{)}}$
12	Mean distance between stations (m)	
13	Passengers per unit line $\left(\frac{\text{pax}}{\text{km}}\right)$	$\frac{\text{passengers (pax)}}{\text{total length (km)}}$

Table 2. Data sources for daily users.

Group	City	Data Source
I	Granada	https://metropolitanogranada.es/noticias/Balance_2018_Metro_Granada (accessed on 30 November 2021)
	Murcia	https://www.tranviademurcia.es/ (accessed on 30 November 2021)
	Santa Cruz de Tenerife	https://metrotenerife.com/MEMORIAS/2017/index.html (accessed on 30 November 2021)
	Vitoria	https://www.gasteizhoy.com/tranvia-vitoria-usuarios/ (accessed on 30 November 2021)
	Zaragoza	https://www.zaragoza.es/contenidos/movilidad/transporte-alta.pdf (accessed on 30 November 2021)
II	Barcelona	https://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=26849 (accessed on 30 November 2021)
	Bilbao	https://www.euskotren.eus/sites/default/files/2019-01/Euskotren%20sigue%20creciendo%20en%20todas%20sus%20unidades%20operativas.pdf (accessed on 30 November 2021)
	Madrid	https://www.crtm.es/media/880193/informe_anual.pdf (accessed on 30 November 2021)
	Seville	https://www.diariodesevilla.es/sevilla/tranvia-Sevilla-sigue-perdiendo-viajeros-Tussam-gana_0_1400860373.html (accessed on 30 November 2021)
	Valencia	https://habitatge.gva.es/es/inicio/area_de_prensa/not_detalle_area_prensa?id=733558 (accessed on 30 November 2021)
III	Alicante	https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Estad%C3%A1sticas_del_TRAM_Metropolitano_de_Alicante (accessed on 30 November 2021)

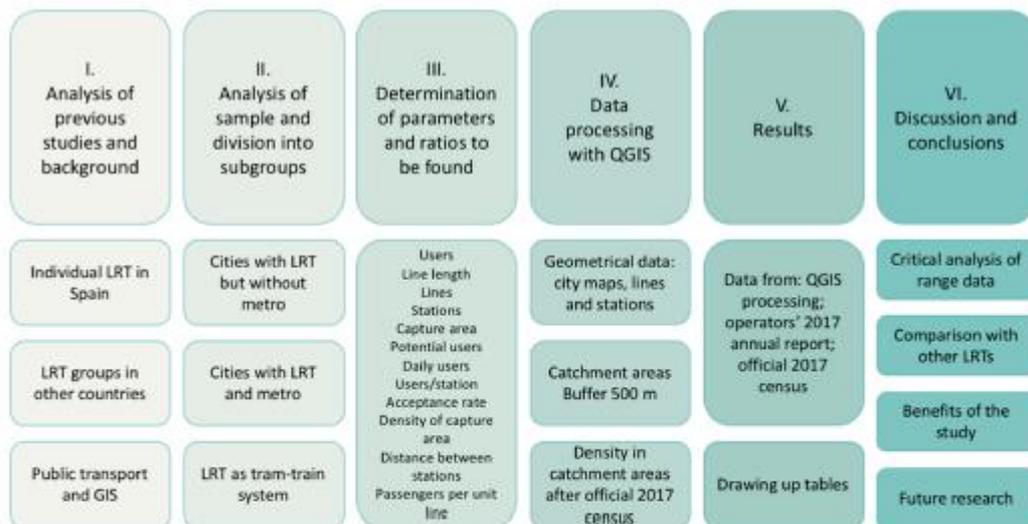


Figure 3. Method.

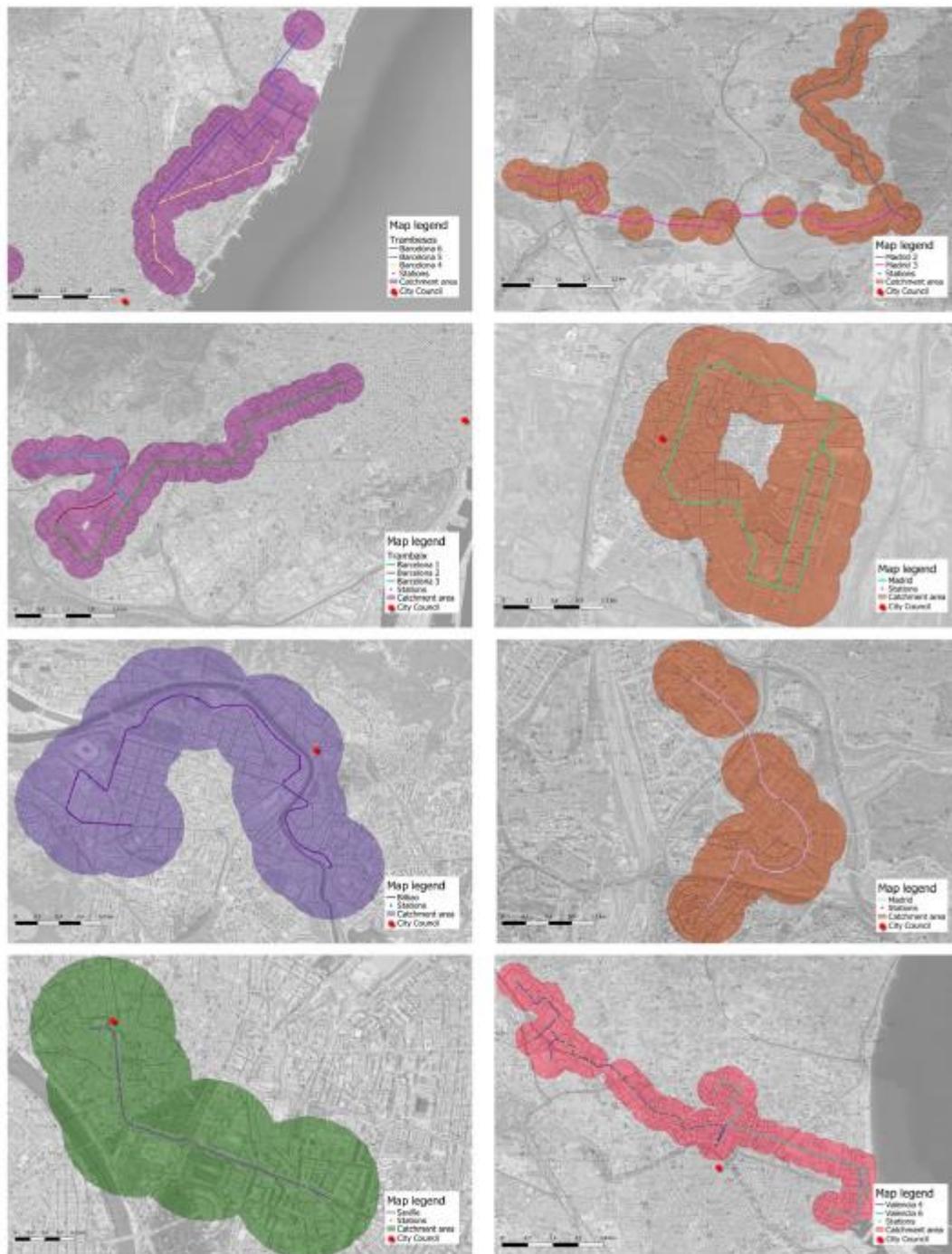


Figure 4. Cities in Group 2. Left-hand column: Barcelona; Barcelona; Bilbao; Seville. Right-hand column: Madrid, Madrid, Madrid; Valencia.

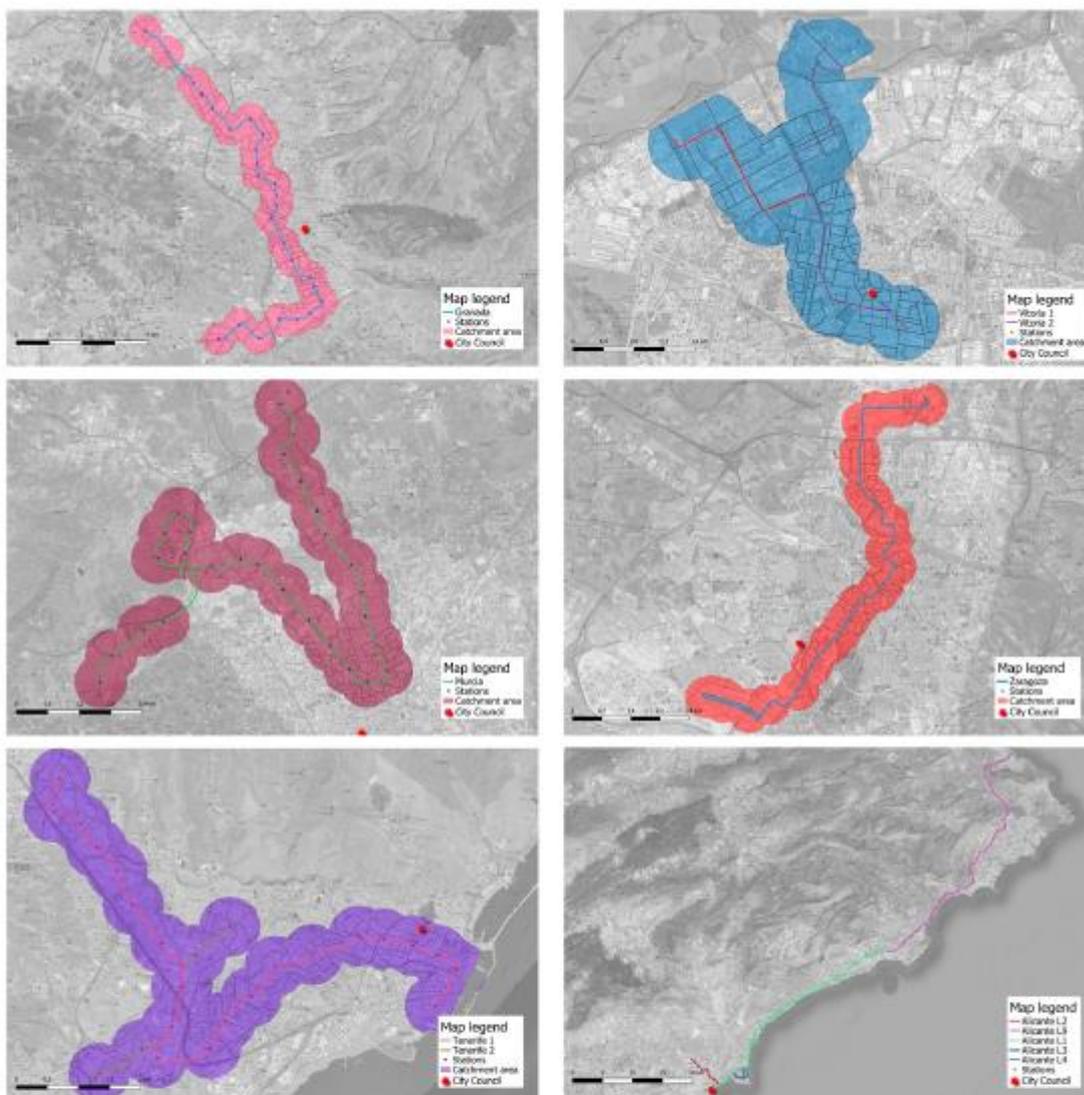


Figure 5. Cities in Groups 1 and 3. Left-hand column: Granada, Murcia, Tenerife; right-hand column: Vitoria, Zaragoza, Alicante.

5. Results and Discussion

The results enabled us to find out several things. In Group I (Table 3), annual users varied from 5.10 million in Murcia to 28.2 in Zaragoza. The shortest length was 12.72 km (Vitoria) and the longest, 18 km (Murcia). Systems usually had one or two lines where stations were located a mean distance of 400 m to 666 m away from each other. Potential users (people who live no more than 500 m from a station) varied from almost 18,000 in Vitoria to almost 30,000 in Tenerife. Daily users per station (from 1525 in Zaragoza to 325 in Murcia) and acceptance rate, which varied from 42% in Murcia to 226% in Zaragoza were more representative. The population density in the capture areas was never below

1514 pop/km². Lastly, the ratio of passengers per unit line varied from 2.20 in Zaragoza to 0.28 in Murcia.

Table 3. Group 1 results.

		Granada	Murcia	Tenerife	Vitoria	Zaragoza
1	Annual service users (million pax)	10.20	5.10	14.10	8.30	28.20
2	Line length (km)	15.90	18.00	16.10	12.72	12.80
3	Number of lines (units)	1.00	2.00	2.00	2.00	1.00
4	Number of stations (units)	26.00	28.00	25.00	20.00	33.00
5	Number shared stations (units)	0.00	1.00	2.00	6.00	0.00
6	Capture area (km ²)	14.08	14.33	12.79	7.06	11.76
7	Potential users (pop)	26,131.00	21,705.00	29,713.00	17,900.00	22,286.00
8	Daily users (pax)	18,214.29	9107.14	25,178.57	14,821.43	50,357.14
9	Users per station	700.55	325.26	1,007.14	741.07	1525.97
10	Acceptance rate	70%	42%	85%	83%	226%
11	Density of capture area	1855.89	1514.65	2323.14	2535.41	1895.07
12	Mean distance between stations (m)	636.00	666.67	644.00	530.00	400.00
13	Passengers per unit line	0.64	0.28	0.88	0.65	2.20

In Group 2 (Table 4), the ranges were wider. Annual users varied from 29.10 million in Barcelona to 2.99 million in Bilbao. The shortest system was in Seville (3.97 km) and the longest in Barcelona (29.20 km). The network composition varied from one line to six in the whole Barcelona system, although distributed between subway and light rail. The mean distance between stations varied from 405 m in Valencia to 685 in Madrid. Potential users varied from a little over 2000 in Seville to over 46,000. Users per station also varied widely, from 355 in Valencia to 1417 in Seville, and also the acceptance rate, which was 26% in Bilbao compared to 426% in Madrid. We also note that the population density in the capture areas was hardly 251 in Madrid while it was 4002 in Bilbao. Finally, the ratio of riders per unit of line varied from 1.80 in Zaragoza to 0.42 in Valencia. Table 4 also shows data for Group 3, which as mentioned, includes only the city of Alicante.

Table 4. Results for Groups 2 and 3.

		Barcelona	Bilbao	Group 2 Madrid	Seville	Valencia	Group 3 Alicante
1	Annual service users (million pax)	29.10	2.99	16.90	3.97	8.80	11.10
2	Line length (km)	29.20	5.57	35.64	2.20	21.10	112.60
3	Number of lines (unit)	6.00	1.00	4.00	1.00	3.00	5.00
4	Number of stations (units)	53.00	14.00	55.00	5.00	43.00	69.00
5	Number shared stations (units)	10.00	0.00	1.00	0.00	12.00	9.00
6	Capture area (km ²)	23.36	5.06	28.20	2.62	20.03	40.52
7	Potential users (pop)	22,287.00	20,255.00	7080.00	2165.00	46,428.00	30,638.00
8	Daily users (pax)	51,964.29	5,339.29	30,178.57	7,089.29	15,714.28	19,821.43
9	Users per station	980.46	381.38	548.70	1,417.86	365.45	287.27
10	Acceptance rate	233%	26%	426%	327%	34%	65%
11	Density of capture area	954.07	4,002.96	251.06	826.34	2317.92	756.12
12	Mean distance between stations (m)	512.18	428.46	685.38	550.00	405.77	1,542.47
13	Passengers per unit line	1.00	0.54	0.47	1.80	0.42	0.10

The results show some interesting aspects of this characterization. First, it would be hard to imagine an LRT in a city with population densities of less than 1500/km² on consolidated urban land. This figure is lower when the system is a feeder or complements a conventional subway system, or when it is a tram-train system. Not in vain, light rail transit systems are limited to cities of at least a certain population: Santa Cruz de Tenerife

is the smallest city of the group (over 210,000 inhabitants). With that in mind, a list of the public rail transportation systems in Spanish cities over 200,000 inhabitants has been included (Table 5), and a frontier in cities over 325,000 inhabitants is more or less marked, including the future and uncommon BTR system in Las Palmas (there is no one in Spain for the moment). A second step emerges, delimited by 325 and 200 thousand: cities in that group can have or have not an LRT system, but definitely not a conventional metro system.

Table 5. Existence of metro and/or LRT in the main Spanish cities (municipalities which are part of a metropolis already cited are not included).

City	Population in Thousands (1 January 2021)	Metro/LRT	Notes
Madrid	3305	Metro and LRT	
Barcelona	1636	Metro and LRT	
Valencia	789	Metro and LRT	
Seville	684	Metro and LRT	
Zaragoza	675	LRT	
Málaga	577	Metro	
Murcia	460	LRT	
Palma	419	Metro	
Las Palmas	378	-	Future BTR [84]
Bilbao	346	Metro and LRT	
Alicante	337	Tram-train	
Córdoba	322	-	-
Valladolid	297	-	-
Vigo	293	-	-
Gijón	268	-	Future train system [85]
Vitoria	253	LRT	
A Coruña	245	-	-
Elche	234	-	-
Granada	231	LRT	
Oviedo	217	-	-
Cartagena	216	-	-
Jerez de la Frontera	212	-	Future tram-train [6]
Santa Cruz de Tenerife	208	LRT	
Pamplona	203	-	-
Almería	200	-	-

In Group 1, the data for Zaragoza are surprising: the users of that line double those of the following LRT, Tenerife, while at the same time, such parameters as density of capture area or length of line are not particularly noteworthy. This leads to high numbers in those parameters directly related to users (acceptance rate, users per station, passengers per unit line). One possible reason for this success may be due to another noteworthy fact of this LRT: the mean distance between stations is noticeably shorter than the rest. Therefore, one possible explanation stems from the shorter distance between stations and points of origin/destination of trips. In this sense, it may be observed that Murcia is extreme in both categories, so there might be a relationship between the mean distance between stations and acceptance rate. Figure 6 shows such an equivalence showing a certain logic: even Tenerife could be due to the city being a coastal city, which in practice, means that there are no points 500 m from stations.

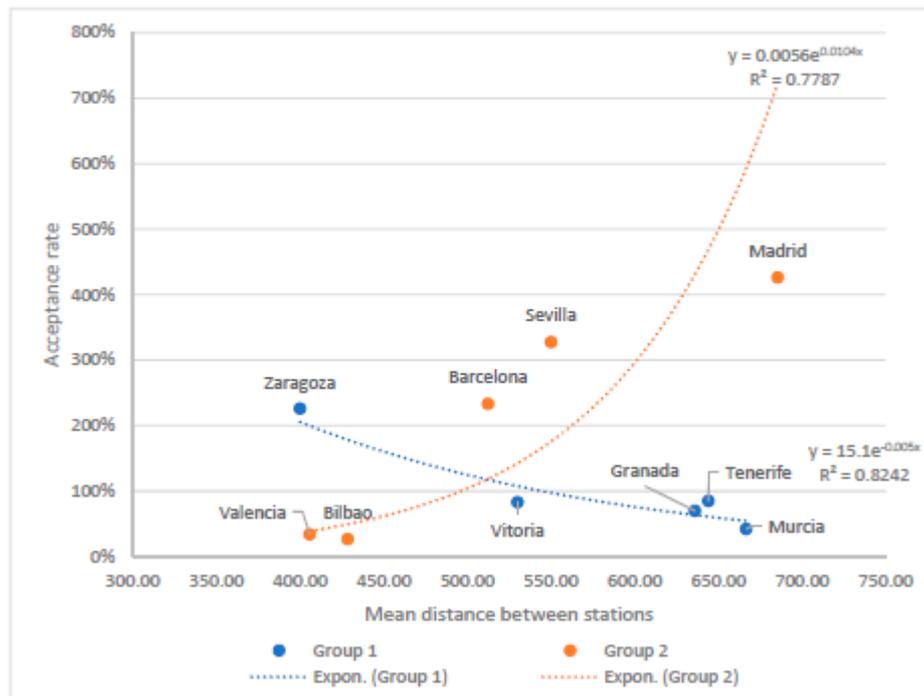


Figure 6. Relationship between acceptance rate and mean distance between stations for Groups 1 and 2.

That figure also shows the values associated with Group 2. In this case, it might be thought that there is an inverse relationship between the distance between stations and the acceptance rate (which would be absurd), but in reality, this relationship does not make sense because the systems compared are not similar. Compared to Group 1, in which LRTs are the main urban transit system, Group 2 includes very dissimilar LRTs that depend on the importance of the conventional subway system. Barcelona and Madrid have excellent subway networks, which are among the major worldwide systems; Seville is a unique line because it is reduced to a route through the touristic city center; in Valencia and Bilbao they are less important lines complementing subway systems in middle-size cities in the European context. However, there is a certain similarity in these last two cities.

In terms of LRT with transfer stations, in Group 1 there are three cases: Tenerife and Vitoria have their transfer stations in the center of the systems, while Murcia main line has a transfer station with the so-called shuttle line. Group 2 LRT schemes are complements of the main metro system. While in Madrid, Barcelona or Valencia LRT lines are mainly in the periphery, in Seville or Bilbao the line is in the very center or in Barcelona. Therefore, a clear pattern for transfer stations cannot be established.

Another interesting trend is the continuity of the total catchment areas. Being the mean distance between stations under the aforesaid distance of 500 m, buffers drawn on consecutive stations tends to intersect one to others. That means a relevant number of users could choose more than one station for riding the LRT. Moreover, a second question emerges: cities are usually compact, so transportation systems have continuity and regularity in the distance between stations.

In terms of line scheme, Murcia presents again an unusual form (Figure 5), with two sections of the same line nearly parallel; there is a distance of 700 m up to 1300 m on foot, so many potential trips could be more rapid and efficient on foot, rather than by LRT. This

could be another explanation for the lower values of this scheme, in comparison with the others.

6. Conclusions

The study reported here proposed the characterization of the LRT systems operating in Spain by determining the values of a series of parameters associated with city geometry, potential and daily users, users per station, acceptance rate, density of catchment areas, or passengers per unit line. Data has been obtained by using QGIS software, and also after research on the official census and on the operator's annual reports.

The main result is the data range obtained. These values show the geometrical picture of the LRT schemes concerning lines, stations and users. These data could be useful in future studies and preliminary projects carried out in other Spanish cities interested in introducing an LRT in their urban grid, and also for comparison with LRT in other countries. As seen in the literature review section, some LRT systems planned in different Spanish cities were finally cancelled due to doubts on the final success of the infrastructure. Moreover, questions concerning the access distances to and from the stations, transfer penalties or oversized projects (and therefore economically unviable) have been set as the main problems related to failed projects. In the analysis, clear differences between the Zaragoza and Murcia LRT success have been exposed, and variances on geometrical values have emerged. Furthermore, results have also proved the differences between cities with LRT as main transportation system, and cities whose LRT scheme complements the subway net: data results are dissimilar in these two circumstances, and also transfer stations works different. Finally, the research has established a method and a group of parameters to define LRTs.

The limitations of this study that should be mentioned are, first, those associated with the sample size which is not very large. A larger sample could reinforce our conclusions. At the same time, other studies on LRTs mentioned at the beginning of this article, are limited to two [14], three [7] and five cases [50], so actually this study is quite complete by comparing to others. It would also be of interest to study the relationship of LRTs to other transportation networks, such as commuter trains or city and metropolitan buses, or ride car parks.

Future work could be in three directions. First, other technical parameters, such as those associated with service quality, could be studied. In this group, stations (roofed or not, seating space, real information on traffic), commercial speed, the distance of the LRT to points of interest in the city, schedules and frequencies, number of seats per vehicle, etc. Second, comparative studies with LRTs in other countries could be carried out to evaluate any similarities or differences. For example, we compared the results of our study with the one on the Turkish LRT carried out several years ago [50], which had some parameters in common with ours (Table 6). Thus, in Turkey, daily service users of the smallest system (Samsun) exceeded 20,000, compared to 5000, 7000 or 9000 in some systems in Spain. The users per station varied in Turkey from 995 to 5700, while only in Barcelona, Seville, Tenerife and Zaragoza did they surpass 995. The stations in Turkey were somewhat farther apart than in Spain (although not by much), and the ratio of riders per unit line varied from 0.75 and 5.09 in Turkey, compared to the range of 0.10 to 2.20 in Spain, where only the systems in Barcelona, Seville, Tenerife and Zaragoza surpass those 0.75 minimums. Apparently, therefore, the Turkish systems are more successful insofar as capturing passengers, although one basic point missing to be able to compare these parameters with more assurance is the population density in the systems' capture areas. Thirdly and lastly, research on the influence of a new LRT in tourism figures (as explained above, LRT cultivates an image of the city as progressive and modern), in the labor market, in the generation of new business or even in the expansion of new residential neighborhoods could be quantified. For that, again, GIS and data on these themes seem to be the right tool for developing a method.

Table 6. Data for Turkey, based on [50].

	Ankara	Bursa	Adana	Kayseri	Samsun
Annual service users (million pax)	35.59	63.87	24.84	14.60	11.71
Length of lines (km)	8.70	30.50	17.40	14.20	15.70
Number of stations (unit)	11.00	31.00	28.00	13.00	21.00
Daily users (pax)	63,553.57	114,053.57	44,357.14	26,071.43	20,910.71
Users per station (pax)	5777.60	3679.15	1584.18	2005.49	995.75
Mean distance between stations (m)	538–994	600–800	800–1000	400–800	600–800
Passengers per unit line	4.09	2.09	1.43	1.03	0.75

Author Contributions: Introduction: E.P.-F. and P.P.-L.; literature review: E.P.-F. and P.P.-L.; study area: E.P.-F. and P.P.-L.; materials and methods: E.P.-F. and P.P.-L.; results and discussion: E.P.-F. and P.P.-L.; conclusions: E.P.-F. and P.P.-L. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was developed within the research project SV-21-GIJON-1-22, funded by the IUTA (Gijon Council and Universidad de Oviedo) with a total of €1.760.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author. The data are not publicly available. The data were obtained on the basis of own research.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Vigarié, A. Le tramway de Nantes: Un exemple d'utilisation des transports en commun pour contrôler et orienter l'urbanisation. *Géocarrefour* **1983**, *58*, 41–50. [CrossRef]
- Bottoms, G.D. Continuing development in light rail transit in Western Europe—United Kingdom, France, Spain, Portugal and Italy. In *Proceedings of the 9th National Light Rail Transit Conference, Portland, Oregon, 16–18 November 2003*; pp. 713–728.
- Matsoukis, E. The Role of a Feasibility Study in Planning A New LRT System. In *Proceedings of the WIT Transactions on The Built Environment*; WIT Press: Southampton, UK, 2003; pp. 25–32.
- Lane, B.W. Significant characteristics of the urban rail renaissance in the United States: A discriminant analysis. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* **2008**, *42*, 279–295. [CrossRef]
- Giménez, I. Once empresas concurren para redactar el proyecto del futuro tranvía. *Diario de Noticias*. 12 April 2006. Available online: <https://web.archive.org/web/20060526090227/> (accessed on 4 December 2021).
- Redacción. El Tranvía completa otro de los hitos pendientes al adjudicar a Renfe el contrato de pre-explotación por 4,2 millones. *Diario de Cádiz*. 17 December 2021. Available online: https://www.diariodecadiz.es/noticias-provincia-cadiz/tranvia-completa-hito-adjudicar-Renfe-contrato-pre-explotacion-video_0_1642036290.html (accessed on 4 December 2021).
- Olesen, M. Framing light rail projects—Case studies from Bergen, Angers and Bern. *Case Stud. Transp. Policy* **2014**, *2*, 10–19. [CrossRef]
- Cervero, R. Journal Report: Light Rail Transit and Urban Development. *J. Am. Plan. Assoc.* **1984**, *50*, 133–147. [CrossRef]
- Handy, S. Smart Growth and the Transportation-Land Use Connection: What Does the Research Tell Us? *Int. Reg. Sci. Rev.* **2005**, *28*, 146–167. [CrossRef]
- Edwards, M.; Mackett, R.L. Developing new urban public transport systems. *Transp. Policy* **1996**, *3*, 225–239. [CrossRef]
- Huang, R.; Moudon, A.V.; Zhou, C.; Stewart, O.T.; Saelens, B.E. Light rail leads to more walking around station areas. *J. Transp. Health* **2017**, *6*, 201–208. [CrossRef]
- Casello, J.; Lewis, G.; Yeung, K.; Santiago-Rodríguez, D. A Transit Technology Selection Model. *J. Public Transp.* **2014**, *17*, 50–75. [CrossRef]
- Mackett, R.; Babalik Sutcliffe, E. New urban rail systems: A policy-based technique to make them more successful. *J. Transp. Geogr.* **2003**, *11*, 151–164. [CrossRef]
- Whitney, W.J.; O'Mahony, M.M. Transport planning in Dublin and Edinburgh. *Proc. Inst. Civ. Eng. Transp.* **1999**, *135*, 163–170. [CrossRef]
- Kołos, A.; Taczanowski, J. The feasibility of introducing light rail systems in medium-sized towns in Central Europe. *J. Transp. Geogr.* **2016**, *54*, 400–413. [CrossRef]

16. Sekasi, J.; Martens, M.L. Assessing the Contributions of Urban Light Rail Transit to the Sustainable Development of Addis Ababa. *Sustainability* **2021**, *13*, 5667. [\[CrossRef\]](#)
17. Mehanović, M. Guidelines for transformation of trams to the light rail system in Sarajevo. *Sci. Eng. Technol.* **2021**, *1*, 42–51. [\[CrossRef\]](#)
18. Chamseddine, Z.; Ait Boukkr, A. Exploring the place of social impacts in urban transport planning: The case of Casablanca City. *Urban Plan. Transp. Res.* **2020**, *8*, 138–157. [\[CrossRef\]](#)
19. Li, H.; Peng, J.; Liu, W.; Huang, Z. Stationary Charging Station Design for Sustainable Urban Rail Systems: A Case Study at Zhuzhou Electric Locomotive Co., China. *Sustainability* **2015**, *7*, 465–481. [\[CrossRef\]](#)
20. Pacheco-Raguz, J.F. Assessing the impacts of Light Rail Transit on urban land in Manila. *J. Transp. Land Use* **2010**, *3*, 113–138. [\[CrossRef\]](#)
21. Abidoye, R.B.; Fam, F.; Oshodi, O.S.; Oyetunji, A.K. Impact of light rail line on residential property values—A case of Sydney, Australia. *Int. J. Hous. Mark. Anal.* **2021**; ahead-of-print. [\[CrossRef\]](#)
22. Falamarzi, A.; Moridpour, S.; Nazem, M. A time-based track quality index: Melbourne tram case study. *Int. J. Rail Transp.* **2021**, *9*, 23–38. [\[CrossRef\]](#)
23. Lee, J.; Boarnet, M.; Houston, D.; Nixon, H.; Spears, S. Changes in Service and Associated Ridership Impacts near a New Light Rail Transit Line. *Sustainability* **2017**, *9*, 1827. [\[CrossRef\]](#)
24. Park, E.S.; Sener, I.N. Traffic-related air emissions in Houston: Effects of light-rail transit. *Sci. Total Environ.* **2019**, *651*, 154–161. [\[CrossRef\]](#)
25. Alade, T.; Edelenbos, J.; Gianoli, A. A Sustainable Approach to Innovation Adoption in Light-Rail Transport. *Sustainability* **2020**, *12*, 1262. [\[CrossRef\]](#)
26. Schoner, J.; Cao, X. Walking for Purpose and Pleasure. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* **2014**, *2464*, 67–76. [\[CrossRef\]](#)
27. Páez, A.; Whalen, K. Enjoyment of commute: A comparison of different transportation modes. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* **2010**, *44*, 537–549. [\[CrossRef\]](#)
28. Roberts, J.; Hu, M.; Saksvig, B.; Brachman, M.; Durand, C. Examining the Influence of a New Light Rail Line on the Health of a Demographically Diverse and Understudied Population within the Washington, D.C. Metropolitan Area: A Protocol for a Natural Experiment Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2018**, *15*, 333. [\[CrossRef\]](#)
29. Pulugurtha, S.S.; Srirangam, L.P. Pedestrian safety at intersections near light rail transit stations. *Public Transp.* **2021**, 1–26. [\[CrossRef\]](#)
30. Crædit, K. Transit-oriented economic development: The impact of light rail on new business starts in the Phoenix, AZ Region, USA. *Urban Stud.* **2018**, *55*, 2838–2862. [\[CrossRef\]](#)
31. Lin, J.; Chen, T.; Han, Q. Simulating and Predicting the Impacts of Light Rail Transit Systems on Urban Land Use by Using Cellular Automata: A Case Study of Dongguan, China. *Sustainability* **2018**, *10*, 1293. [\[CrossRef\]](#)
32. Fan, Y.; Guthrie, A.E.; Levinson, D.M. Impact of light rail implementation on labor market accessibility: A transportation equity perspective. *J. Transp. Land Use* **2012**, *5*, 28–39. [\[CrossRef\]](#)
33. Sovacool, B.K.; Yazdi, A.H. Technological frames and the politics of automated electric Light Rail Rapid Transit in Poland and the United Kingdom. *Technol. Soc.* **2019**, *59*, 101190. [\[CrossRef\]](#)
34. Ferbrache, F.; Knowles, R.D. City boosterism and place-making with light rail transit: A critical review of light rail impacts on city image and quality. *Geoforum* **2017**, *80*, 103–113. [\[CrossRef\]](#)
35. Van Der Bijl, R.; Van Oort, N.; Bukman, B. Light Rail in Bird's Eye View. In *Light Rail Transit Systems*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2018; pp. 1–15.
36. Van Der Bijl, R.; Van Oort, N.; Bukman, B. Making Light Rail. In *Light Rail Transit Systems*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2018; pp. 155–196.
37. Ibrahim, A.N.H.; Borhan, M.N.; Md. Yusoff, N.I.; Ismail, A. Rail-based Public Transport Service Quality and User Satisfaction—A Literature Review. *Promet Traffic Transp.* **2020**, *32*, 423–435. [\[CrossRef\]](#)
38. Chowdhury, S.; Ceder, A. Users' willingness to ride an integrated public-transport service: A literature review. *Transp. Policy* **2016**, *48*, 183–195. [\[CrossRef\]](#)
39. Shen, W.; Xiao, W.; Wang, X. Passenger satisfaction evaluation model for Urban rail transit: A structural equation modeling based on partial least squares. *Transp. Policy* **2016**, *46*, 20–31. [\[CrossRef\]](#)
40. Ibrahim, A.N.H.; Borhan, M.N.; Mat Yazid, M.R.; Rahmat, R.A.; Yukawa, S. Factors Influencing Passengers' Satisfaction with the Light Rail Transit Service in Alpha Cities: Evidence from Kuala Lumpur, Malaysia Using Structural Equation Modelling. *Mathematics* **2021**, *9*, 1954. [\[CrossRef\]](#)
41. De Oña, J.; de Oña, R.; Eboli, L.; Mazzulla, G. Perceived service quality in bus transit service: A structural equation approach. *Transp. Policy* **2013**, *29*, 219–226. [\[CrossRef\]](#)
42. Kingham, S.; Dickinson, J.; Copesey, S. Travelling to work: Will people move out of their cars. *Transp. Policy* **2001**, *8*, 151–160. [\[CrossRef\]](#)
43. Galdames, C.; Tudela, A.; Carrasco, J.-A. Exploring the Role of Psychological Factors in Mode Choice Models by a Latent Variables Approach. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* **2011**, *2230*, 68–74. [\[CrossRef\]](#)
44. Guo, Z.; Wilson, N.H.M. Modeling Effects of Transit System Transfers on Travel Behavior. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* **2007**, *2006*, 11–20. [\[CrossRef\]](#)

45. Albalade, D.; Bel, G.; Fageda, X. When supply travels far beyond demand: Causes of oversupply in Spain's transport infrastructure. *Transp. Policy* **2015**, *41*, 80–89. [CrossRef]
46. Donaire, G. El tranvía de Jaén, 120 millones tirados a una vía muerta. *El País*. 26 May 2013. Available online: https://elpais.com/caaa/2013/05/24/andalucia/1369396376_116395.html (accessed on 4 December 2021).
47. Vila, Á. Caballero, tajante sobre el regreso del tranvía a Vigo: "Las ciudades que lo hicieron quebraron". *Metropolitano Gal.* 3 February 2021. Available online: <https://metropolitano.gal/enfoque/caballero-tajante-sobre-el-regreso-del-tranvia-a-vigo-las-ciudades-que-lo-hicieron-quebraron/> (accessed on 4 December 2021).
48. Lamas, J. Un metro llamado ligero que el viento se llevó. *La Voz Galicia*. 8 November 2021. Available online: https://www.lavozdegalicia.es/noticia/vigo/vigo/2021/11/09/metro-llamado-ligero-viento-llevo/0003_202111V9C8991.htm (accessed on 4 December 2021).
49. Kim, K.W.; Lee, D.W.; Chun, Y.H. A comparative study on the service coverages of subways and buses. *KSCE J. Civ. Eng.* **2010**, *14*, 915–922. [CrossRef]
50. Vitosoglu, Y.; Ozden, R.; Yaliniz, P.; Bilgic, S. Comparison of Light Rail Systems in Turkey with the Method of Comparative Standard Determination. *Transp. Res. Procedia* **2014**, *3*, 670–679. [CrossRef]
51. Alpokin, P.; Topuz Kiremitci, S.; Black, J.A.; Cetinavci, S. LRT and street tram policies and implementation in Turkish cities. *J. Transp. Geogr.* **2016**, *54*, 476–487. [CrossRef]
52. Van der Bijl, R.; Utsunomiya, K.; van Oort, N. Failed projects offer valuable lessons for future schemes. *Int. Railway J.* **2020**. Available online: https://www.railjournal.com/in_depth/failed-projects-valuable-lessons-future-schemes (accessed on 4 December 2021).
53. Monzón de Cáceres, A.; López García de Léaniz, C.; Del Cuvillo, R.; Julio Castillo, R.; Sánchez Sacristán, C.M. Observatorio de la Movilidad Metropolitana. Available online: <http://www.observatoriomovilidad.es/publicaciones/informes.html> (accessed on 8 March 2020).
54. Martín Urbano, P.; Ruiz Rúa, A.; Sánchez Gutiérrez, J.I. El sistema de transporte público en España: Una perspectiva interregional. *Cuad. Econ.* **2012**, *31*, 195–228.
55. Navarro-Ligero, M.L.; Valenzuela-Montes, L.M. The performance of planning hypotheses about urban-transport futures: The Light Rail Transit in Granada. *Transp. Res. Procedia* **2019**, *41*, 596–608. [CrossRef]
56. Talavera García, R.; Valenzuela Montes, L.M.; Soria Lara, J.A. Evaluando la influencia de la calidad de la distancia peatonal en la cobertura de paradas del metro ligero de Granada (España). *Bol. La Asoc. Geogr. Españoles* **2018**, *79*, 1–25. [CrossRef]
57. Jiménez-Torrecillas, A.; Hernández-Soriano, R.; Ruiz, L.M.; Rodríguez-Aguilera, A.; Tierza, C.; Garzón, F.; Carvajal, R.; Sánchez-López, A.; Moreno, J.D. Integración de restos arqueológicos Almohades en el metropolitano de Granada. La investigación multidisciplinar para el proyecto y desarrollo de infraestructuras contemporáneas en los centros históricos. *Inf. Constr.* **2014**, *66*, e036. [CrossRef]
58. Andersen, J.L.E.; Landex, A. Catchment areas for public transport. *WIT Trans. Built Environ.* **2008**, *101*, 175–184.
59. Cervero, R.; Kang, C.D. Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea. *Transp. Policy* **2011**, *18*, 102–116. [CrossRef]
60. Hess, D.B. Walking to the bus: Perceived versus actual walking distance to bus stops for older adults. *Transp.* **2012**, *39*, 247–266. [CrossRef]
61. Park, S.; Deakin, E.; Jang, K. Can Good Walkability Expand the Size of Transit-Oriented Developments? *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* **2015**, *2519*, 157–164. [CrossRef]
62. Ewing, R.; Cervero, R. Travel and the Built Environment. *J. Am. Plan. Assoc.* **2010**, *76*, 265–294. [CrossRef]
63. Cervero, R.; Kockelman, K. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* **1997**, *2*, 199–219. [CrossRef]
64. Sarker, R.I.; Mailer, M.; Sikder, S.K. Walking to a public transport station. *Smart Sustain. Built Environ.* **2019**, *9*, 38–53. [CrossRef]
65. Ma, X.; Jin, Y.; He, M. Measuring Bikeshare Access/Egress Transferring Distance and Catchment Area around Metro Stations from Smartcard Data. *Information* **2018**, *9*, 289. [CrossRef]
66. Hess, D.B.; Almeida, T.M. Impact of Proximity to Light Rail Rapid Transit on Station-area Property Values in Buffalo, New York. *Urban Stud.* **2007**, *44*, 1041–1068. [CrossRef]
67. Oluyomi, A.O.; Knell, G.; Durand, C.P.; Mercader, C.; Salvo, D.; Sener, I.N.; Gabriel, K.P.; Hoelscher, D.M.; Kohl, H.W. Foot-based audit of streets adjacent to new light rail stations in Houston, Texas: Measurement of health-related characteristics of the built environment for physical activity research. *BMC Public Health* **2019**, *19*, 238. [CrossRef]
68. Kuby, M.; Barranda, A.; Upchurch, C. Factors influencing light-rail station boardings in the United States. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* **2004**, *38*, 223–247. [CrossRef]
69. Fajri, F.M.; Sumabrata, J. Analysis of Transit Oriented Development Potential on Light Rail Transit Palembang, Simpang Poldo Station Area. *MATEC Web Conf.* **2019**, *259*, 5003. [CrossRef]
70. O'Sullivan, S.; Morrall, J. Walking Distances to and from Light-Rail Transit Stations. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* **1996**, *1538*, 19–26. [CrossRef]
71. Ortega Ortiz, C. *Estudio de Viabilidad, Anteproyecto, Proyecto Constructivo de Referencia, Documentación Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una Línea de Tranvía Este—Oeste en Zaragoza*; University of Zaragoza: Barcelona, Spain, 2017.

72. Gutiérrez, J.; García-Palomares, J.C. Distance-Measure Impacts on the Calculation of Transport Service Areas Using GIS. *Environ. Plan. B Plan. Des.* **2008**, *35*, 480–503. [CrossRef]
73. Magalhães, M.T. Spatial coverage index for assessing national and regional transportation infrastructures. *J. Transp. Geogr.* **2016**, *56*, 53–61. [CrossRef]
74. Furth, P.G.; Mekuria, M.C.; SanClemente, J.L. Stop Spacing Analysis Using Geographic Information System Tools with Parcel and Street Network Data. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* **2007**, *2034*, 73–81. [CrossRef]
75. Banai, R. Transit Station Area Land Use/Site Assessment with Multiple Criteria: An Integrated GIS-Expert System Prototype. *J. Public Transp.* **2000**, *3*, 95–110. [CrossRef]
76. Bhuyan, I.A.; Chavis, C.; Nickkar, A.; Barnes, P. GIS-Based Equity Gap Analysis: Case Study of Baltimore Bike Share Program. *Urban Sci.* **2019**, *3*, 42. [CrossRef]
77. Miller, H.J.; Shaw, S.-L. Geographic Information Systems for Transportation in the 21st Century. *Geogr. Compass* **2015**, *9*, 180–189. [CrossRef]
78. Breje, M.; Bilaşco, Ş.; Roşca, S.; Fodorean, I.; Vescan, I. GIS spatial analysis model for access time to public health infrastructure. Case study: Arad County, Romania. In Proceedings of the International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, Albena, Bulgaria, 28 June–9 July 2019; pp. 865–872.
79. Hamed, M.M.; Easa, S.M. Integrated Modeling of Urban Shopping Activities. *J. Urban Plan. Dev.* **1998**, *124*, 115–131. [CrossRef]
80. Prasertsri, N.; Sangpradid, S. Parking Site Selection for Light Rail Stations in Mueang District, Khon Kaen, Thailand. *Symmetry* **2020**, *12*, 1055. [CrossRef]
81. Farooq, A.; Xie, M.; Stoilova, S.; Ahmad, F.; Guo, M.; Williams, E.J.; Gahlot, V.K.; Yan, D.; Mahamat Issa, A. Transportation Planning through GIS and Multicriteria Analysis: Case Study of Beijing and XiongAn. *J. Adv. Transp.* **2018**, *2018*, 1–16. [CrossRef]
82. Farooq, A.; Xie, M.; Stoilova, S.; Ahmad, F. Multicriteria Evaluation of Transport Plan for High-Speed Rail: An Application to Beijing-Xiongan. *Math. Probl. Eng.* **2019**, *2019*, 1–23. [CrossRef]
83. Tejedor, S.D. El 53,5% de los gijoneses estará a menos de 15 minutos de una estación. *El Comercio*. 10 March 2021. Available online: <https://www.elcomercio.es/gijon/gijoneses-minutos-estacion-20210310001620-ntvo.html> (accessed on 4 December 2021).
84. Redacción. *El Mitma Destina otro Millón de Euros al Proyecto de la MetroGuagua de Las Palmas de Gran Canaria*; Europa Press: London, UK, 2022; Available online: <https://www.europapress.es/islas-canarias/noticia-mitma-destina-otro-millon-euros-proyecto-metroguagua-palmas-gran-canaria-20220104134455.html> (accessed on 4 December 2021).
85. Redacción. Un Proyecto Conjunto Fijará Plazos Para El Plan de Vías y El Metrotrén. *Mi Gijón*. 15 December 2021. Available online: <https://migiion.com/proyecto-conjunto-fijara-plazos-plan-vias-metrotren-gijon/> (accessed on 4 December 2021).

Article 2: Impact of COVID-19 on urban transportation habits in the city of Gijón



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Transportation Research Procedia 58 (2021) 535–542



14th Conference on Transport Engineering: 6th – 8th July 2021

Impact of COVID-19 on urban transportation habits in the city of Gijón

Estela Pantiga Facal^{a,*}, Irene Méndez Manjón^a, Pedro Plasencia-Lozano^a

^aUniversity of Oviedo, Mieres 33600, Spain

Abstract

The COVID-19 pandemic has greatly changed daily habits in terms of mobility, particularly in cities. The fear of prolonged contact with other users on public transport may cause great changes in citizens' preferences towards transport in private vehicles, motorized or not, and sharing. The aim of this study was to assess the changes in mobility habits based on an online survey in Gijón (Spain) taken at the end of summer 2020, after the first wave, and generation of the so-called “new normality”. This document presents a preview of the main results, related to the vehicles most used by Gijón's population. The results have allowed us to observe an increase in the use of private vehicles and, consequently, decrease in use of the bus. In addition, the survey sample also demonstrated the scant insertion of PMVs, motorcycles and bicycles in citizens' preferences. Finally, they also showed gender and age differences in urban mobility.

© 2021 The Authors. Published by ELSEVIER B.V.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the 14th Conference on Transport Engineering

Keywords: online survey; transportation behavior; mobility; COVID-19

1. Introduction and objective

At the beginning 2020, the virus later known as SARS-CoV-2 began to spread through the city of Wuhan, China. On March 11, 2020, the WHO determined that the situation of the COVID-19 disease caused by SARS-CoV-2 was pandemic. Days later, and in harmony with what occurred in surrounding countries, on March 14th, the Spanish government decreed a state of emergency and home confinement until June 20th.

The effects of this pandemic, and of confinement, caused substantial changes in the habits of millions of people in all walks of life; among others, there are signs that the preferences for use of different means of transportation have been profoundly affected. This relationship is not exclusive to COVID-19, as after a detailed analysis of extant

* Corresponding author. Tel.: +34 655 988 327.

E-mail address: estela.pantigafacal@gmail.com

literature, Muley et al. (2020) found a strong relationship between the appearance of contagious diseases and significant changes in the transportation sector, proved by other pandemics in the 21st century before COVID-19: SARS (2003), influenza A (2009) and MERS (2012). However, during the past year, interest in knowing the effect of COVID-19 on mobility habits has generated an enormous amount of information. This was emphasized in surveys and indicators such as Apple's reports on trends in mobility (Apple Maps, 2020); and the Nextdoor app noted that in cities like Madrid and Barcelona, over half of the population has changed its travel customs (Interempresas, 2020), and other services, such as the Moovit platform (Moovit, 2020) have also suggest this. Likewise, with tremendous immediacy, scientific journals began to publish a considerable number of studies that analyzed the effect of the pandemic on transportation habits in different countries (Awad-Núñez et al., 2021; Carteni et al., 2020; Linka et al., 2020; Orro et al., 2020; Tian et al., 2021), and databases focused on future studies of mobility (Barbieri et al., 2020).

The methods for evaluating these changes have been diverse. Aloï et al. (2020) collected data from traffic counters, ITS public transportation, traffic control cameras and environmental sensors, to evaluate the effect in Santander (Spain); Bucsky (2020) took data from official sources to measure the changes in Budapest; Klein et al. (2020) used mobility data from the Cuebiq platform; Brough et al. (2021) combined data from government administrations and own surveys; Khaddar and Fatmi (2021) used data from the 2020 COVID-19 Survey for Assessing Travel Impact (COST); and Bartuska and Masek (2021) analyzed data from traffic surveys.

Along with these methods, some researchers have chosen to take surveys of their own. Surveys are widely used for acquiring information on transportation (Ortúzar et al., 2011; Plasencia-Lozano, 2021), and table 1 shows a diversity of studies carried out in different places. In general, strong changes in urban mobility were observed in all of them in line with the effects on travel behaviour noted by Muley: Decrease in the number of trips, in the use of public transportation and in distances covered, and an increase in the use of private vehicles, bicycles and walking. All of them were done before the summer of 2020 and analysed the effect of COVID-19 during its most complicated moment, due to its novelty, and therefore more in contrast to the pre-pandemic situation.

Table 1. Survey studies on variations in mobility habits related to COVID-19.

Source	Place	Sample size	Dates
(Campisi et al., 2020)	Sicily (Italy)	431	March 13 - April 13, 2020
(Mogaji, 2020)	Lagos (Nigeria)	329	May 18 - May 24, 2020
(Beck and Hensher, 2020)	Australia	1,073	March 30 - April 15, 2020
(Shamshiripour et al., 2020)	Chicago (USA)	1,200	April 25 - June 2, 2020
(König and Dreßler, 2021)	Altmarkkreis Salzwedel district (Germany)	117	April - May, 2020
(Campisi et al., 2020)	Sicily (Italy)	431	March 13 - April 13, 2020

At the end of spring and beginning of summer 2020, there was a strong descent in contagion, and the authorities in Spain began to talk about remission of the pandemic in a context baptized as "the new normality". On June 20th, "reconquering mobility" was expressly suggested, and on July 4th, citizens were encouraged to "recover the streets" (Benito, 2021). Although we now know that this first wave was followed by several more, at that moment between the first and following waves, which coincided with the summer of 2020, is of interest for studying mobility habits, at least in Spain, because on those dates, society (or part of it) made decisions within a context of "reconquered mobility" and "recovered streets". Therefore, it could give us a clue to what were going to be the mobility habits in the final scenario mentioned, when it occurs. With this in mind, on those dates, during the summer and beginning of autumn 2020, we conducted a study using an online survey to evaluate the effect of the pandemic on the mobility habits of the population of Gijón, a middle-sized Spanish city with several transportation options.

2. Materials and methods

The study is focused on the city of Gijón (Spain), which currently has a population of 271,780 and an area of 181.7 km². In addition to a large urban bus system, in the city a car sharing and e-moped sharing service (*Himobility*) can be found since 2019, and an e-bike service is also in service since 2018 (*Tucycle*).

A survey was designed for the study (Table 2) and distributed to the population in an online form from August 15, 2020 to November 5, 2020 (date the state of emergency that officially determined the beginning of the second wave

was declared) related to mobility habits. A link to the survey was distributed by email, in social networks and in QR codes linked to the form. A statement clarified that only those inhabitants of the city aged 18 to 99 who must move around it and need to use a vehicle to do so could answer. Descriptive statistics were used in data processing, although in future these data could be used for developing an inferential statistics research.

Table 2. Questions and answer choices in the online form

Question	Answer choices
1 State your age	Open answer
2 State your sex	Female, Male
3 Before March 2020, what type of transportation did you mostly use to get around?	Private car, Bicycle, Motorbike (own or sharing), Scooter, Bus, Taxi
4 Before March 2020, did you have a bicycle, motorbike or electric scooter?	Yes, traditional bicycle. Yes, e-bike. Yes, e-scooter. Yes, traditional motorbike. Yes, e-moped. No.
5 After March 2020, what type of transportation did you mostly use to get around?	Private car, bicycle (own or sharing). Motorbike (own or sharing). Scooter. Bus. Taxi.
6 After March 2020, have you acquired some type of bicycle or e-scooter?	Yes, traditional bicycle. Yes, e-bike. Yes, e-scooter. Yes, traditional motorbike. Yes, e-moped. No.
7 Related to the e-bike sharing service <i>TuCycle</i>	I was a member and still am. I was a member before March 2020 but am not now. I was not a member before March 2020 and am still not. I was not a member before March 2020, but now I am.
8 Related to the e-moped sharing service <i>HiMobility</i>	I was a member before March 2020 and still am. I was a member before March 2020 but am not now. I was not a member before March 2020 and am still not. I was not a member before March 2020, but now I am.

After the survey was distributed, a total of 630 responses were received as of November 5, 2020, all of them valid. Of these 55.6% were women (350) and 44.4% were men (280); these figures are similar to the social reality of Gijón (Table 3). There were strong differences with respect to reality in age groups, as people aged 18–25 are hardly represented at all, while there is a significant overrepresentation of people over 65. The margin of error was found applying the formula (1). The values entered were the size of the population of Gijón over 18 years of age, $N = 235,075$; the sample size $n = 630$; and $p = 0.5$. Following a normal distribution, $z_{(\alpha/2)} = 1.96$, for a confidence level of $(1 - \alpha) = 95\%$. The margin of error was therefore $e = \pm 3,9\%$.

$$n = \frac{N \cdot z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot p(1-p)}{e^2 \cdot (N-1) + z_{\frac{\alpha}{2}}^2 \cdot p(1-p)} \tag{1}$$

Table 3. Respondents by gender and age, and comparison with real population in Gijón 18 years and over

		Sample frequency	Sample percentage	Gijón real percentage
Gender	Female	350	55.6%	53.5%
	Male	280	44.4%	46.5%
Age	18-25	159	25.2%	7.7%
	26-65	450	71.4%	63.9%
	>65	21	3.4%	28.4%

3. Results

The answers to question 3 (Table 4) show that the means of transportation most used before the pandemic by over 50% of the users, excluding pedestrians, was private vehicle. The bus was used by 36.8%, and the rest were hardly used at all. Comparing this to the answers to question 5 (Table 5), it may be observed that private car users increased greatly (14.1 points) as did bicycle users (3.8 points), while use of bus diminished (19.5 points). The rest of vehicles increased slightly. There was an unequal evolution of data by gender (Figure 1): before March 2020, women used private cars less than men, but used the bus to a similar extent. However, after the first wave of the pandemic, their use of the private car was practically the same as men. Men in turn, have chosen to use alternative private vehicles more than women: the set bicycle+moped+scooter rose among men from 12.1% to 17.5%, while in women it went from 2.3% to 5.5%. By age range, the private car was observed to increase greatly in the 18-25 group by 36.1%, and

7.6% in the 26-65 age range, while over 65 remained the same, and this rise was due to the drop in use of the bus, in the group 18-25 by 44.2%, in the 26-65 group by 12.1%, and in the group over 65, the drop is 5.1%.

Table 4. Question 3. Before March 2020, what type of transportation did you mostly use to get around?

		Private car	Bicycle	Motorbike (own or sharing)	Scooter	Bus	Taxi	Total
Women	Responses	171	4	2	2	171	0	350
	Percentage	48.9%	1.1%	0.6%	0.6%	48.9%	0.0%	100.0%
Men	Responses	183	14	17	3	61	2	280
	Percentage	65.4%	5.0%	6.1%	1.1%	21.8%	0.7%	100.0%
18-25	Responses	34	3	1	0	117	0	155
	Percentage	21.9%	1.9%	0.6%	0.0%	75.5%	0.0%	100.0%
26-65	Responses	303	15	18	5	111	2	454
	Percentage	66.7%	3.3%	4.0%	1.1%	24.4%	0.4%	100.0%
>65	Responses	17	0	0	0	4	0	21
	Percentage	81.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19.0%	0.0%	100.0%
Total	Responses	354	18	19	5	232	2	630
	Percentage	56.2%	2.9%	3.0%	0.8%	36.8%	0.3%	100.0%

Table 5. Question 5. Since March 2020, what type of transportation do you mostly use to get around?

		Private car	Bicycle	Motorbike (own or sharing)	Scooter	Bus	Taxi	Total
Women	Responses	244	16	2	1	80	7	350
	Percentage	69.7%	4.6%	0.6%	0.3%	22.9%	2.0%	100.0%
Men	Responses	199	26	19	4	29	3	280
	Percentage	71.1%	9.3%	6.8%	1.4%	10.4%	1.1%	100.0%
18-25	Responses	92	11	1	2	50	3	159
	Percentage	57.9%	6.9%	0.6%	1.3%	31.4%	1.9%	100.0%
26-65	Responses	334	31	20	3	56	6	450
	Percentage	74.2%	6.9%	4.4%	0.7%	12.4%	1.3%	100.0%
>65	Responses	17	0	0	0	3	1	21
	Percentage	81.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	4.8%	100.0%
Total	Responses	443	42	21	5	109	10	630
	Percentage	70.3%	6.7%	3.3%	0.8%	17.3%	1.6%	100.0%

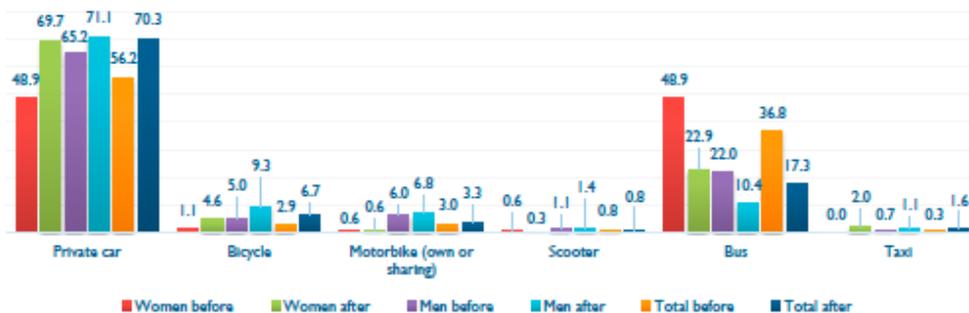


Fig. 1. Comparison, in percentage, of means of transportation used before and after March 2020 by gender

Questions 4 and 6 referred to the evolution of the private vehicle pool other than cars. Before 2020, over 42% of the population owned some type of vehicle of the following types: bicycle or e-bike, e-moped or motorbike, e-scooter. After March 2020, 6.3% of the population claimed to have acquired a vehicle of this kind. An analysis by gender showed that before the pandemic, a higher percentage of men and women had vehicles of this type (57% vs 30%); after the pandemic, the percentage of men who acquired these vehicles was higher than women (8.9% vs 4.3%).

Analyzing these data by age range, over 44% of the group of young people (18-25) had one of the vehicles mentioned, and similar in the 26-65 group (42%), however in the group over 65, only 18% had one of these vehicles. After March 2020, in all of the groups, over 93% had not acquired any of the vehicles mentioned above.

Table 6. Question 4. Before March 2020, did you have a bicycle, moped or e-scooter?

		Yes, traditional bicycle	Yes, e-bike	Yes, e-scooter	Yes, motorbike	Yes, e-moped	No	Total
Women	Responses	88	3	3	12	1	249	356
	Percentage	24.7%	0.8%	0.8%	3.4%	0.3%	69.9%	100.0%
Men	Responses	126	5	11	25	0	126	293
	Percentage	43.0%	1.7%	3.8%	8.5%	0.0%	43.0%	100.0%
18-25	Responses	62	0	6	3	0	89	160
	Percentage	38.8%	0.0%	3.8%	1.9%	0.0%	55.6%	100.0%
26-65	Responses	149	8	8	34	1	268	468
	Percentage	31.8%	1.7%	1.7%	7.3%	0.2%	57.3%	100.0%
>65	Responses	3	0	0	1	0	18	22
	Percentage	13.6%	0.0%	0.0%	4.5%	0.0%	81.8%	100.0%
Total	Responses	214	8	14	37	1	375	649
	Responses	33.0%	1.2%	2.2%	5.7%	0.2%	57.8%	100.0%

Table 7. Question 6. Since March 2020, Have you acquired a bicycle, moped or e-scooter?

		Yes, traditional bicycle	Yes, e-bike	Yes, e-scooter	Yes, motorbike	Yes, e-moped	No	Total
Women	Responses	11	1	2	1	0	335	350
	Percentage	3.1%	0.3%	0.6%	0.3%	0.0%	95.7%	100.0%
Men	Responses	17	2	1	5	0	256	281
	Percentage	6.0%	0.7%	0.4%	1.8%	0.0%	91.1%	100.0%
18-25	Responses	6	1	1	2	0	150	160
	Percentage	3.8%	0.6%	0.6%	1.3%	0.0%	93.8%	100.0%
26-65	Responses	23	2	2	5	0	420	452
	Percentage	5.1%	0.4%	0.4%	1.1%	0.0%	92.9%	100.0%
>65	Responses	0	0	0	0	0	21	21
	Percentage	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
Total	Responses	28	3	3	6	0	591	631
	Responses	4.4%	0.5%	0.5%	1.0%	0.0%	93.7%	100.0%

Questions 7 and 8 asked about bicycle and e-moped rental services. With regard to e-bikes, new and leaving members led to lack of variation in the number of members. e-mopeds went from 2.1% of the population before the pandemic to 3.6% afterwards, for a relative increase of 71%. By age group, in the group of young people, there were 0.6% fewer, while in the group 26-65 there was a 0.4% increase.

Table 8. Question 7. Related to the e-bike rental service "TuCycle"

		I was a member and still am	I was a member, but am not now	I was not a member and am still not	I was not a member, but now I am.	Total
Women	Responses	6	2	339	3	350
	Percentage	1.7%	0.6%	96.9%	0.9%	100.0%
Men	Responses	12	6	257	5	280
	Percentage	4.3%	2.1%	91.8%	1.8%	100.0%
18-25	Responses	1	4	151	3	159
	Percentage	0.6%	2.5%	95.0%	1.9%	100.0%
26-65	Responses	17	4	424	5	450
	Percentage	3.8%	0.9%	94.2%	1.1%	100.0%
>65	Responses	0	0	21	0	21
	Percentage	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
Total	Responses	18	8	596	8	630
	Responses	2.9%	1.3%	94.6%	1.3%	100.0%

Table 9. Question 8. Related to the e-moped rental service "HiMobility"

		I was a member and still am	I was a member, but am not now	I was not a member and am still not	I was not a member, but now I am.	Total
Women	Responses	2	1	343	4	350
	Percentage	0.6%	0.3%	98.0%	1.1%	100.0%
Men	Responses	11	3	257	9	280
	Percentage	3.9%	1.1%	91.8%	3.2%	100.0%
18-25	Responses	1	1	155	1	158
	Percentage	0.6%	0.6%	98.1%	0.6%	100.0%
26-65	Responses	12	3	424	12	451
	Percentage	2.7%	0.7%	94.0%	2.7%	100.0%
>65	Responses	0	0	21	0	21
	Percentage	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%
Total	Responses	13	4	600	13	630
	Percentage	2.1%	0.6%	95.2%	2.1%	100.0%

4. Discussion

The main conclusion arrived at from the survey responses is that, although the majority of users already used private vehicles as their usual means of transport before the pandemic, there was a large increase in their use, by both men and women, in a higher percentage than the margin of error mentioned above (total of 56% to 70%); at the same time, bus fare increased, and its use fell drastically (from 36% to 17%). In the rest of the means of transport no significant variations were observed (higher than margin of error).

It is also observed that those surveyed acquired one of the following types of vehicle: e-bike or bicycle, e-moped or motorbike, or e-scooter. Only 6.3% said they had acquired one after the pandemic began, and 4.4% were bicycles. Neither is there an increase in sharing services, as only 1.3% said they had become members of the city's bicycle rental service, and 2.1% of the moped rental service.

Furthermore, gender was important both before and after the pandemic, observing more use of the bus by women, and more use of private cars, bicycles and motorbikes by men. This effect has been widely analyzed in the literature (Figuerola Martínez and Waintrub Santibáñez, 2015; Law, 1999). The gender effect in the city could also be related to women's employment sectors: before the pandemic, most women worked in sales, healthcare, education and restaurants/hotels (INE, 2019), and these establishments are usually in city centers or zones easily accessible by bus, which could be why those workers habitually make use of public transportation.

The reason for the increase in mobility by private vehicle may be fear of contagion in public transportation due to prolonged contact with other riders, especially at rush hour, as well as occasional drop in service level. Users decided to use private vehicles before using a personal mobility vehicle or a sharing service, which reflects the lack of safety of these vehicles, their price or the city's climate, which could be reasons for this deficit of users.

The results of this study are in line with what those cited in the introduction, which were done just before this one. As the Apple and Nextdoor app mobility reports demonstrated, in cities like Madrid and Barcelona, over half of the population had modified their mobility habits. In Gijón, a change in means of transport was also observed, although not as drastic as in Madrid or Barcelona, which are larger cities with more traffic and more public transportation choices. In this case, half of those surveyed were already usually using a private vehicle, so their habits were not modified; nevertheless, the 36% of users who traveled by bus was reduced to 17% after March 2020.

This study had some limitations. The main problem with the method used is the limitation in generating questions asked in the survey, because the form cannot be very long or respondents could lose interest. This may have led to the omission of some interesting questions, such as those related to users who shared vehicles before and after the pandemic or the usual destination of the respondents, as their usual means of transportation would vary depending on where they work or study, in the city center or in the outskirts or even in another city in the region. And the representativeness of the sample could affect the results in the 18 to 25 age group.

One of the results that might have been expected was a large increase in the number of users of the bicycle as their usual means of transportation after the pandemic, because the city has a bike lane. This did increase from 2.9% to 6.7%, although this difference is perhaps not as wide as could have been expected: the lack of connectivity between bike lanes in the city (Grande, 2020) could be behind this figure.

Future studies on mobility since the beginning of the pandemic could consider other factors, such as finding out whether people who usually share cars continue to do so or whether on the contrary, many users of public transportation have now decided to share a vehicle; whether there is any difference between mobility in the different waves, since in this case only the period after the first was evaluated; or include pedestrian mobility in the study. It might also make sense to study a second wave a year after it, or in successive years; and likewise, the results could be combined with changes in the labor market (increase in telecommuting) or unemployment scenarios arising.

5. Conclusions

This study analyzed the effect of the appearance of the pandemic associated with COVID-19 on mobility habits in the Spanish city of Gijón, 270,000 inhabitants, where a good city bus system, and car-sharing, moped-sharing and bike-sharing services can be found. A survey was taken from August 2020 to early November 2020. The survey included eight questions focusing on finding out the variation in type of transportation most used for everyday travel, about possible acquisition of personal mobility vehicles, and joining and leaving bike-sharing and moped-sharing services. This is a pioneer study of the mobility habits related to the pandemic in Gijón, and the results were analyzed based on descriptive statistics. A large part of its value is that it shows a snapshot of a particular moment: that moment at which there was a certain return to normality, in order to evaluate the changes that occurred between the situation before the pandemic and the situation in the summer of 2020, after the first wave.

The main conclusion is a strong increase in the habitual use of the private vehicle, by both men and women, and a decrease in use of the bus. In the rest of the means of transportation, no significant variation was observed. After the first wave of the pandemic, a certain renewed high in acquisition of personal mobility vehicles by those surveyed was observed. Finally, in regard to shared vehicles, it could only be deduced that there were no important variations.

Gender was demonstrated to affect mobility. Both before and after the pandemic, women used the bus more, and men used private car, bicycle and motorbike more. With regard to the vehicles owned, before the pandemic, more men than women had personal mobility vehicles; after the pandemic, the percentage of men who acquired these vehicles was also higher than women (8.9% vs 4.3%). More people went from public transportation to private in the group of young people (18-25); the group over 65 did not change their habits, because most of them were already using a private vehicle for getting around before the pandemic. Similarly, in regard to owning a PMV, a sharp generational change was observed among those up to 65 years of age compared to those over, as over 42% of the first had a PMV before the pandemic compared to 18% of the latter.

The main limitations of the study were the underrepresentation of young people from 18 to 25, along with the short survey, which did not go into detail so the questionnaire could be answered quickly.

Finally, this study could be a model (both in how it acquired data and the brevity of the survey) for analyzing future modification of mobility habits, as the number of responses was representative (except for underrepresentation of young people), and interesting conclusions were arrived at concerning the objectives set. The possibility of following surveys on the same city to acquire a dataset that can be used to analyze evolution over time of urban mobility habits in Gijón remains open.

Acknowledgements

This study was carried out in the framework of research project SV-20-GIJÓN-1-21 funded by the IUTA (University of Oviedo and Gijón City Council). The authors wish to recognize the contribution of Dr. Juan Sevilla (University of Oviedo) and Jorge Muriel (Taksee Imbric) for their help during the research.

References

- Aloi, A. et al. (2020) 'Effects of the COVID-19 Lockdown on Urban Mobility: Empirical Evidence from the City of Santander (Spain)'. *Sustainability*, 12(9), p. 3870. doi: 10.3390/su12093870.
- Ampt, E. S. and Ortúzar, J. de D. (2004) 'On Best Practice in Continuous Large-scale Mobility Surveys', *Transport Reviews*, 24(3), pp. 337–363. doi: 10.1080/0144164032000140703.
- Awad-Núñez, S. et al. (2021) 'Acceptability of sustainable mobility policies under a post-COVID-19 scenario. Evidence from Spain', *Transport*

- Policy*, 106, pp. 205–214. doi: 10.1016/j.tranpol.2021.04.010.
- Ayuntamiento de Gijón (2021) *Aprobada por mayoría la Ordenanza de Movilidad Sostenible*. Available at: <https://www.gijon.es/es/noticias/aprobada-por-mayoria-la-ordenanza-de-movilidad-sostenible> (Accessed: 1 April 2021).
- Barbieri, D. M. et al. (2020) 'A survey dataset to evaluate the changes in mobility and transportation due to COVID-19 travel restrictions in Australia, Brazil, China, Ghana, India, Iran, Italy, Norway, South Africa, United States', *Data in Brief*, 33, p. 106459. doi: 10.1016/j.dib.2020.106459.
- Bartuska, L. and Masek, J. (2021) 'Changes in Road Traffic Caused by the Declaration of a State of Emergency in the Czech Republic - a Case Study', *Transportation Research Procedia*, 53, pp. 321–328. doi: 10.1016/j.trpro.2021.02.038.
- Beck, M. J. and Hensher, D. A. (2020) 'Insights into the impact of COVID-19 on household travel and activities in Australia – The early days under restrictions', *Transport Policy*, 96, pp. 76–93. doi: 10.1016/j.tranpol.2020.07.001.
- Benito, R. (2021) 'Las tres olas de Pedro Sánchez', *El Mundo*. Available at: <https://lab.elmundo.es/coronavirus-aniversario/pedro-sanchez.html>.
- Brough, R., Freedman, M. and Phillips, D. C. (2021) 'Understanding socioeconomic disparities in travel behavior during the COVID-19 pandemic', *Journal of Regional Science*, p. jors.12527. doi: 10.1111/jors.12527.
- Bucsky, P. (2020) 'Modal share changes due to COVID-19: The case of Budapest', *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 8, p. 100141. doi: 10.1016/j.trip.2020.100141.
- Campisi, T. et al. (2020) 'The Impact of COVID-19 Pandemic on the Resilience of Sustainable Mobility in Sicily', *Sustainability*, 12(21), p. 8829. doi: 10.3390/su12218829.
- Carteni, A., Di Francesco, L. and Martino, M. (2020) 'How mobility habits influenced the spread of the COVID-19 pandemic: Results from the Italian case study', *Science of The Total Environment*, 741, p. 140489. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140489.
- Figuroa Martínez, C. and Waintrub Santibáñez, N. (2015) 'Movilidad femenina en Santiago de Chile: reproducción de inequidades en la metrópolis, el barrio y el espacio público', *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 7(1), pp. 48–61.
- Grande, J. C. (2020) 'Gijón se prepara para ser la «ciudad sin coches»', *El Comercio*, 30 September. Available at: <https://www.elcomercio.es/motor/reportajes/Gijon-prepara-para-ser-ciudad-sin-coches-plan-movilidad-20200929152421-nt.html>.
- Gunthe, S. S. and Patra, S. S. (2020) 'Impact of international travel dynamics on domestic spread of 2019-nCoV in India: origin-based risk assessment in importation of infected travelers', *Globalization and Health*, 16(1), p. 45. doi: 10.1186/s12992-020-00575-2.
- Interempresas.Net* (2020) 'El coronavirus modifica los hábitos de movilidad del 48,5% de los residentes en las principales ciudades españolas', 17 September. Available at: https://www.interempresas.net/Smart_Cities/Articulos/313605-coronavirus-modifica-habitos-movilidad-48-5-por-ciento-residentes-principales-ciudades.html.
- Khaddar, S. and Fatmi, M. R. (2021) 'COVID-19: Are you satisfied with traveling during the pandemic?', *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 9, p. 100292. doi: 10.1016/j.trip.2020.100292.
- Klein, B. et al. (2020) *Assessing changes in commuting and individual mobility in major metropolitan areas in the United States during the COVID-19 outbreak*. Available at: <https://www.networkscienceinstitute.org/publications/assessing-changes-in-commuting-and-individual-mobility-in-major-metropolitan-areas-in-the-united-states-during-the-covid-19-outbreak>.
- König, A. and Dreßler, A. (2021) 'A mixed-methods analysis of mobility behavior changes in the COVID-19 era in a rural case study', *European Transport Research Review*, 13(1), p. 15. doi: 10.1186/s12544-021-00472-8.
- Law, R. (1999) 'Beyond "women and transport": towards new geographies of gender and daily mobility', *Progress in Human Geography*, 23(4), pp. 567–588. doi: 10.1191/030913299666161864.
- Linka, K. et al. (2020) 'Outbreak dynamics of COVID-19 in Europe and the effect of travel restrictions', *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 23(11), pp. 710–717. doi: 10.1080/10255842.2020.1759560.
- Maps, A. (2020) *Informes de tendencias de movilidad*. Available at: <https://covid19.apple.com/mobility>.
- Mogaji, E. (2020) 'Impact of COVID-19 on transportation in Lagos, Nigeria', *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 6, p. 100154. doi: 10.1016/j.trip.2020.100154.
- Moovit. Impact of Coronavirus (COVID-19) on Public Transit Usage (2020) Moovit*. Available at: https://moovitapp.com/insights/en/Moovit_Insights_Public_Transit_Index-countries (Accessed: 10 March 2021).
- Muley, D. et al. (2020) 'Role of Transport during Outbreak of Infectious Diseases: Evidence from the Past', *Sustainability*, 12(18), p. 7367. doi: 10.3390/su12187367.
- Orro, A. et al. (2020) 'Impact on City Bus Transit Services of the COVID-19 Lockdown and Return to the New Normal: The Case of A Coruña (Spain)', *Sustainability*, 12(17), p. 7206. doi: 10.3390/su12177206.
- Ortiz, J. D. D. et al. (2011) 'Continuous Mobility Surveys: The State of Practice', *Transport Reviews*, 31(3), pp. 293–312. doi: 10.1080/01441647.2010.510224.
- Plasencia-Lozano, P. (2021) 'Evaluation of a New Urban Cycling Infrastructure in Cáceres (Spain)', *Sustainability*, 13(4), p. 1910. doi: 10.3390/su13041910.
- Shamshiripour, A. et al. (2020) 'How is COVID-19 reshaping activity-travel behavior? Evidence from a comprehensive survey in Chicago', *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 7, p. 100216. doi: 10.1016/j.trip.2020.100216.
- Tian, X. et al. (2021) 'Assessing the impact of COVID-19 pandemic on urban transportation and air quality in Canada', *Science of The Total Environment*, 765, p. 144270. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.144270.
- Williams, J. and Larson, J. (1996) 'Promoting bicycle commuting: understanding the customer', *Transportation Quarterly*, 50(3), pp. 67–78.

Article 3: A GIS-Based evaluation of the motorcycle sharing systems in Spain



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Transportation Research Procedia 58 (2021) 487–494



14th Conference on Transport Engineering: 6th – 8th July 2021

A GIS-Based evaluation of the motorcycle sharing systems in Spain

Irene Méndez-Manjón^{a,*}, Pedro Plasencia-Lozano^a, Estela Pantiga-Facal^a

^aUniversity of Oviedo, Mieres 33600, Spain

Abstract

Sharing mobility is currently one of the most innovative features of metropolitan transportation and is rising along with the development of mobile phones and apps. Riders can rent bicycles, motorcycles, cars or PMVs like mopeds, usually electric, for short-time periods, usually per minute. Vehicle-sharing companies have entered the megalopolis, although the first sharing services were implemented in medium-size cities like Ulm in Germany, Cambridge in the USA or the main Swiss cities. The purpose of this study was to analyze the current motorcycle sharing systems deployed in Spain based on GIS tools. The research focused on several Spanish cities, the main characteristics of which are representative of the whole country. The study can therefore be useful for companies in the sharing sector interested in introducing the system in cities which do not yet have them, and for government administrations interested in this type of system. Furthermore, this research is a starting point for future comparative studies on Spain and other countries, or electric motorcycle and other e-vehicle-sharing systems.

© 2021 The Authors. Published by ELSEVIER B.V.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the 14th Conference on Transport Engineering

Keywords: sustainable mobility; shared mobility; electric moped; Spain; QGIS; country analysis; motosharing

1. Introduction and objective

The recent growing concern for pollution in large cities and the current trend to urban rezoning promoting more pedestrian spaces (Cervero and Kockelman, 1997; Madanipour, 2019; Plasencia-Lozano, 2014), are generating policies directed at reducing the presence of private vehicles in streets in the city center, especially, polluting vehicles (Mackett, 2001; Tomassetti et al., 2020). Sometimes the number of lanes in the main streets are reduced, causing an increase in the level of service, and thus, an increase in travel time. It also reduces parking spaces or limits their availability to hybrid or electric vehicles, less used now (Szarata et al., 2017; Yan et al., 2019). This reality can be observed in several countries (Fitzgerald, 2020; Hooi and Pojani, 2020; Mandeli, 2019; Mozos-Blanco et al., 2018).

* Corresponding author. Tel.: +34-636-596-014; fax: +0-000-000-0000.
E-mail address: UO237297@uniovi.es

At the same time, in the last decade, society has been profoundly transformed due to the surge in smartphones and apps. All of this leads to the idea of mobility through per-minute rentals known as sharing, in which the facility offered is supported by mobile devices for geolocation, immediate payment, etc. Thus, companies have started up that offer riders per-minute rental in main cities of electric vehicles such as cars (*carsharing*) (Derikx and van Lierop, 2021; Guirao et al., 2018), bicycles (*bikesharing*) (Barberan and Monzon, 2016; Shaheen et al., 2012) or scooters (Fitt and Curl, 2020; Hardt and Bogenberger, 2019).

One of these options is known as *motosharing* (Spanish common word for describing the sharing of e-mopeds), now available in cities in several different countries, also in Spanish cities (Aguilera-García et al., 2020). The operator distributes a certain number of electric mopeds within the area for a rental time rate (usually per minute) which includes the right to the necessary safety equipment and accident insurance. This is done by downloading the company app and searching for the closest vehicle. All of them have three different modes: (1) Rent, which causes the moped to appear as available on the app's map and shows the vehicle battery and autonomy. (2) Ride, which is activated when the rider begins to use it and ends when finished; in general, the rider pays a rate for the use of a moped that can reach speeds of 50 km/h, and some companies offer mopeds that reach speeds of up to 80 or 100 km/h. In this case, the rider can decide to reach those speeds, but has to pay a higher rate. (3) Repeat, reduced rate the rider can activate after having parked the vehicle to reserve it for further use.

Every company operates in a certain zone and the beginning and end of the journey should be inside that zone, although it may outside it as long as the battery and autonomy allow the vehicle to return to it. The company that offers the service is also responsible for recharging the vehicle and ensuring that all vehicles are in good condition.

The purpose of this study was to analyse the current *motosharing* services in Spain based on defining and determining a series of parameters that help to characterize the service by using QGIS open software for obtaining data. Therefore, its conclusions serve to establish the main characteristics defining *motosharing* systems in this geographic area, and are the starting point for evaluating possible future research that can compare it with the situation in other places. These conclusions may also be of interest to the companies in the sector themselves and also to cities that are considering introducing these services.

2. Methodology

The methodology developed is based on finding parameters that characterize *motosharing* services by using two types of data: those related to the service offered by the companies, and those related to the area where the company offers the service (area covered, population density, etc.). The method is carried out in seven steps (Figure 1).

1.	Sample definition	Cities with mopeds; Companies in each city
2.	Parameter definitions	Number of companies; Prices; Speed; service area...
3.	Sample characterization	Companies
		Cities
4.	Lab work	Data processing with QGIS
5.	Parameter-based results	Mopeds/km ² ; Mopeds/100,000 pop.
6.	Analysis of results	
7.	Conclusions	

Fig. 1. Method description

First, the sample (Spanish cities with a *motosharing* service) was defined. To find them, news items were searched for in local newspapers on this service being started up, increase in the city's fleet, and other published data. Data provided by the Spanish Metropolitan Mobility Observatory [*Observatorio de Movilidad Metropolitana*] were also included.

After finding the cities and the number of companies with permits to operate in each, the data that should be known about them to be able to arrive at the desired conclusions were defined. The following were chosen: number of companies, year *motosharing* began, service price range in each city, maximum moped speed, vehicles available, area of the zone covered for starting and ending the ride, population census in the zone, total area of urban sprawl. Thus, the following parameters can also be determined: number of mopeds per 100,000 inhabitants, number of mopeds per km² and percentage of the total area occupied by urban sprawl of the zone offered for starting and ending the ride.

Once the parameters had been set, the sample was characterized. One part was characterization of the companies, for which their web pages were found and the section on news in some of them showed data of interest on the company's growth over the years (year started up in each city, growth of fleet, etc.); some data were not available on the internet and they had to be contacted or their annual reports searched. The other was the characterization of the zone available for starting and ending the ride. Using QGIS software, the area and population (data from 2020 census) were found for each of them. Finally, the results were analysed, and conclusions reached.

3. Results

3.1. Cities with *motosharing*. Service characteristics

Ten cities in Spain offer a *motosharing* service: A Coruña, Gijón, Barcelona, Zaragoza, Córdoba, Valencia, Seville, Cádiz, Málaga and Madrid (Table 1). *Motosharing* services were set up for a time in other cities, but were discontinued as unprofitable, and their vehicles were used to reinforce the fleets in other cities, or to start up a service where there was none yet. Murcia, Alicante, Granada and Palma de Mallorca are in this group. Other cities have a seasonal *motosharing* service as in Gandía, where a fleet of 200 electric mopeds is deployed in the city every summer.

The characteristics and service conditions vary depending on the company that provides them. Some cities (Barcelona, Madrid) have had a satisfactory *motosharing* service for years, which makes the number companies operating in them larger than the Spanish average. Another example is Valencia, where the service was begun only four years ago, but its popularity has made the number of companies operating in it grow rapidly. Other cities, such as A Coruña and Gijón, have recently begun the service and there is only one company currently operating in them.

Table 1. Number of companies, year started up, prices and speed in each city.

City	Number of companies	Year of service startup	Price range [€/min]	Maximum speed offered, combined [km/h]	Companies
Barcelona	5	2013	0.24–0.26	80	eCooltra; Yego; Movo; Acciona; Seat MO
Madrid	3	2013	0.24–0.26	100	eCooltra; Movo; Acciona
Seville	3	2017	0.26–0.27	80	Acciona; Muving; Yego
Málaga	2	2017	0.25–0.26	80	Acciona; Yego
Cádiz	1	2017	0.27	50	Muving
Valencia	4	2017	0.25–0.27	80	eCooltra; Muving; Yego; Acciona
Zaragoza	2	2017	0.26–0.27	80	Acciona; Muving
Córdoba	1	2017	0.27	70	Muving
Gijón	1	2019	0.29	50	HiMobility
A Coruña	1	2019	0.24	50	Motiños
Average	2	2016	0.26	72	

3.2. Rates, speed

The highest rate is in the city of Gijón, which has only one company offering the service for 0.29€/min. In the cities with more companies, the price is not over 0.27€/min, being A Coruña an exception as there is only one company operating for 0.24€/min, the minimum in the country. However, in all the cities, companies have lower rates for their regular customers, offering rides for 0.17–0.19€/min.

The maximum speed riders can reach depends on the model offered by the company. Two points should be emphasized: the users in the three smallest cities, Gijón, Cádiz and A Coruña, have e-mopeds available that can go no

faster than 45-50 km/h, while in other cities there is at least one operator offering services with speeds of at least 70 km/h. This may be due to these cities having urban highways. Furthermore, Acciona offers the possibility of reaching 80 or 100 km/h, but at an added cost of 0.03 and 0.09€/min, respectively, over the original rate (Table 1).



Fig. 2. Motosharing vehicles. eCooltra, HiMobility, Muving, Yego, Movo, Acciona, Motiños and Seat MO.

3.3. Operating zone

The zone available for starting and ending the ride varies with the operator. The percentage of the urban sprawl occupied by the *motosharing* service zone varies depending on the city, although in all cases is over 40% (Figure 3, Table 2). The minimum is in Seville, where 43.76% of the total urban sprawl is zoned for *motosharing*, and the highest is in Cádiz: 100.81%. This is because the customers, in addition to the city center, can use it at the university campus, outside of the city itself. The mean of the total area is 72.31% of the urban sprawl zoned for *motosharing*.

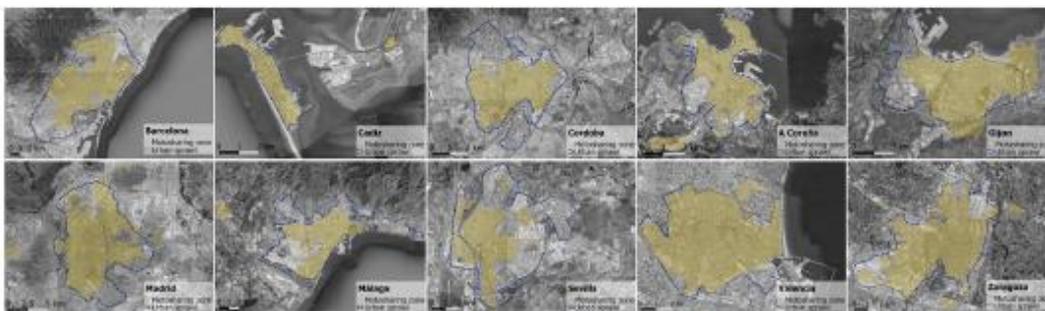


Fig. 3. *Motosharing* operating zones and urban sprawl. Note that urban sprawl does not coincide with the municipal limits, but with homogeneity and continuity of total urbanized or partly residential space.

Table 2. Comparison of areas in different cities in Spain. The *motosharing* zone includes the urban area where there is at least one operator.

City	Area urban sprawl [km ²]	Area motosharing zone [km ²]	Percent urban area zoned for motosharing [%]	Autonomy [km]
Barcelona	67.57	45.06	66.68	80
Madrid	105.92	82.58	77.96	80
Seville	42.86	18.76	43.76	70
Málaga	47.24	23.13	48.95	70
Cádiz	5.51	5.61	100.81	70
Valencia	47.09	36.64	77.80	80
Zaragoza	42.79	37.18	86.88	70
Córdoba	21.44	11.38	53.08	70
Gijón	18.86	16.41	86.99	50
A Coruña	13.56	10.88	80.21	60
Average			72.31	

3.4. Potential users

The 2020 census was used to calculate the residents in the zones set up by the operators (potential users), and also in the urban sprawl area (Table 3). Potential users have been compared with the total population of each urban area for evaluating the percentage of the population benefited by the service. In this case, the lowest percentage is in Seville, 51.17%, being Málaga the next with 71.55%. On the contrary, Cádiz, Valencia, Zaragoza and Gijón all have motosharing zones affecting over 95% of the population. Concerning the population density in each area, it has been set that the areas served by at least one motosharing company are in the same population density range of 14,455 pop/km² to 20,876 pop/km², except Barcelona, with a density of 29,152 pop/km². These figures are also higher than the population densities observed in the urban sprawl.

Table 3. Population and potential users in the cities.

City	Urban sprawl population (2020 census)	Potential users [pop]	Percentage city population [%]	City population density [pop/km ²]	Population density in motosharing zone [pop/km ²]
Barcelona	1,725,977	1,313,629	76.11	25,542.27	29,152.89
Madrid	1,990,323	1,611,612	80.97	18,789.43	19,515.77
Seville	545,348	279,067	51.17	12,722.27	14,875.64
Málaga	467,304	334,363	71.55	9,890.53	14,455.82
Cádiz	107,253	106,922	99.44	19,514.88	18,524.42
Valencia	792,527	764,918	96.52	16,828.30	20,876.58
Zaragoza	586,055	575,617	98.22	13,694.92	15,481.90
Córdoba	267,004	201,251	75.37	12,453.42	17,684.62
Gijón	241,227	238,914	99.04	12,787.73	14,559.05
A Coruña	206,200	192,810	93.51	15,202.05	17,721.51

3.5. Fleet

The fleet of e-mopeds available was defined by adding up all the companies that operate in each city. The Spanish cities with the most mopeds are Madrid (3,620), Barcelona (3,176) and Valencia (1,635). By contrast, Gijón and A Coruña services only offer 50. Analyzing the number of mopeds in each city per km², and keeping in mind the area zoned for *motosharing*, Barcelona is in first place, with 70 mopeds per km² followed by Valencia and Madrid with 44 mopeds per km² (Table 4). Last place is again held by A Coruña and Gijón: 4 and 3 mopeds per km² respectively.

The fleet in each city was also compared with the number of potential users in each zone by calculating the number of mopeds per 100,000 inhabitants. In this case Barcelona, Madrid and Valencia have over 200 mopeds/100,000, while Seville, Málaga and Zaragoza have over 100 mopeds/100,000. The rest of the cities have fewer than 100 mopeds/100,000, with Gijón and A Coruña at the tail with fewer than 30 mopeds/100,000.

Table 4. Number of mopeds, zone for starting and ending rides, and potential users in each city.

City	Number of mopeds [Units]	Mopeds/km ²	Mopeds per 100,000 inhabitants
Barcelona	3,176	70.48	242
Madrid	3,620	43.84	225
Seville	440	23.45	158
Málaga	500	21.62	150
Cádiz	100	17.83	96
Valencia	1,635	44.62	214
Zaragoza	575	15.46	100
Córdoba	115	10.11	57
Gijón	50	3.04	21
A Coruña	50	4.59	26

4. Discussion

This study analyzed some data related to the existing e-moped sharing systems in Spain (generally denominated *motosharing* in Spanish) in order to characterize them. Some parameters linked to the companies have been chosen, and also some data from the operating areas have been taken in account. After that, some ratios have emerged linked to the number of vehicles per inhabitant or the number of vehicles per km².

The *motosharing* service was shown to be linked to large cities: the six largest cities in Spain were include here, and the seventh (Murcia) and eighth (Palma) at one time had *motosharing* services. It would be interesting to know the reason why in cities like Las Palmas de Gran Canaria or Bilbao, ninth and tenth in size, still do not have this service, and the reason why middle-sized cities, such as Gijón (15th place) or A Coruña (18th place), do. It was also observed that the minimum population limit for this type of services is around 250,000 inhabitants. Rates were found to be rather homogeneous, although somewhat more economical in the cities with several operators.

Concerning the speed of e-mopeds, the larger number of operators is also linked to vehicles with higher top speeds. In general, the feeling is that competition between companies contributes to some of them wanting to be differentiated from the rest in this parameter. It has been also observed that cities with a smaller *motosharing* zone also offered mopeds with lower top speeds. For example, Gijón, Cádiz and A Coruña, are the three cities with the smallest *motosharing* zone and also those with the lowest top speeds (50 km/h). On the contrary, Madrid, which has the largest zone, offers mopeds with top speeds of up to 100 km/h.

Another interesting fact is the percentage of urban sprawl that is covered by the different companies. Furthermore, the presence of more companies in the same city does not ensure wider coverage. One suggestive result is related to the population density in the companies' sharing zones. This, as demonstrated, is in no case under 14,000 pop/km². Therefore, it may be inferred that for the service to be profitable in a city, the population density in the sharing zone has to be extremely high. However, this population density is not related to the number of operators in the city.

The reason why the *motosharing* service is only available in areas where the population density is over 14,000 pop/km² could be the lack of profitability of the service in areas below this density, so this cipher can be set as the minimum population density which makes attractive a central area for companies. It could be thought that although a city has a very small population, if it is a touristic city, the *motosharing* service would make sense there, but apparently it does not. In the end, the regular service customers are those who determine its triumph or failure in a city, so that *motosharing* in a touristic city would only make sense in the high season, as is the case in Palma de Mallorca.

Along this line, it is observed that the sharing zones have a much higher population density than urban sprawl as a whole. However, it is surprising that urban sprawl outside of sharing zones in Barcelona and Madrid have a population density over the 14,000 pop/km² mentioned above, but the operators have not widened the service offered to the entire sprawl. In percentage, the difference between the population densities in the sharing zone and the non-sharing zone is considerable in many cities, and shows that operators select the more heavily populated zones as (Table 5).

Table 5. Comparison of population densities in the urban sprawl and in the sharing zones

City	Density in urban sprawl [pop/km ²]	Density in sharing zone [pop/km ²]	Density in non-sharing zone [pop/km ²]	% difference in densities between sharing and non-sharing zones
Barcelona	25,543.54	29,15.89	18,318.44	63%
Madrid	18,790.81	19,515.77	16,22.84	83%
Seville	12,723.94	14,875.64	11,049.00	74%
Málaga	9,892.13	14,455.81	5,513.94	38%
Cádiz	19,514.88	18,524.42	-	-
Valencia	16,830.05	20,876.58	2,642.01	13%
Zaragoza	13,696.07	15,481.90	1,860.61	12%
Córdoba	12,453.54	17,684.62	6,536.08	37%
Gijón	12,790.40	14,559.05	944.08	6%
A Coruña	15,206.49	17,721.51	4,996.27	28%
Average	15,744.18	15,661.12	5,942.59	39%

It is worth mentioning that the rates are not related to a significant parameter a priori, the ratio which compares the mopeds per 100,000 pop and the *motosharing* zone, which determines the quality of the service offered (Table 6). However, this ratio may be related to the rotation of the mopeds, which in turn could be related to the area of the

sharing zone: it seems logical that a smaller *motosharing* zone would be paired with a shorter distance to be covered by the ride, and therefore, length of time in use. This ratio was evaluated, and various groups appeared: one group is around 5.01 to 8.42, another in the fork between 1.28 and 2.72, and Cádiz with 17.11. This last is justified because the distance between the city center and the university campus, where it also provides the service, is quite long. The cities with lower ratios could be smaller, or metropolises where public transportation is easily available or transportation alternatives are high. In any case, it would be interesting to find relationships of this type in future research.

Table 6. Ratio which compares the mopeds per 100,000 inhabitants and the *motosharing* zone

	<i>Motosharing</i> zone [km ²]	Mopeds per 100,000 inhabitants	Ratio
Barcelona	45.06	242	5.37
Madrid	82.58	225	2.72
Seville	18.76	158	8.42
Málaga	23.13	150	6.49
Cádiz	5.61	96	17.11
Valencia	36.64	214	5.84
Zaragoza	37.18	100	2.69
Córdoba	11.38	57	5.01
Gijón	16.41	21	1.28
A Coruña	10.88	26	2.39

There are some limitations and biases in this study. The data handled are rather reliable and objective, except perhaps the size of the urban sprawl, although there are metropolitan areas where the separation between the urbanized and unurbanized zones is clear, while in others, the definition could be somewhat more subjective. Thus, in Cádiz, it was decided to define the city itself as an island. However, Puerto Real or even San Fernando could have been included. Another question that could vary is the number of mopeds the companies offer in a city, as they fit the mopeds offered to the needs detected and better or worse reception of the service by citizens.

With a view to future studies of the *motosharing* service in Spanish cities, other factors could be considered in evaluating the service's feasibility, such as traffic inside the city, the percentage of the city that is pedestrianized, the city's motorization rate, the city's shape or alternative services offered, both sharing and public transportation. Another of the factors that could directly affect the use of this service is the climate, as the number rainy days per year or the mean annual temperature could influence users when making the decision to use the service or not. Another possible future study coming out of this one is of those *motosharing* services that have failed in recent times, such as in Murcia, Alicante or Granada, quantifying the parameters determined in this text, and comparing the differences in values of the cities analysed here. Furthermore, this method could be replicated for the study of other e-moped systems in other countries, and for comparing them with the Spanish system. Finally, the ciphers stated here could be used by companies and municipal administrations for planning futures services or for planning urban expansions (it is clear, for example, that low density cities are not interesting for e-mopeds sharing companies).

Acknowledgements

This study was carried out in the framework of research project SV-20-GIJÓN-1-21 funded by the IUTA (University of Oviedo and Gijón City Council). The authors wish to recognize the contribution of Dr. Juan Seville (University of Oviedo) and Jorge Muriel (Taksee Imbric) for their help during the research.

References

- Aguilera-García, Á., Gomez, J., Sobrino, N., 2020. Exploring the adoption of moped scooter-sharing systems in Spanish urban areas. *Cities* 96, 102424. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102424>
- Barberan, A., Monzon, A., 2016. How did Bicycle Share Increase in Vitoria-Gasteiz? *Transp. Res. Procedia* 18, 312–319. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.042>
- Cervero, R., Kockelman, K., 1997. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 2, 199–219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)

- Derikx, L., van Lierop, D., 2021. Intentions to Participate in Carsharing: The Role of Self- and Social Identity. *Sustainability* 13, 2535. <https://doi.org/10.3390/su13052535>
- Fitt, H., Curl, A., 2020. The early days of shared micromobility: A social practices approach. *J. Transp. Geogr.* 86, 102779. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102779>
- Fitzgerald, J., 2020. *Greenovation*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190695514.001.0001>
- Guirao, B., Ampudia, M., Molina, R., García-Valdecasas, J., 2018. Student behaviour towards Free-Floating Carsharing: First evidences of the experience in Madrid. *Transp. Res. Procedia* 33, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.10.099>
- Hardt, C., Bogenberger, K., 2019. Usage of e-Scooters in Urban Environments. *Transp. Res. Procedia* 37, 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.178>
- Hooi, E., Pojani, D., 2020. Urban design quality and walkability: an audit of suburban high streets in an Australian city. *J. Urban Des.* 25, 155–179. <https://doi.org/10.1080/13574809.2018.1554996>
- Mackett, R.L., 2001. Policies to attract drivers out of their cars for short trips. *Transp. Policy* 8, 295–306. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(01\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(01)00025-7)
- Madanipour, A., 2019. Rethinking public space: between rhetoric and reality. *URBAN Des. Int.* 24, 38–46. <https://doi.org/10.1057/s41289-019-00087-5>
- Mandeli, K., 2019. Public space and the challenge of urban transformation in cities of emerging economies: Jeddah case study. *Cities* 95, 102409. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102409>
- Mozos-Blanco, M.Á., Pozo-Menéndez, E., Arce-Ruiz, R., Baucells-Aletà, N., 2018. The way to sustainable mobility. A comparative analysis of sustainable mobility plans in Spain. *Transp. Policy* 72, 45–54. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.07.001>
- Observatorio de la Movilidad Metropolitana, 2004-2019. URL <http://www.observatoriomovilidad.es/es/publicaciones/informes.html> (accessed 3.8.20).
- Plasencia-Lozano, P., 2014. Role of Footbridges in Waterfront Rehabilitation. *J. Bridg. Eng.* 02514002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000680](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000680)
- Shaheen, S., Guzman, S., Zhang, H., 2012. Bikesharing across the globe, in: *City Cycling*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 183–210.
- Szarata, A., Nosal, K., Duda-Wiertel, U., Franek, L., 2017. The impact of the car restrictions implemented in the city centre on the public space quality. *Transp. Res. Procedia* 27, 752–759. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.018>
- Tomassetti, L., Torre, M., Tratzi, P., Paolini, V., Rizza, V., Segreto, M., Petracchini, F., 2020. Evaluation of air quality and mobility policies in 14 large Italian cities from 2006 to 2016. *J. Environ. Sci. Heal. Part A* 55, 886–902. <https://doi.org/10.1080/10934529.2020.1752070>
- Yan, X., Levine, J., Marans, R., 2019. The effectiveness of parking policies to reduce parking demand pressure and car use. *Transp. Policy* 73, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.10.009>

7

● Bibliografía

- Abidoye, R. B., Fam, F., Oshodi, O. S., & Oyetunji, A. K. (2021). Impact of light rail line on residential property values – a case of Sydney, Australia. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, ahead-of-p(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/IJHMA-03-2021-0033>
- Agüero Vera, E., Inzunza Cerda, C., & Urzúa Contreras, T. (2017). *Valoración económica de la contaminación por el uso de leña mediante mapas de nivel en la ciudad de Los Ángeles*.
- Aguilera-García, Á., Gomez, J., & Sobrino, N. (2020). Exploring the adoption of moped scooter-sharing systems in Spanish urban areas. *Cities*, 96, 102424. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102424>
- Alade, T., Edelenbos, J., & Gianoli, A. (2020). A Sustainable Approach to Innovation Adoption in Light-Rail Transport. *Sustainability*, 12(3), 1262. <https://doi.org/10.3390/su12031262>
- Albalate, D., Bel, G., & Fageda, X. (2015a). When supply travels far beyond demand: Causes of oversupply in Spain's transport infrastructure. *Transport Policy*, 41, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.03.004>
- Albalate, D., Bel, G., & Fageda, X. (2015b). When supply travels far beyond demand: Causes of oversupply in Spain's transport infrastructure. *Transport Policy*, 41, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.03.004>
- Alberti, M. (1996). Measuring urban sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, 16(4), 381-424. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(96\)00083-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0195-9255(96)00083-2)
- Algozzine, B., & Hancock, D. (2017). *Doing case study research: A practical guide for beginning researchers*. Teachers College Press.
- Alhazmi Alefari, D. N. (2022). *THE IMPACT OF LIGHT RAIL TRANSIT ON THE URBAN DEVELOPMENT IN DUBAI, UAE*.

-
- Aloi, A., Alonso, B., Benavente, J., Cordera, R., Echániz, E., González, F., Ladisa, C., Lezama-Romanelli, R., López-Parra, Á., Mazzei, V., Perrucci, L., Prieto-Quintana, D., Rodríguez, A., & Sañudo, R. (2020). Effects of the COVID-19 Lockdown on Urban Mobility: Empirical Evidence from the City of Santander (Spain). *Sustainability*, 12(9), 3870. <https://doi.org/10.3390/su12093870>
- Alonso Ibáñez, M. R. (2018). *Retos del desarrollo urbano sostenible e integrado*. Tirant lo Blanch.
- Alpkokin, P., Topuz Kiremitci, S., Black, J. A., & Cetinavci, S. (2016). LRT and street tram policies and implementation in turkish cities. *Journal of Transport Geography*, 54, 476-487. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.004>
- Álvarez Martínez, J. M. (2010). Cien años de arqueología de Mérida (1910-2010). En *Revista de estudios extremeños* (Vol. 66, pp. 627-675).
- Ampt, E. S., & Ortúzar, J. de D. (2004). On Best Practice in Continuous Large-scale Mobility Surveys. *Transport Reviews*, 24(3), 337-363. <https://doi.org/10.1080/0144164032000140703>
- Andersen, J. L. E., & Landex, A. (2008). *Catchment areas for public transport*. 175-184. <https://doi.org/10.2495/UT080171>
- Andrés López, G. (2008). Geografía y ciudades medias en España: ¿ a la búsqueda de una definición innecesaria? *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. 2008, V. 12, n. 270 (49).
- Arana Velarde, F. (2021). Incidencia de la movilidad urbana en el crecimiento insostenible de la ciudad de Huancayo. *Arquitectura y Urbanismo*, XLII(3), 112-117. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376869567007>
- Araujo, J. M. (2002). *El tranvía como vehículo de configuración urbana. La localización de la actividad económica en la ciudad de A Coruña durante la primera mitad del siglo XX*.
- Arregui, C., Vázquez Wlasiuk, C., Giglio, M. L., & Aon, L. C. (2020). ¿ Transporte público para esenciales o transporte público esencial? *Prospectivas sobre la movilidad urbana pospandemia*.

-
- Ayuntamiento de Gijón. (2021). *Aprobada por mayoría la Ordenanza de Movilidad Sostenible*. <https://www.gijon.es/es/noticias/aprobada-por-mayoria-la-ordenanza-de-movilidad-sostenible>
- Baez, L. A. V. (2006). *Beneficios socio-ambientales de estrategias de movilidad sostenible en el centro de la ciudades: aplicación al caso de Madrid*.
- Banai, R. (2000). Transit Station Area Land Use/Site Assessment with Multiple Criteria: An Integrated GIS-Expert System Prototype. *Journal of Public Transportation*, 3(1), 95-110. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.3.1.5>
- Barberan, A., & Monzon, A. (2016). How did Bicycle Share Increase in Vitoria-Gasteiz? *Transportation Research Procedia*, 18, 312-319. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.042>
- Barbieri, D. M., Lou, B., Passavanti, M., Hui, C., Lessa, D. A., Maharaj, B., Banerjee, A., Wang, F., Chang, K., Naik, B., Yu, L., Liu, Z., Sikka, G., Tucker, A., Foroutan Mirhosseini, A., Naseri, S., Qiao, Y., Gupta, A., Abbas, M., ... Adomako, S. (2020). A survey dataset to evaluate the changes in mobility and transportation due to COVID-19 travel restrictions in Australia, Brazil, China, Ghana, India, Iran, Italy, Norway, South Africa, United States. *Data in Brief*, 33, 106459. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106459>
- Bartuska, L., & Masek, J. (2021). Changes in Road Traffic Caused by the Declaration of a State of Emergency in the Czech Republic - a Case Study. *Transportation Research Procedia*, 53, 321-328. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.038>
- Beck, M. J., & Hensher, D. A. (2020). Insights into the impact of COVID-19 on household travel and activities in Australia – The early days under restrictions. *Transport Policy*, 96, 76-93. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.07.001>
- Becker, S., von Schneidmesser, D., Caseiro, A., Götting, K., Schmitz, S., & von Schneidmesser, E. (2022). Pop-up cycling infrastructure as a niche innovation for sustainable transportation in European cities: An inter-and transdisciplinary case study of Berlin. *Sustainable Cities and Society*, 87, 104168.
- Beneyto Beneyto, S. (2015). *Diseño y desarrollo de un sistema urbano de detección de espacios libres de aparcamiento*.
-

-
- Benito, R. (2021). Las tres olas de Pedro Sánchez. *El Mundo*.
- Bernabeu, J., Ortega, C., & Bortal, S. (2014). Light Rails Build the City: Constantine's Light Rail as a Key Element of its Transformation Strategy. *IRF*, 15.
- Bhuyan, Chavis, Nickkar, & Barnes. (2019). GIS-Based Equity Gap Analysis: Case Study of Baltimore Bike Share Program. *Urban Science*, 3(2), 42. <https://doi.org/10.3390/urbansci3020042>
- Bistaffa, F., Rodríguez-Aguilar, J. A., Cerquides, J., & Blum, C. (2021). *Procedimiento, sistema, programa informático, y sistema informático para optimizar el rendimiento de una red de compartición de viajes en línea*.
- Blanco Velasco, M. de la C. (2019). *Accesibilidad universal y movilidad sostenible en el espacio público: bases para su incorporación al planeamiento urbanístico en Andalucía*.
- Bogdánova, D. (2023). *Las Energías Sostenibles en la Ciudad* [Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona_]. <http://hdl.handle.net/2445/202749>
- Boggio-Marzet, A., Monzón, A., Luque-Rodríguez, P., & Álvarez-Mántaras, D. (2021). Comparative analysis of the environmental performance of delivery routes in the city center and peri-urban area of madrid. *Atmosphere*, 12(10), 1233.
- Borgato, S., Chirico, F., Fermi, F., & Petit, Y. Le. (2023). Costs and benefits of the sustainable urban mobility transition. *Transportation Research Procedia*, 72, 1145-1152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.571>
- Bottoms, G. D. (2003). Bottoms, G.D., 2003. Continuing development in light rail transit in Western Europe – United Kingdom, France, Spain, Portugal and Italy. *9th National Light Rail Transit Conference, November 16–18*, 713-728.
- Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C., & Facchina, M. (2016a). *La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente*. Inter-American Development Bank.
- Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C., & Facchina, M. (2016b). *La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente*. Inter-American Development Bank.

-
- Breje, M., Bilaşco, Ş., Roşca, S., Fodorean, I., & Vescan, I. (2019). GIS spatial analysis model for access time to public health infrastructure. Case study: Arad County, Romania. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM*, 865-872. <https://doi.org/10.5593/sgem2019/2.1/So8.112>
- Brough, R., Freedman, M., & Phillips, D. C. (2021). Understanding socioeconomic disparities in travel behavior during the COVID-19 pandemic. *Journal of Regional Science*, jors.12527. <https://doi.org/10.1111/jors.12527>
- Bucsky, P. (2020). Modal share changes due to COVID-19: The case of Budapest. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 8, 100141. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100141>
- Buendía Martínez, J. M. (2018). *Logística sostenible : estudio de la calidad del aire e interacción sobre la movilidad urbana*. <http://hdl.handle.net/10317/7358>
- Bugarín, M. , N. M. , O. A. (2003). *Evolución de los sistemas tranviarios. A Coruña: Universidade da Coruña, Grupo de Ferrocarriles y Transportes*.
- Calonge Reillo, F. (2015). Neoliberalización del territorio y movilidad urbana, una agenda de investigación. *territorios*, 32, 133-156.
- Camargo Trigos, M. F. (2021). *Modelo de gestión tecnológica basado en el concepto de Smart City como elemento de innovación para el eje de movilidad en el municipio de Ocaña*.
- Campisi, T., Basbas, S., Skoufas, A., Akgün, N., Ticali, D., & Tesoriere, G. (2020). The Impact of COVID-19 Pandemic on the Resilience of Sustainable Mobility in Sicily. *Sustainability*, 12(21), 8829. <https://doi.org/10.3390/su12218829>
- Canitez, F. (2020). Transferring sustainable urban mobility policies: An institutional perspective. *Transport Policy*, 90, 1-12.
- Caravaca Barroso, I., González Romero, G., & López Lara, P. (2014). Efectos de la crisis en los mercados de trabajo de ciudades medias de Andalucía (España). *XIII Seminario de Red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio (RII)(2014)*, pp. 1-21.
- Carazo, P. C. M. (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & gestión*, 20, 165-193.

-
- Cartenì, A., Di Francesco, L., & Martino, M. (2020). How mobility habits influenced the spread of the COVID-19 pandemic: Results from the Italian case study. *Science of The Total Environment*, 741, 140489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140489>
- Casello, J., Lewis, G., Yeung, K., & Santiago-Rodríguez, D. (2014a). A Transit Technology Selection Model. *Journal of Public Transportation*, 17(4), 50-75. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.17.4.4>
- Casello, J., Lewis, G., Yeung, K., & Santiago-Rodríguez, D. (2014b). A Transit Technology Selection Model. *Journal of Public Transportation*, 17(4), 50-75. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.17.4.4>
- Casquero, D., Monzon, A., García, M., & Martínez, O. (2022). Key Elements of Mobility Apps for Improving Urban Travel Patterns: A Literature Review. *Future Transportation*, 2(1), 1-23. <https://doi.org/10.3390/futuretransp2010001>
- Castañer, M., & Gutiérrez, O. (2003). *Movilidad y estructuración de áreas urbanas. El caso de dos ciudades intermedias: Olot y Figueres.*
- Cavallaro, F., & Dianin, A. (2020). Efficiency of public transport for cross-border commuting: An accessibility-based analysis in Central Europe. *Journal of Transport Geography*, 89, 102876. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102876>
- Cepeliauskaite, G., Keppner, B., Simkute, Z., Stasiskiene, Z., Leuser, L., Kalnina, I., Kotovica, N., Andiņš, J., & Muiste, M. (2021). Smart-mobility services for climate mitigation in urban areas: Case studies of Baltic Countries and Germany. *Sustainability*, 13(8), 4127.
- Cervero, R. (1984). Journal Report: Light Rail Transit and Urban Development. *Journal of the American Planning Association*, 50(2), 133-147. <https://doi.org/10.1080/01944368408977170>
- Cervero, R., & Kang, C. D. (2011). Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea. *Transport Policy*, 18(1), 102-116. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.06.005>

-
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997a). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997b). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- Chamseddine, Z., & Ait Boubkr, A. (2020). Exploring the place of social impacts in urban transport planning: the case of Casablanca City. *Urban, Planning and Transport Research*, 8(1), 138-157. <https://doi.org/10.1080/21650020.2020.1752793>
- Checa, J., Martín, J., López, J., & Nel·lo, O. (2020). Los que no pueden quedarse en casa: movilidad urbana y vulnerabilidad territorial en el área metropolitana de Barcelona durante la pandemia COVID-19. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 87. <https://doi.org/10.21138/bage.2999>
- Chowdhury, S., & Ceder, A. (Avi). (2016). Users' willingness to ride an integrated public-transport service: A literature review. *Transport Policy*, 48, 183-195. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.03.007>
- Credit, K. (2018). Transit-oriented economic development: The impact of light rail on new business starts in the Phoenix, AZ Region, USA. *Urban Studies*, 55(13), 2838-2862. <https://doi.org/10.1177/0042098017724119>
- Davis, C. M. (2004). The successful use of case studies in nutritional biochemistry. *Georgia Journal of Science*, 62(2), 79.
- De Manuel Jerez, E., Arriero, C. G., & Donadei, M. (2016). Las redes de Movilidad Urbana Sostenible y la reactivación del Espacio Público: Alcosa. *Hábitat y Sociedad*, 9.
- de Oña, J., de Oña, R., Eboli, L., & Mazzulla, G. (2013). Perceived service quality in bus transit service: A structural equation approach. *Transport Policy*, 29, 219-226. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.07.001>
- de Ortueta Hilberath, E. (2023). La extracción y el transporte de escollera para el puerto moderno de Tarragona (1790-1872). *BSAA arte*, 89, 271-306.

-
- de Palma, A., Vosough, S., & Liao, F. (2022). An overview of effects of COVID-19 on mobility and lifestyle: 18 months since the outbreak. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 159, 372-397. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.03.024>
- Der Bijl, R. van, Van Oort, N., & Bukman, B. (2018a). Light Rail in Bird's Eye View. En *Light Rail Transit Systems* (pp. 1-15). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814784-9.00001-3>
- Der Bijl, R. van, Van Oort, N., & Bukman, B. (2018b). Making Light Rail. En *Light Rail Transit Systems* (pp. 155-196). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814784-9.00007-4>
- Derikx, L., & van Lierop, D. (2021). Intentions to Participate in Carsharing: The Role of Self- and Social Identity. *Sustainability*, 13(5), 2535. <https://doi.org/10.3390/su13052535>
- Díaz Osorio, M. S., & Marroquín, J. C. (2016). Movilidad urbana y espacio público: Transmilenio en Bogotá. *Revista de Arquitectura*, 18(1), 126-139. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2016.18.1.11>
- Díez Pisonero, R. (2016). The world urban system from a multifunctional and multiscalar perspective: a gridded cartogram as a model of spatial representation. *Journal of Maps*, 12(sup1), 498-506. <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1195294>
- Díez-Pisonero, R. (2020). Ciudades y conectividad aérea en el sistema mundo: nodos consolidados y centros emergentes. *EURE (Santiago)*, 46(139), 113-141.
- Dijk, M., Hommels, A., & Stoffers, M. (2021). *The Transformation of Urban Mobility Practices in Maastricht (1950-1980)*.
- Donaire, G. (2013a). El tranvía de Jaén, 120 millones tirados a una vía muerta. En *El País*.
- Donaire, G. (2013b, mayo 25). El tranvía de Jaén, 120 millones tirados a una vía muerta. *El País*.

-
- Dong, Z., Wang, M., & Yang, X. (2016). Comparative study of China and USA public private partnerships in public transportation. *Journal of modern transportation*, 24, 215-223.
- Dupuy, G. (2001). *El Urbanismo de las Redes*.
- Działek, J., Smagacz-Poziemska, M., Krzemińska, K., & Pawlak, J. (2023). Pandemic disorientations and reorientations as legacies: Scoping review of COVID-19 impacts on European cities. *Geographical Research*. <https://doi.org/10.1111/1745-5871.12622>
- Echavarri, J. P. (2000). Movilidad y planeamiento sostenible: hacia una consideración inteligente del transporte y la movilidad en el planeamiento y en el diseño urbano. *Cuadernos de investigación urbanística*, 30, 1-109.
- Edwards, M., & Mackett, R. L. (1996). Developing new urban public transport systems. *Transport Policy*, 3(4), 225-239. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(96\)00023-6](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(96)00023-6)
- EFE. (2022, enero 4). Otro millón de euros para la Metroguagua. *Canarias 7*.
- Efremenko, A. P., Berezhnoy, D. A., Tsilinko, A. P., Lomakina, T. A., & Solovey, A. I. (2020). Case method in vocational training for future specialists of culture and art. *Universal Journal of Educational Research*, 8(9), 3793-3798.
- El coronavirus modifica los hábitos de movilidad del 48,5% de los residentes en las principales ciudades españolas. (2020, septiembre 17). *Interempresas.net*.
- España. (1999). *Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local*. Dirección General de Administración Territorial.
- España Pérez, J. A. (2019). Delimitación conceptual del término Smart Mobility y conceptos afines: Presupuesto para la sostenibilidad ambiental. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 94.
- Espinosa Dorantes, E. (2019). *Sustentabilidad, configuración urbana y movilidad en la ciudad*.
- Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the Built Environment. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265-294. <https://doi.org/10.1080/01944361003766766>
-

-
- Fadigas, L. (2009). La estructura verde en el proceso de planificación urbana. *Ciudades: Revista del Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid*, 12, 33-47.
- Fajri, F. M., & Sumabrata, J. (2019). Analysis of Transit Oriented Development Potential on Light Rail Transit Palembang, Simpang Polda Station Area. *MATEC Web of Conferences*, 259, 05003. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201925905003>
- Falamarzi, A., Moridpour, S., & Nazem, M. (2021). A time-based track quality index: Melbourne tram case study. *International Journal of Rail Transportation*, 9(1), 23-38. <https://doi.org/10.1080/23248378.2019.1703838>
- Fan, Y., Guthrie, A. E., & Levinson, D. M. (2012). Impact of light rail implementation on labor market accessibility: A transportation equity perspective. *Journal of Transport and Land Use*, 5(3). <https://doi.org/10.5198/jtlu.v5i3.240>
- Farinós, J. (2008). Planificación de infraestructuras y planificación territorial. *Papers: Regió Metropolitana de Barcelona: Territori, estratègies, planejament*, 0(44). <https://raco.cat/index.php/PapersIERMB/article/view/103943>
- Farooq, A., Xie, M., Stoilova, S., & Ahmad, F. (2019). Multicriteria Evaluation of Transport Plan for High-Speed Rail: An Application to Beijing-Xiongan. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019, 1-23. <https://doi.org/10.1155/2019/8319432>
- Farooq, A., Xie, M., Stoilova, S., Ahmad, F., Guo, M., Williams, E. J., Gahlot, V. Kr., Yan, D., & Mahamat Issa, A. (2018). Transportation Planning through GIS and Multicriteria Analysis: Case Study of Beijing and XiongAn. *Journal of Advanced Transportation*, 2018, 1-16. <https://doi.org/10.1155/2018/2696037>
- Ferbrache, F., & Knowles, R. D. (2017). City boosterism and place-making with light rail transit: A critical review of light rail impacts on city image and quality. *Geoforum*, 80, 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.01.013>
- Figuroa Martínez, C., & Waintrub Santibáñez, N. (2015). Movilidad femenina en Santiago de Chile: reproducción de inequidades en la metrópolis, el barrio y el espacio público. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 7(1), 48-61.

-
- Finco, A., & Nijkamp, P. (2001). Pathways to urban sustainability. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 3(4), 289-302. <https://doi.org/10.1002/jepp.94>
- Fitt, H., & Curl, A. (2020). The early days of shared micromobility: A social practices approach. *Journal of Transport Geography*, 86, 102779. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102779>
- Fitzgerald, J. (2020). *Greenovation*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190695514.001.0001>
- Fontaine, L., Novales, M., Bertrand, D., & Teixeira, M. (2016). Safety and Operation of Tramways in Interaction with Public Space. *Transportation Research Procedia*, 14, 1114-1123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.182>
- Francis, M. (2001a). A case study method for landscape architecture. *Landscape journal*, 20(1), 15-29.
- Francis, M. (2001b). A case study method for landscape architecture. *Landscape journal*, 20(1), 15-29.
- Furth, P. G., Mekuria, M. C., & SanClemente, J. L. (2007). Stop Spacing Analysis Using Geographic Information System Tools with Parcel and Street Network Data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2034(1), 73-81. <https://doi.org/10.3141/2034-09>
- Galdames, C., Tudela, A., & Carrasco, J.-A. (2011). Exploring the Role of Psychological Factors in Mode Choice Models by a Latent Variables Approach. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2230(1), 68-74. <https://doi.org/10.3141/2230-08>
- Ganau, J., & Vilagrasa, J. (2003). Ciudades medias en España: posición en la red urbana y procesos urbanos recientes. *Mediterráneo económico*, 3.
- Gargiulo, C., & Sgambati, S. (2022). Active mobility in historical centres: towards an accessible and competitive city. *Transportation Research Procedia*, 60, 552-559. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.12.071>

-
- Garmendia, M., Romero, V., Ureña, J. M. de, Coronado, J. M., & Vickerman, R. (2012). High-speed rail opportunities around metropolitan regions: Madrid and London. *Journal of infrastructure systems*, 18(4), 305-313.
- Garrido, J. A. T. (2006). EL OCASO DE LOS TRANVÍAS ESPAÑOLES. *IV Congreso Historia Ferroviaria: Málaga, septiembre 2006*, 62.
- Gaspar Erburu, I. (2013). *Diseño de un sistema de autobús de alto nivel de servicio (BHLS) en la ciudad de Santander*.
- Gatica Ch., K., Zavala R., M. I., & Arias D., K. (2022). Movilidad urbana y oportunidades de mejora para la calidad de vida en personas mayores. *Rumbos TS*, 17, 29-59.
- Giménez, I. (2006). Once empresas concurren para redactar el proyecto del futuro tranvía. En *Diario de Noticias*. <https://web.archive.org/web/20060526090227/http://www.noticiasdenavarra.com/ediciones/2006/04/21/vecinos/pamplona/d21pam30.582758.php>
- Gómez, M. T. (2018a). La ciudad, para quién: desafíos de la movilidad a la planificación urbana. *Biblio 3w: revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*.
- Gómez, M. T. (2018b). La ciudad, para quién: desafíos de la movilidad a la planificación urbana. *Biblio 3w: revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*.
- Goncharenko, O. N., Krasnolobova, E. P., Cheremenina, N. A., Sidorova, K. A., & Veremeeva, S. A. (2018). Case-Method in the Structure of Training the Veterinary Physician. *Astra Salvensis*.
- Graizbord, B., González Granillo, J. L., & González Alva, R. (2010). Oferta y demanda potencial de teletrabajo en el Área Metropolitana de la Ciudad de México. *X Reunión Nacional de la Investigación Demográfica en México*.
- Grande, J. C. (2020, septiembre 30). Gijón se prepara para ser la «ciudad sin coches». *El Comercio*.
- Greg Marsden, Jillian Anable, Chatterton, T., Docherty, I., Faulconbridge, J., Murray, L., Roby, H., & Shires, J. (2020). Studying disruptive events:

Innovations in behaviour, opportunities for lower carbon transport policy?
Transport Policy, 94, 89-101.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.04.008>

Grimal, P. (1956). Las ciudades romanas. *BOLETÍN INFORMATIVO DEL SEMINARIO DE DERECHO POLÍTICO DE LA UNIVERSIDAD DE SALAMANCA*, 288-289.

Grindlay, A. L., Ochoa-Covarrubias, G., & Lizárraga, C. (2021). Sustainable mobility and urban space quality: The case of Granada, Spain. *International journal of transport development and integration*, 5(4), 309-326.

Guillamón, D., & Hoyos, D. (2005). *Movilidad sostenible: de la teoría a la práctica*. Manu Robles-Arangiz Institutua.

Guirao, B., Ampudia, M., Molina, R., & García-Valdecasas, J. (2018). Student behaviour towards Free-Floating Carsharing: First evidences of the experience in Madrid. *Transportation Research Procedia*, 33, 243-250.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.10.099>

Günter, T., & Demir, F. E. O. (2018). The effect of using a case study on the academic achievement of students in learning about the topic of 'vitamins'. *Journal of Biological Education*.

Gunthe, S. S., & Patra, S. S. (2020). Impact of international travel dynamics on domestic spread of 2019-nCoV in India: origin-based risk assessment in importation of infected travelers. *Globalization and Health*, 16(1), 45.
<https://doi.org/10.1186/s12992-020-00575-2>

Guo, Z., & Wilson, N. H. M. (2007). Modeling Effects of Transit System Transfers on Travel Behavior. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2006(1), 11-20. <https://doi.org/10.3141/2006-02>

Gutiérrez, J., & García-Palomares, J. C. (2008). Distance-Measure Impacts on the Calculation of Transport Service Areas Using GIS. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35(3), 480-503. <https://doi.org/10.1068/b33043>

Guzman Garcia, L. A. (2011). *Optimización dinámica de estrategias de movilidad sostenible en áreas metropolitanas*.

-
- Habasisa, M., & Hlalele, D. (2014). Using case study as a teaching and learning strategy in the teaching of economics: a literature review. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(23), 999-1008.
- Hamed, M. M., & Easa, S. M. (1998). Integrated Modeling of Urban Shopping Activities. *Journal of Urban Planning and Development*, 124(3), 115-131. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(1998\)124:3\(115\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(1998)124:3(115))
- Handy, S. (2005). Smart Growth and the Transportation-Land Use Connection: What Does the Research Tell Us? *International Regional Science Review*, 28(2), 146-167. <https://doi.org/10.1177/0160017604273626>
- Hardt, C., & Bogenberger, K. (2019). Usage of e-Scooters in Urban Environments. *Transportation Research Procedia*, 37, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.178>
- Hendricks, S. J., & Georggi, N. L. (2007). Documented impact of transportation demand management programs through the case study method. *Journal of Public Transportation*, 10(4), 79-98.
- Hernández Aja, A., Viedma-Guiard, A., Díez Bermejo, A., Alonso Ibáñez, M. R., Aparicio Moruelo, A., Carpintero Redondo, Ó., Gómez García, M. V., Higuera García, E., Mata Olmo, R., & Rivas Sanz, J. L. de las. (2021). *Resiliencia: espacios de adaptación de nuestras ciudades a los nuevos retos urbanos*.
- Herrmann Lunecke, M. G. (2016). Instrumentos de planificación y diseño urbano para promover al peatón en las ciudades chilenas. Un estudio comparado entre Chile y Alemania. *Urbano*, 19(34), 48-57. <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RU/article/view/2612>
- Hess, D. B. (2012). Walking to the bus: perceived versus actual walking distance to bus stops for older adults. *Transportation*, 39(2), 247-266. <https://doi.org/10.1007/s11116-011-9341-1>
- Hess, D. B., & Almeida, T. M. (2007). Impact of Proximity to Light Rail Rapid Transit on Station-area Property Values in Buffalo, New York. *Urban Studies*, 44(5-6), 1041-1068. <https://doi.org/10.1080/00420980701256005>
- Higham, J., Cohen, S. A., Peeters, P., & Gössling, S. (2013). Psychological and behavioural approaches to understanding and governing sustainable mobility.

-
- Journal of Sustainable Tourism*, 21(7), 949-967.
<https://doi.org/10.1080/09669582.2013.828733>
- Hooi, E., & Pojani, D. (2020). Urban design quality and walkability: an audit of suburban high streets in an Australian city. *Journal of Urban Design*, 25(1), 155-179. <https://doi.org/10.1080/13574809.2018.1554996>
- Huang, R., Moudon, A. V, Zhou, C., Stewart, O. T., & Saelens, B. E. (2017). Light rail leads to more walking around station areas. *Journal of Transport & Health*, 6, 201-208. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.02.002>
- Ibrahim, A. N. H., Borhan, M. N., Mat Yazid, M. R., Rahmat, R. A., & Yukawa, S. (2021). Factors Influencing Passengers' Satisfaction with the Light Rail Transit Service in Alpha Cities: Evidence from Kuala Lumpur, Malaysia Using Structural Equation Modelling. *Mathematics*, 9(16), 1954. <https://doi.org/10.3390/math9161954>
- Ibrahim, A. N. H., Borhan, M. N., Md. Yusoff, N. I., & Ismail, A. (2020). Rail-based Public Transport Service Quality and User Satisfaction – A Literature Review. *Promet - Traffic&Transportation*, 32(3), 423-435. <https://doi.org/10.7307/ptt.v32i3.3270>
- Irawan, M. Z., Belgiawan, P. F., Joewono, T. B., Bastarianto, F. F., Rizki, M., & Ilahi, A. (2021). Exploring activity-travel behavior changes during the beginning of COVID-19 pandemic in Indonesia. *Transportation*. <https://doi.org/10.1007/s11116-021-10185-5>
- Jamal, S., & Habib, M. A. (2020). Smartphone and daily travel: How the use of smartphone applications affect travel decisions. *Sustainable Cities and Society*, 53, 101939. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101939>
- Jans B., M. (2017). Movilidad urbana: en camino a sistemas de transporte colectivo integrados. *AUS [Arquitectura / Urbanismo / Sustentabilidad]*, 0(6), 6-11. <https://doi.org/10.4206/aus.2009.n6-02>
- Jaramillo, C., Lizárraga, C., & Grindlay, A. L. (2012). Spatial disparity in transport social needs and public transport provision in Santiago de Cali (Colombia). *Journal of Transport Geography*, 24, 340-357.
-

-
- Jiménez-Torrecillas, A., Hernández-Soriano, R., Ruiz, L. M., Rodríguez-Aguilera, A., Tienza, C., Garzón, F., Carvajal, R., Sánchez-López, A., & Moreno, J. D. (2014). Integración de restos arqueológicos Almohades en el metropolitano de Granada. La investigación multidisciplinar para el proyecto y desarrollo de infraestructuras contemporáneas en los centros históricos. *Informes de la Construcción*, 66(535), e036. <https://doi.org/10.3989/ic.13.023>
- Julià, J. (2006). *Redes metropolitanas*. Barcelona: Ed Gustavo Gili.
- Juncà Ubierna, J. A. (2013). *Accesibilidad Universal de los modos de transporte en España. Problemática actual, principales avances y retos de futuro*.
- Kalia, R. (1985). Chandigarh: A planned city. *Habitat International*, 9(3), 135-150. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-3975\(85\)90053-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-3975(85)90053-0)
- Kane, M., & Whitehead, J. (2017). How to ride transport disruption –a sustainable framework for future urban mobility*. *Australian Planner*, 54(3), 177-185. <https://doi.org/10.1080/07293682.2018.1424002>
- Kemp, H. Vande. (1980). Teaching psychology through the case study method. *Teaching of Psychology*, 7(1), 38-41.
- Khaddar, S., & Fatmi, M. R. (2021). COVID-19: Are you satisfied with traveling during the pandemic? *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 9, 100292. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100292>
- Kilki, K., Mäntylä, M., Karhu, K., Hämmäinen, H., & Ailisto, H. (2018). A disruption framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 129, 275-284. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.034>
- Kim, K. W., Lee, D. W., & Chun, Y. H. (2010). A comparative study on the service coverages of subways and buses. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 14(6), 915-922. <https://doi.org/10.1007/s12205-010-0987-6>
- Kingham, S., Dickinson, J., & Copsey, S. (2001). Travelling to work: will people move out of their cars. *Transport Policy*, 8(2), 151-160. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(01\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(01)00005-1)
- Klein, B., LaRock, T., McCabe, S., Torres, L., Lazer, D., Eliassi-Rad, T., Scarpino, S. V., Chinazzi, M., & Vespignani, A. (2020). *Assessing changes in commuting and*

individual mobility in major metropolitan areas in the United States during the COVID-19 outbreak.

- Kołoś, A., & Taczanowski, J. (2016). The feasibility of introducing light rail systems in medium-sized towns in Central Europe. *Journal of Transport Geography*, 54, 400-413. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.02.006>
- König, A., & Drefßler, A. (2021). A mixed-methods analysis of mobility behavior changes in the COVID-19 era in a rural case study. *European Transport Research Review*, 13(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00472-8>
- Korniichuk, O. Y., Bambyzov, L. M., Kosenko, V. M., Spaska, A. M., & Tsekhmister, Y. V. (2021). Application of the case study method in medical education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(7), 175-191.
- Kuby, M., Barranda, A., & Upchurch, C. (2004). Factors influencing light-rail station boardings in the United States. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(3), 223-247. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2003.10.006>
- Lamas, J. (2021, noviembre 9). Un metro llamado ligero que el viento se llevó. *La Voz de Galicia*.
- Lami, I. M., & Todella, E. (2019). Facing urban uncertainty with the strategic choice approach: the introduction of disruptive events. *Rivista di estetica*, 71, 222-240.
- Lane, B. W. (2008). Significant characteristics of the urban rail renaissance in the United States: A discriminant analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(2), 279-295. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2007.10.001>
- Larena, J. B., Sinclair, A., & de la Puente Marjalizo, P. (2021). Metrolink: diseño de la primera línea de metro de Dublín. *Revista de Obras Públicas: Organo profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos*, 3628, 84-91.
- Larson, S. (2009). Whose city is it anyway? Jane Jacobs vs. Robert Moses and contemporary redevelopment politics in New York City. *Berkeley Planning Journal*, 22(1).

-
- Law, R. (1999). Beyond 'women and transport': towards new geographies of gender and daily mobility. *Progress in Human Geography*, 23(4), 567-588. <https://doi.org/10.1191/030913299666161864>
- Lee, J., Boarnet, M., Houston, D., Nixon, H., & Spears, S. (2017). Changes in Service and Associated Ridership Impacts near a New Light Rail Transit Line. *Sustainability*, 9(10), 1827. <https://doi.org/10.3390/su9101827>
- Li, H., Peng, J., Liu, W., & Huang, Z. (2015). Stationary Charging Station Design for Sustainable Urban Rail Systems: A Case Study at Zhuzhou Electric Locomotive Co., China. *Sustainability*, 7(1), 465-481. <https://doi.org/10.3390/su7010465>
- Lim, M. K., Wang, J., Wang, C., & Tseng, M.-L. (2020a). A novel method for green delivery mode considering shared vehicles in the IoT environment. *Industrial Management & Data Systems*, 120(9), 1733-1757.
- Lim, M. K., Wang, J., Wang, C., & Tseng, M.-L. (2020b). A novel method for green delivery mode considering shared vehicles in the IoT environment. *Industrial Management & Data Systems*, 120(9), 1733-1757.
- Lin, J., Chen, T., & Han, Q. (2018). Simulating and Predicting the Impacts of Light Rail Transit Systems on Urban Land Use by Using Cellular Automata: A Case Study of Dongguan, China. *Sustainability*, 10(4), 1293. <https://doi.org/10.3390/su10041293>
- Linka, K., Peirlinck, M., Sahli Costabal, F., & Kuhl, E. (2020). Outbreak dynamics of COVID-19 in Europe and the effect of travel restrictions. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 23(11), 710-717. <https://doi.org/10.1080/10255842.2020.1759560>
- Liu, T., & Wilkinson, S. J. (2022). Developing Urban Rail Using Public-Private Partnership: A Case Study of the Gold Coast Light Rail Project. *Handbook on Public Private Partnerships in Transportation, Vol I: Airports, Water Ports, Rail, Buses, Taxis, and Finance*, 243-259.
- Lizárraga Mollinedo, C. (2006). Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo XXI. *Economía, Sociedad y Territorio*, VI(22), 1-35. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11162202>

-
- López Bernal, O. (2004). La sustentabilidad urbana. *Bitácora urbano territorial*, 8(1), 8-14.
- López, G. A. (2019). Las ciudades medias industriales en España. Evolución histórica, proceso de urbanización y estructura urbana/The industrial medium size cities in Spain. Historical evolution, urbanization process and urban structure. *Ería*, 39(1), 25-49.
- López, G. A., & De La Torre, I. M. (2000). Burgos y su área de influencia: aproximación a los efectos territoriales de la ciudad. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 29, 53-72.
- López, J. B., & Martínez, J. M.-V. (1980). Transporte urbano y consumo energético. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 73-82.
- López Lara, E. J. (2005). Urbanismo y ferrocarril. *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, 55, 49-56.
- López, M. F. C. (2019). *Evolución del espacio urbano de zaragoza a través del transporte y sus infraestructuras: el caso concreto del tranvía (Doctoral dissertation, Universidad de Zaragoza)*.
- López, M. R. A. (2018). *Contribución al estudio de las relaciones entre la movilidad de las personas: las características del entorno social y los factores psicológicos para fomentar la movilidad sostenible*.
- Losa, M., Pratelli, A., & Riccardi, C. (2014). The integration of buses with a high level of service in the medium cities urban context. *WIT Transactions on the Built Environment*, 138, 161-172.
- Lozano, P. P., & Fernández, R. R. (2022). El tranvía eléctrico de Oviedo: ejemplo de infraestructura urbana de principios del siglo XX. *Actas del Duodécimo Congreso Nacional y Cuarto Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción: Mieres, 4-8 de octubre de 2022*, 889-902.
- Ma, X., Jin, Y., & He, M. (2018). Measuring Bikeshare Access/Egress Transferring Distance and Catchment Area around Metro Stations from Smartcard Data. *Information*, 9(11), 289. <https://doi.org/10.3390/info9110289>

-
- Mabin, A., & Harrison, P. (2023). Contemporary planning and emergent futures: A comparative study of five capital city-regions on four continents. *Progress in Planning*, 169, 100664. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.progress.2022.100664>
- Mackett, R., & Babalik Sutcliffe, E. (2003). New urban rail systems: a policy-based technique to make them more successful. *Journal of Transport Geography*, 11(2), 151-164. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(03\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(03)00003-6)
- Mackett, R. L. (2001). Policies to attract drivers out of their cars for short trips. *Transport Policy*, 8(4), 295-306. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(01\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(01)00025-7)
- Maclaren, V. W. (1996). Urban Sustainability Reporting. *Journal of the American Planning Association*, 62(2), 184-202. <https://doi.org/10.1080/01944369608975684>
- Madanipour, A. (2019). Rethinking public space: between rhetoric and reality. *URBAN DESIGN International*, 24(1), 38-46. <https://doi.org/10.1057/s41289-019-00087-5>
- Magalhães, M. T. (2016). Spatial coverage index for assessing national and regional transportation infrastructures. *Journal of Transport Geography*, 56, 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.08.015>
- Mandeli, K. (2019). Public space and the challenge of urban transformation in cities of emerging economies: Jeddah case study. *Cities*, 95, 102409. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102409>
- Mántaras, D. Á., & Rodríguez, P. L. (2003). *Ferrocarriles. Ingeniería de Infraestructura de los Transportes*. Universidad de Oviedo.
- Maps, A. (2020). *Informes de tendencias de movilidad*.
- Martín, N. R. (2017). En una población moderna hay que saber andar. Debates en torno a la regulación del tráfico peatonal en Madrid, 1900-1936. *Registros*, 13(1), 166-179.

-
- Martín Urbano, P., Ruiz Rúa, A., & Sánchez Gutiérrez, J. I. (2012). El sistema de transporte público en España: una perspectiva interregional. *Cuadernos de Economía*, 31(58), 195-228.
- Matsoukis, E. (2003). The Role Of A Feasibility Study In Planning A New LRT System. *WIT Transactions on The Built Environment*, 25-32. <https://doi.org/10.2495/UT030031>
- Mayordomo-Martínez, D., García-Mateos, G., & Carrillo de Gea, J. M. (2020). Estudio y análisis de la accesibilidad para personas con discapacidad física en el acceso a comercios y locales de la ciudad de Murcia. *Informes de la Construcción*, 72(560), e369. <https://doi.org/10.3989/ic.73866>
- Mazarío Díez, J. L. (2015). *Priorización de proyectos mejora para la movilidad urbana sostenible en la ciudad de Valencia*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/59436>
- Mehanović, M. (2021). Guidelines for transformation of trams to the light rail system in Sarajevo. *Science, Engineering and Technology*, 1(1), 42-51. <https://doi.org/10.54327/set2021/v1.i1.6>
- Miller, H. J., & Shaw, S.-L. (2015). Geographic Information Systems for Transportation in the 21st Century. *Geography Compass*, 9(4), 180-189. <https://doi.org/10.1111/gec3.12204>
- Mills, A. J., Durepos, G., & Wiebe, E. (2009). *Encyclopedia of case study research*. Sage publications.
- Ministerio de Interior. (2006). *Real Decreto 965/2006, de 1 de septiembre, por el que se modifica el Reglamento General de Circulación, aprobado por Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre (BOE núm. 212, 5 de septiembre de 2006)*. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-15406>
- Miralles-Guasch, C., & Cebollada, Á. (2009). Movilidad cotidiana y sostenibilidad, una interpretación desde la geografía humana. En *Boletín de la A.G.E. N.º 50* (pp. 193-216).
- Miralles-Guasch, C., & i Frontera, À. C. (2003). *Movilidad y transporte: opciones políticas para la ciudad*. Fundación alternativas Madrid.

-
- Miranda-Reyes, O. V., Ballesteros-López, J. G., Punina-Poveda, D. H., & Lescano-Paredes, L. G. (2023). Avances actuales de las baterías de los automóviles eléctricos. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 6(11), 56-69.
- Mogaji, E. (2020). Impact of COVID-19 on transportation in Lagos, Nigeria. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 6, 100154. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100154>
- Molero, E., Grindlay, A., Valenzuela, L. M., & Bestué, I. (2017). *Diseño de estrategias de gamificación en la enseñanza del urbanismo y la ordenación del territorio*.
- Montaner, J. M. (1999). El modelo Curitiba: movilidad y espacios verdes. *Ecología Política*, 69-71.
- Montgomery, C. (2013). *Happy city: Transforming our lives through urban design*. Penguin UK.
- Montoya, J. A., Escobar, D. A., & Moncada, C. A. (2020). Análisis de accesibilidad urbana a partir de intervenciones viales mediante sistemas de información geográfica. Caso de estudio, la malla vial del municipio de Quibdó, en Colombia. *Información tecnológica*, 31, 19-30.
- Monzón de Cáceres, A., López García de Léaniz, C., Del Cuvillo, R., Julio Castillo, R., & Sánchez Sacristán, C. M. (s. f.). *Observatorio de la Movilidad Metropolitana*. 2004-2019. Recuperado 8 de marzo de 2020, de <http://www.observatoriomovilidad.es/es/publicaciones/informes.html>
- Moovit. *Impact of Coronavirus (COVID-19) on Public Transit Usage*. (2020). Moovit. https://moovitapp.com/insights/en/Moovit_Insights_Public_Transit_Index-countries
- Moreno, F. M. (2016). Vehículos eléctricos. historia, estado actual y retos futuros. *European Scientific Journal*.
- Morris, A. E. J. (1984). *Historia de la forma urbana: desde sus orígenes hasta la revolución industrial*. Gustavo Gili.

-
- Moyano, A., Martínez, H. S., & Coronado, J. M. (2018). From network to services: A comparative accessibility analysis of the Spanish high-speed rail system. *Transport Policy*, 63, 51-60.
- Moyano, A., Stepiak, M., Moya-Gómez, B., & García-Palomares, J. C. (2021). Traffic congestion and economic context: changes of spatiotemporal patterns of traffic travel times during crisis and post-crisis periods. *Transportation*, 48(6), 3301-3324.
- Mozos-Blanco, M. Á., Pozo-Menéndez, E., Arce-Ruiz, R., & Baucells-Aletà, N. (2018). The way to sustainable mobility. A comparative analysis of sustainable mobility plans in Spain. *Transport Policy*, 72, 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.07.001>
- Muley, D., Shahin, Md., Dias, C., & Abdullah, M. (2020). Role of Transport during Outbreak of Infectious Diseases: Evidence from the Past. *Sustainability*, 12(18), 7367. <https://doi.org/10.3390/su12187367>
- Muñiz, Í. O. (2020). Capítulo V-Sostenibilidad y forma urbana.: Directrices y planeamiento urbanístico en las ciudades medias españolas. *Las agendas urbanas y el gobierno de las ciudades: transformaciones, desafíos e instrumentos*, 119-140.
- Nárdiz, C. (1996). *Desarrollo histórico de la red ferroviaria del noroeste de España*.
- Navarro-Ligero, M. L., & Valenzuela-Montes, L. M. (2019). The performance of planning hypotheses about urban-transport futures: the Light Rail Transit in Granada. *Transportation Research Procedia*, 41, 596-608. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.107>
- Neira Martínez, M. (2019). *¿ Es el carsharing la mejor solución para los individuos? Preferencias de los individuos frente a la movilidad compartida de vehículos*.
- Nia, H. A. (2021). A Comprehensive Review on the Effects of COVID-19 Pandemic on Public Urban Spaces. *Architecture and Urban Planning*, 17(1), 79-87. <https://doi.org/doi:10.2478/aup-2021-0008>
- Nogales Basarrate, T. (2021). *Ciudades Romanas de Hispania*.

-
- Novales, M., Cerezo, J. A. G., & Ortega, R. (2013). Light Rail in Alicante, Spain: Improving the Use of Existing Railway Lines. *Transportation Research Record*, 2353(1), 69-81. <https://doi.org/10.3141/2353-07>
- Núñez, J. (2016). El desafío de España en materia de inversión en infraestructuras. *Revista de Obras Públicas: Organo profesional de los ingenieros de caminos, canales y puertos*, 3575, 29-34.
- Obregón-Biosca, S. A., & Betanzo-Quezada, E. (2015). Análisis de la movilidad urbana de una ciudad media mexicana, caso de estudio: Santiago de Querétaro. *Economía, sociedad y territorio*, 15(47), 61-98.
- Observatorio del transporte y la logística en España. (2019). https://observatoriotransporte.mitma.gob.es/monografico/movilidad_ciudades_sxxi/5tendencias-medidas-y-buenaspracticasy-en-el-ambito-de-la-movilidad-metropolitana/51-planes-de-movilidad-urbana-sostenible-y-planes-de-transporte-al-trabajo.
- Olesen, M. (2014a). Framing light rail projects – Case studies from Bergen, Angers and Bern. *Case Studies on Transport Policy*, 2(1), 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2013.12.002>
- Olesen, M. (2014b). Framing light rail projects – Case studies from Bergen, Angers and Bern. *Case Studies on Transport Policy*, 2(1), 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2013.12.002>
- Olesen, M. (2014c). *Making light rail mobilities*.
- Olivares Abengozar, S. (2014). *Madrid 1919, un nuevo escenario urbano subterráneo: el Metro. Aparición en España del concepto de viaje sin referencias espaciales*.
- Oliveros, J. A. B. (2007). *Las alternativas al petróleo como combustible para vehículos automóviles*. Fundación Alternativas.
- Oluyomi, A. O., Knell, G., Durand, C. P., Mercader, C., Salvo, D., Sener, I. N., Gabriel, K. P., Hoelscher, D. M., & Kohl, H. W. (2019). Foot-based audit of streets adjacent to new light rail stations in Houston, Texas: measurement of health-related characteristics of the built environment for physical activity research. *BMC Public Health*, 19(1), 238. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6560-4>
-

-
- Ordax, M. N. (2021). Uso de Twitter para el desarrollo de competencias específicas y transversales en estudios sobre movilidad sostenible en ingeniería. *edunovatic2021*, 240.
- Ordax, M. N., Pasandín, A. M. R., & Lamas, Y. M. M. (2023). Reflexiones sobre la implementación de un proyecto ApS sobre transporte sostenible. *edunovatic2023*, 42.
- Orro, A., Novales, M., Monteagudo, Á., Pérez-López, J.-B., & Bugarín, M. R. (2020). Impact on City Bus Transit Services of the COVID-19 Lockdown and Return to the New Normal: The Case of A Coruña (Spain). *Sustainability*, 12(17), 7206. <https://doi.org/10.3390/su12177206>
- Ortega Ortiz, C. (2017). *Estudio de Viabilidad, Anteproyecto, Proyecto Constructivo de Referencia, Documentación Ambiental, Plan de Explotación y Programa Económico de una Línea de Tranvía Este – Oeste en Zaragoza*.
- Ortiz Escalante, S. , Ciocchetto, A. , Fonseca, M. , Casanovas, R. , & Valdivia, B. (2021). *Movilidad cotidiana con perspectiva de género. Guía metodológica*.
- Ortúzar, J. D. D., Armoogum, J., Madre, J., & Potier, F. (2011). Continuous Mobility Surveys: The State of Practice. *Transport Reviews*, 31(3), 293-312. <https://doi.org/10.1080/01441647.2010.510224>
- O'Sullivan, S., & Morrall, J. (1996). Walking Distances to and from Light-Rail Transit Stations. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1538(1), 19-26. <https://doi.org/10.1177/0361198196153800103>
- Pacheco-Raguz, J. F. (2010). Assessing the impacts of Light Rail Transit on urban land in Manila. *Journal of Transport and Land Use*, 3(1). <https://doi.org/10.5198/jtlu.v3i1.13>
- Páez, A., & Whalen, K. (2010). Enjoyment of commute: A comparison of different transportation modes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(7), 537-549. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.04.003>
- Palermo, P. C., & Ponzini, D. (2012). At the crossroads between urban planning and urban design: Critical lessons from three Italian case studies. *Planning Theory & Practice*, 13(3), 445-460.
-

-
- Pantiga-Facal, E., Manjón, I. M., & Plasencia-Lozano, P. (2021). Impact of COVID-19 on urban transportation habits in the city of Gijón. *Transportation research procedia*, 58, 535-542.
- Parada, F. Y. P., Zapata, G. M. V., & Novoa, Y. C. (2021). Caracterización sobre los cambios en la movilidad urbana generados por la pandemia del coronavirus (COVID-19) en Bogotá. *Pensamiento udecino*, 5(1), 28-76.
- Park, E. S., & Sener, I. N. (2019). Traffic-related air emissions in Houston: Effects of light-rail transit. *Science of The Total Environment*, 651, 154-161. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.169>
- Park, S., Deakin, E., & Jang, K. (2015). Can Good Walkability Expand the Size of Transit-Oriented Developments? *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2519(1), 157-164. <https://doi.org/10.3141/2519-17>
- Paulo Almeida Faria Ribeiro, L. (2016). *Infraestructura verde, salud pública y actividad física. Evidencias de su relación. caso de estudio: La Coruña, España. Pedro José Calaza Martínez.*
- Peña Ordóñez, C. (2011). *Estudio de baterías para vehículos eléctricos (Bachelor's thesis).*
- Pérez, E. O. (2009). *Diseño de un sistema experto para la evaluación ambiental, social y económica de planes de infraestructuras implementado en sig. Aplicación al estudio de los efectos del plan de infraestructuras 2005-2010.*
- Pérez, F. L. (2018). María Rosario Alonso Ibáñez (dir.): Retos del desarrollo urbano sostenible e integrado, Valencia, Tirant Lo Blanch, 2018. *Revista de Administración Pública*, 207, 347-352.
- Plasencia Lozano, P., & Bargón-García, M. (2023). An analysis of the small planned towns built for the workers of the Badajoz Plan dams in Spain. *Planning Perspectives*, 38, 1-25. <https://doi.org/10.1080/02665433.2023.2198499>
- Plasencia-Lozano, P. (2014). Role of Footbridges in Waterfront Rehabilitation. *Journal of Bridge Engineering*, 02514002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0000680](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0000680)

-
- Plasencia-Lozano, P. (2020). *Un nuevo Caudal para Mieres*. 33-39.
- Plasencia-Lozano, P. (2021a). Evaluation of a New Urban Cycling Infrastructure in Caceres (Spain). *Sustainability*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/su13041910>
- Plasencia-Lozano, P. (2021b). Evaluation of a New Urban Cycling Infrastructure in Caceres (Spain). *Sustainability*, 13(4), 1910. <https://doi.org/10.3390/su13041910>
- Plasencia-Lozano, P., & Méndez-Manjón, I. (2023). Optimisation of urban space based on geometric analysis of parallel parking lots. *Transportation Research Procedia*, 71, 307-314. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.089>
- Plasencia-Lozano, P., Pantiga-Facal, E., & Méndez-Manjón, I. (2024). Methodology for planning short-term urban bike lane networks; an example of downtown Gijón. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Urban Design and Planning*, 0(0), 1-16. <https://doi.org/10.1680/jurdp.23.00031>
- Prasertsri, N., & Sangpradid, S. (2020). Parking Site Selection for Light Rail Stations in Muaeng District, Khon Kaen, Thailand. *Symmetry*, 12(6), 1055. <https://doi.org/10.3390/sym12061055>
- Pregolato, M., Ford, A., & Dawson, R. (2016). Disruption and adaptation of urban transport networks from flooding. *E3S Web Conf.*, 7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20160707006>
- PRELIMINAR-EIAP, E. D. E. I. A., DE, P. T. P. B. U. S., & RÁPIDO-BTR, T. (2015). *Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones*.
- Prillwitz, J., & Barr, S. (2011). Moving towards sustainability? Mobility styles, attitudes and individual travel behaviour. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1590-1600. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.06.011>
- Pujadas, I. (2009). Movilidad residencial y expansión urbana en la Región Metropolitana de Barcelona, 1982-2005. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 2009, vol. XIII, num. 290, p. 33 pp.
- Pulugurtha, S. S., & Srirangam, L. P. (2021). Pedestrian safety at intersections near light rail transit stations. *Public Transport*. <https://doi.org/10.1007/s12469-021-00276-y>

-
- Rabinovitch, J. (1992). Curitiba: towards sustainable urban development. *Environment and Urbanization*, 4(2), 62-73. <https://doi.org/10.1177/095624789200400206>
- Recasens Alsina, M. (2020). Desafíos para una movilidad sostenible: Barcelona. *Ciudad y territorio, estudios territoriales*, 52(204), 263-276.
- Redacción. (2021a). El tranvía completa otro de los hitos pendientes al adjudicar a Renfe el contrato de pre-explotación por 4,2 millones. En *Diario de Cádiz*. https://www.diariodecadiz.es/noticias-provincia-cadiz/tranvia-completa-hito-adjudicar-Renfe-contrato-pre-eexplotacion-video_o_1642036290.html
- Redacción. (2021b, diciembre 15). Un proyecto conjunto fijará plazos para el plan de vías y el metrotrén. *Mi Gijón*.
- Redacción. (2021c, diciembre 27). El tranvía completa otro de los hitos pendientes al adjudicar a Renfe el contrato de pre-explotación por 4,2 millones. *Diario de Cádiz*.
- Rivera, B. I. G., Gutiérrez, J., Valdés, D., & de Progreso, I. (2005). *Estrategias para modificar conductas sociales e incentivar el uso del transporte colectivo*.
- Roberts, J., Hu, M., Saksvig, B., Brachman, M., & Durand, C. (2018). Examining the Influence of a New Light Rail Line on the Health of a Demographically Diverse and Understudied Population within the Washington, D.C. Metropolitan Area: A Protocol for a Natural Experiment Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), 333. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020333>
- Robuste Anton, F., Ibeas Portilla, A., Dell'Olio, L., & Vega Zamanillo, A. (2004). Modelo de Optimización de un Sistema de Transporte Público Urbano considerando el tráfico en la ciudad. *CARRETERAS, REVISTA TECNICA DE LA ASOCIACION ESPANOLA DE LA CARRETERA*, 134.
- Rodríguez Lora, J. A., Navas Carrillo, D., & Pérez Cano, M. T. (2022). Le Corbusier como urbanista. Una visión contemporánea a través del ecosistema digital. *Desafíos audiovisuales de la tecnología y los contenidos en la cultura digital*.
- Rodríguez, P. L., PAÑEDA, X. G., MÁNTARAS, D. Á., LINERA, F. F., PAÑEDA, A. G., ORUETA, G. D., & ALVAREZ, D. M. (2015). Sistema para la reducción de

- costes operativos en una flota de autobuses urbanos a través de la aplicación de técnicas de conducción eficiente. *DYNA*, 90(5), 522-531.
- Rodríguez-Gómez, A. (2015). *Plan de movilidad urbana sostenible del Úbeda*. <https://crea.ujaen.es/jspui/handle/10953.1/2214?mode=full>
- Rodríguez-Lora, J.-A., Navas-Carrillo, D., & Pérez-Cano, M. T. (2022). La caracterización del urbanismo de Le Corbusier. Los planes urbanos para las ciudades costeras. *Ciudades. Comunidades e Territorios*, 45.
- Rosas Gutiérrez, J., & Chías Becerril, L. (2020). Los BRT ¿nuevo paradigma de la movilidad urbana mundial? *Investigaciones Geográficas*. <https://doi.org/10.14350/rig.60045>
- Rosiak, Ł. (2022). Application of the test method—comparative in design practice. Case study—Wołomin. *Przestrzeń i Forma*, 51.
- Ruíz Fernández, R., & Coronado Tordesillas, J. M. (2021). *Las carreteras como invariantes del paisaje*.
- Ruiz, J. Á. H., Mujica, J. D., Ojeda, A. A. R., & Rodríguez, M. de los A. R. (2023). Impacto de la COVID 19 en la movilidad de la población canaria por motivos labores o de estudio. *Geografía: cambios, retos y adaptación: libro de actas. XVIII Congreso de la Asociación Española de Geografía, Logroño, 12 al 14 de septiembre de 2023*, 725-734.
- Ruiz Labrador, E. E. (2014). *Metodología para la determinación de la movilidad en ciudades de tamaño medio. El caso de Mérida*.
- Salazar, M. C. (2020). *Movilidad sostenible.: El caso de la aglomeración urbana de Sevilla*.
- Sánchez Sánchez, J. A. (2017). *Redes vehiculares aplicadas a la movilidad inteligente y sostenibilidad ambiental en entornos de ciudades inteligentes*.
- Sánchez-Flores, Ó., & Romero-Torres, J. (2010). Factores de calidad del servicio en el transporte público de pasajeros: estudio de caso de la ciudad de Toluca, México. *Economía, sociedad y territorio*, 10(32), 49-80.

-
- Santos, L., & de los Ferrocarriles Españoles, F. (2007). Urbanismo y ferrocarril. La construcción del espacio ferroviario en las ciudades medias españolas. *Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid*.
- Sarker, R. I., Mailer, M., & Sikder, S. K. (2019). Walking to a public transport station. *Smart and Sustainable Built Environment*, 9(1), 38-53. <https://doi.org/10.1108/SASBE-07-2017-0031>
- Schoner, J., & Cao, X. (2014). Walking for Purpose and Pleasure. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2464(1), 67-76. <https://doi.org/10.3141/2464-09>
- Sekasi, J., & Martens, M. L. (2021). Assessing the Contributions of Urban Light Rail Transit to the Sustainable Development of Addis Ababa. *Sustainability*, 13(10), 5667. <https://doi.org/10.3390/su13105667>
- Sevilla Álvarez, J., Corrochano, D., Gómez-Gonçalves, A., & Rato, H. (2021). ¿Es recuperable la ciudad como espacio para la infancia? Aproximación teórica desde la perspectiva del urbanismo social, participativo y sostenible. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*.
- Shaheen, S., Guzman, S., & Zhang, H. (2012). Bikesharing across the globe. En *City Cycling* (pp. 183-210). MIT Press.
- Shamshiripour, A., Rahimi, E., Shabanpour, R., & Mohammadian, A. (Kouros). (2020). How is COVID-19 reshaping activity-travel behavior? Evidence from a comprehensive survey in Chicago. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 7, 100216. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100216>
- Shen, W., Xiao, W., & Wang, X. (2016). Passenger satisfaction evaluation model for Urban rail transit: A structural equation modeling based on partial least squares. *Transport Policy*, 46, 20-31. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.10.006>
- Siebolds, P., & Steinberg, F. (1980). Dodoma — A future African Brasilia?: Capitalist town planning and African socialism. *Habitat International*, 5(5), 681-690. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-3975\(80\)90008-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0197-3975(80)90008-9)
- Sillero Cortijo, J. J. (2022). *Estudio de movilidad escolar e implantación de rutas peatonales seguras en el barrio de Vara de Quart de Valencia*.

-
- SIPONE, S. (2019). *Fomento de la movilidad sostenible en la educación primaria a través de la gamificación*.
- Soria Lara, J. A., & Valenzuela Montes, L. M. (2013). Dimensiones relevantes para la evaluación ambiental proactiva de la movilidad urbana. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 0(0). <https://doi.org/10.14350/rig.34416>
- Sovacool, B. K., & Yazdi, A. H. (2019). Technological frames and the politics of automated electric Light Rail Rapid Transit in Poland and the United Kingdom. *Technology in Society*, 59, 101190. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.101190>
- Sterbova, E. (2011). *Eficacia de las ofertas de sistemas de transporte en bicicleta ante la demanda de una movilidad sostenible*.
- Szarata, A., Nosal, K., Duda-Wiertel, U., & Franek, L. (2017). The impact of the car restrictions implemented in the city centre on the public space quality. *Transportation Research Procedia*, 27, 752-759. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.018>
- Talavera García, R., Valenzuela Montes, L. M., & Soria Lara, J. A. (2018). Evaluando la influencia de la calidad de la distancia peatonal en la cobertura de paradas del metro ligero de Granada (España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 79. <https://doi.org/10.21138/bage.2472>
- Talavera, R., Soria, J. A., & Valenzuela, L. M. (2014). La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana. *Documents d'anàlisi geogràfica*, 60(1), 161-187.
- Tejedor, S. D. (2021, marzo 10). El 53,5% de los gijoneses estará a menos de 15 minutos de una estación. *El Comercio*.
- Terán, F. de. (1999). El urbanismo europeo en América y el uso de la cuadrícula. Cerdá y la ciudad cuadrangular. *Ciudad y territorio, estudios territoriales*, 119-12, 21-40.
- Tian, X., An, C., Chen, Z., & Tian, Z. (2021). Assessing the impact of COVID-19 pandemic on urban transportation and air quality in Canada. *Science of The*

Total Environment, 765, 144270.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144270>

- Tien, J. M. (2005). Viewing urban disruptions from a decision informatics perspective. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 14(3), 257-288. <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0194-7>
- Tomassetti, L., Torre, M., Tratzi, P., Paolini, V., Rizza, V., Segreto, M., & Petracchini, F. (2020). Evaluation of air quality and mobility policies in 14 large Italian cities from 2006 to 2016. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 55(7), 886-902. <https://doi.org/10.1080/10934529.2020.1752070>
- Tomé Fernández, S. (2007). *Los centros históricos de las ciudades españolas*. 75-88.
- Tordesillas, J. M. C., Lázaro, F. J. R., & Fernández, R. R. (2013). El transporte regular de viajeros por carretera en España, 1924-1936. Ordenación legislativa y análisis del sector. *Revista de Historia Industrial*, 111-137.
- Ureña, J. M., Menéndez, J. M., Guirao, B., Escobedo, F., Rodríguez, F., Coronado, J. M., Ribalaygua, C., Rivas, A., & Martínez, Á. (2005). Alta velocidad ferroviaria e integración metropolitana en España: el caso de Ciudad Real y Puertollano. *EURE (Santiago)*, 31(92), 87-104.
- Valenzuela Montes, L. M. (2000). *Accesos y forma urbana en las ciudades medias andaluzas (Doctoral dissertation, Universidad de Granada)*.
- Valenzuela-Montes, L. M., & Talavera-García, R. (2015). Entornos de movilidad peatonal: una revisión de enfoques, factores y condicionantes. *Eure (Santiago)*, 41(123), 5-27.
- Van Oort, N. (2020, febrero). Failed projects offer valuable lessons for future schemes. *International Railway Journal*.
- Vázquez Hisado, J. C. (2020). *Rehabilitabilidad de los centros urbanos históricos: accesibilidad y movilidad sostenible en el centro histórico de Sevilla*.
- Vegara, A., & de las Rivas Sanz, J. L. (2004). *Territorios inteligentes: nuevos horizontes del urbanismo*. Fund. Metròpoli.
- Velásquez M., & Carmen V. (2015). *Espacio público y movilidad urbana. Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM)*. Universitat de Barcelona.

-
- Vidović, K., Mandžuka, S., & Brčić, D. (2017). Estimation of urban mobility using public mobile network. *2017 International Symposium ELMAR*, 21-24.
- Vigarié, A. (1983). Le tramway de Nantes : un exemple d'utilisation des transports en commun pour contrôler et orienter l'urbanisation. *Gèocarrefour*, 58(1), 41-50.
- Vila, Á. (2021, febrero 3). Caballero, tajante sobre el regreso del tranvía a Vigo: "Las ciudades que lo hicieron quebraron". *Metropolitano.Gal*.
- Vitosoglu, Y., Ozden, R., Yaliniz, P., & Bilgic, S. (2014). Comparison of Light Rail Systems in Turkey with the Method of Comparative Standard Determination. *Transportation Research Procedia*, 3, 670-679. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.046>
- Wallis, S. (1996). *LISBON METRO*.
- Wang, Y., König, L. M., & Reiterer, H. (2021). A Smartphone App to Support Sedentary Behavior Change by Visualizing Personal Mobility Patterns and Action Planning (SedVis): Development and Pilot Study. *JMIR Form Res*, 5(1), e15369. <https://doi.org/10.2196/15369>
- Wassermann, S. (1994). *El estudio de casos como método de enseñanza*. Amorrortu.
- Whitney, W. J., & O'Mahony, M. M. (1999a). Transport planning in Dublin and Edinburgh. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport*, 135(3), 163-170. <https://doi.org/10.1680/itrans.1999.31808>
- Whitney, W. J., & O'Mahony, M. M. (1999b). Transport planning in Dublin and Edinburgh. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport*, 135(3), 163-170. <https://doi.org/10.1680/itrans.1999.31808>
- Wideberg, J., Luque, P., & Mantaras, D. (2012). A smartphone application to extract safety and environmental related information from the OBD-II interface of a car. *International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing*, 7(1), 1-11. <https://doi.org/10.1504/IJVSMT.2012.045309>
- Williams, J., & Larson, J. (1996). Promoting bicycle commuting: understanding the customer. *Transportation Quarterly*, 50(3), 67-78.

Wolnowska, A. E., & Kasyk, L. (2022). Transport Preferences of City Residents in the Context of Urban Mobility and Sustainable Development. *Energies*, 15(15), 5692.

Yan, X., Levine, J., & Marans, R. (2019). The effectiveness of parking policies to reduce parking demand pressure and car use. *Transport Policy*, 73, 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.10.009>