



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



REORDENACIÓN Y DISEÑO DE UNA CALLE CONSIDERANDO LA INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS

Trabajo realizado por:

Gonzalo García Calleja

Dirigido:

Soledad Nogués Linares

Rubén Cordera Piñera

Titulación:

Grado en Ingeniería Civil

Santander, septiembre de 2021

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor: Gonzalo García Calleja.

Directores: Soledad Nogués Linares y Rubén Cordera Piñera.

Convocatoria: Septiembre 2021.

Palabras clave: Vehículos autónomos, desarrollo urbanístico, Valladolid, diseño urbano, ordenación urbana, movilidad sostenible, Paseo Zorrilla.

Resumen:

Los vehículos autónomos tienen la potencialidad de ser más sostenibles y seguros que los vehículos convencionales, al ser capaces de funcionar sin la necesidad de intervención humana. Su introducción puede generar grandes cambios en varios ámbitos como el del transporte, la red viaria, el medioambiente, la forma de vida y otros aspectos de las ciudades. Para poder anticiparnos al cambio y aprovechar todas las posibles ventajas, el objetivo de este trabajo es entender los impactos negativos y positivos que pueden generar, y proponer estrategias de diseño y ordenación urbanística que nos permitan obtener el mayor partido a los vehículos autónomos.

El proceso de investigación empieza con un repaso a los conceptos básicos y evolución histórica sobre la idea y desarrollo de los vehículos autónomos, a partir de una revisión de la bibliografía fundamental sobre el tema. Según la literatura científica, el impacto más positivo de la introducción de los vehículos autónomos en la ciudad es el de la liberación de espacio, tanto al reducirse la necesidad de superficie de aparcamiento, como al disminuir la superficie de los carriles. Este nuevo espacio libre puede destinarse a otros usos como zonas verdes, aceras más amplias o carriles bici, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos.

El trabajo se aplica a una calle de Valladolid, que es una ciudad que busca desarrollarse con sostenibilidad, inclusividad y seguridad, mejorando así su calidad de vida. Para el proceso de selección de calle se ha realizado un análisis multicriterio considerando una serie de calles preseleccionadas. Este proceso se ha basado en la ponderación de los distintos criterios en base a la opinión de expertos en la materia. La calle con mayor puntuación ha sido en este caso el Paseo Zorrilla.

A continuación, se lleva a cabo un análisis exhaustivo de esta calle y de su entorno, realizando trabajo de campo y recopilando toda la información de los documentos que proporcionan los organismos oficiales (Ayuntamiento de Valladolid, Junta de Castilla y León). Con esta información se ha obtenido un diagnóstico sobre las fortalezas y debilidades de la calle. Se trata de una calle que tiene un gran recorrido, ya que va desde el centro hasta las afueras de la ciudad, teniendo su zona de afección un uso principalmente residencial y en algunas zonas comercial y de ocio. Cuenta con múltiples equipamientos, red de autobús urbano y servicio de taxis. Existe un carril bici a lo largo de todo el recorrido, pero tiene malas conexiones con otros carriles bici, y tiene tramos de uso compartido con los vehículos que lo hacen poco seguro.

La propuesta de ordenación y diseño se basa en potenciar espacios urbanos seguros y de alta calidad y en las formas activas de movilidad, es decir, peatonal y ciclista. La liberación de espacio destinado al aparcamiento y la reducción de la plataforma y los carriles destinados al vehículo privado, ha permitido que se puedan usar esos espacios en beneficio del ciudadano, ampliando las aceras y zonas verdes, y mejorando la red ciclista. Las actuaciones propuestas se pueden dividir en cinco tipos: redistribución viaria, nuevos usos para zonas existentes, intersecciones,

incorporación de elementos urbanos necesarios para los vehículos autónomos y aparcamiento para vehículos autónomos.

La redistribución viaria consiste en reestructurar la sección principal presente en la mayor parte del Paseo Zorrilla, liberando entre el 29,3% y el 32,6% de espacio destinado a aparcamientos y carriles. De los tres carriles por sentido se pasa a uno de 2,8 metros de ancho, la vía de servicio se mantiene, y los aparcamientos contiguos se eliminan, dándoles otro uso. En el espacio liberado de los carriles se propone un carril bici seguro y una mediana peatonal, todo ello a la misma altura y con posibilidad de cruzar la calle en cualquier lugar.



Los aparcamientos que están en las vías de servicio ya no son necesarios, se les va a dar otros usos. Estos carriles de acceso pueden variar sus usos durante el día, optimizando así las necesidades de cada momento y el espacio del que disponemos. El objetivo principal es dar uso constante a esa superficie. Se propone establecer usos recreativos o relacionados con el transporte y el comercio, como las terrazas, puntos de movilidad y mercados.



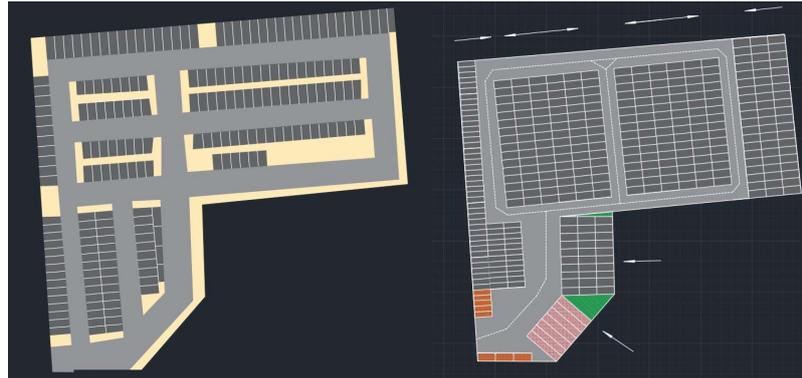
La tercera actuación afecta a las intersecciones que encontramos en el trayecto. Los expertos recomiendan el uso de glorietas en intersecciones principales, argumentando que para los vehículos autónomos es mejor una circulación lenta y continua, que rápida y con parones como ocurre en las intersecciones semafóricas. Se propone una glorieta tipo, que tiene dos carriles, el interior de 2,8 metros y el exterior de 3,6 metros para permitir maniobras de vehículos más grandes. Además de poder ampliar las aceras que están en contacto directo con la intersección, se propone también la construcción de un carril bici que bordea la glorieta por el exterior y para cruzar lo hace en las calles perpendiculares para impedir que se produzcan paradas en la glorieta.



Para que los vehículos autónomos puedan funcionar se necesitan algunos elementos auxiliares, los más importantes son los puntos de movilidad y estaciones de carga. Los puntos de movilidad son lugares para que las personas puedan esperar a ser recogidos o dejados por vehículos compartidos o de transporte público. Se plantea que se usen las paradas de autobuses actuales, porque cuentan con lugares para estacionar apartados y algunos tienen marquesinas para esperar con tabloneros informativos y asientos. Otra propuesta que se hace respecto los puntos de movilidad, es la carga inalámbrica durante los momentos de parada. También son necesarias las estaciones de carga, dado que a veces los vehículos pueden no tener la suficiente autonomía para ir a recargarse hasta los aparcamientos de las afueras. Existen lugares de estacionamiento para el servicio de recogida en buzones de correos a lo largo del Paseo Zorrilla donde se propone la ubicación para las estaciones de carga individuales.



La última actuación se trata de una adaptación de un aparcamiento disuasorio para vehículos autónomos. Con este cambio se pasa de 205 plazas a un total de 371 plazas incluidas algunas para vehículos de emergencias y de grandes dimensiones. Además, en este aparcamiento también se cargan los vehículos mediante robots automatizados.



El resultado de la introducción de vehículos autónomos puede ser muy positivo para las ciudades, pero es un futuro potencialmente muy cercano para el que no estamos preparados aún. Este proceso requiere una investigación minuciosa de cada escenario, saber cuáles son las necesidades y los puntos fuertes. Una vez conocidos esos datos, debería realizarse una estrategia de ordenación y diseño adaptada a la realidad de cada ciudad en particular. Es importante planificar una estrategia a largo plazo desde hoy, para que la introducción de los vehículos autónomos cumpla los objetivos esperados, y poder alcanzar ciudades más sostenibles, seguras y saludables.

Bibliografía Básica:

Ayuntamiento de Valladolid. (2021). Plan Integral de Movilidad Urbana Sostenible y Segura de la Ciudad de Valladolid.

Cohen, R. A. (2015). Self-driving Technology and Autonomous Vehicles: A Whole New World for Potential Product Liability Discussion. *Defense Counsel Journal*, 82, 3, 328-334.

Costa Maia, S., Teicher, H., Meyboom, y AnnaLisa. (2015). Infrastructure as social catalyst: Electric vehicle station planning and deployment. *Technological Forecasting & Social Change*, 100, 53-65.

González-González, E., Nogués, S., y Stead, D. (2020). Parking futures: Preparing European cities for the advent of automated vehicles. *Land Use Policy*, 91, 104010.

Milakis, D., van Arem, B., y van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21:4, 324-348.

Nogués, S., González-González, E., y Cordera, R. (2020). New urban planning challenges under emerging autonomous mobility: evaluating backcasting scenarios and policies through an expert survey. *Land Use Policy*, 95, 104652.

Stead, D., y Vaddadi, B. (2019). Automated vehicles and how they may affect urban form: A review of recent scenario studies. *Cities*, 92, 125-133.

Author: Gonzalo García Calleja.

Advisors: Soledad Nogués Linares y Rubén Cordera Piñera.

Call: September 2021.

Keywords: Autonomous vehicles, urban development, Valladolid, urban planning, urban design, sustainable mobility, Paseo Zorrilla.

Abstract

Autonomous vehicles have the potential to be more sustainable and safer than conventional vehicles, being able to function without the need of human intervention. Their introduction will generate major changes in several areas such as transport, the road network, the environment, the way of life and other aspects of cities. In order to anticipate this change and be able to take full advantage of it, the objective of this work is to understand what negative and positive impacts this change can have, and to propose design and management strategies that make us get the most out of autonomous vehicles.

The research process begins with a review of the basic concepts and historical evolution of the idea and development of autonomous vehicles, based on a review of the fundamental bibliography on the subject. According to the scientific literature, the most positive impact of the introduction of autonomous vehicles in the city is that of freeing up space, both by reducing the need for parking space, and by reducing the surface dedicated to lanes. This new free space can be used for other uses such as green areas, wider sidewalks, or bike lanes, improving the quality of life of citizens.

The work is applied to a street in Valladolid, which is a city that seeks to develop with sustainability, inclusiveness, safety and improve its quality of life. For the street selection process, a multi-criteria analysis has been carried out considering a series of preselected streets. This process has been based on the weighting of the different criteria based on the opinion of experts in the field. The street with the highest score was in this case the Paseo Zorrilla.

Next, an exhaustive analysis of this street and its surroundings is carried out, through field work and compiling all the information from the documents provided by official bodies (Ayuntamiento de Valladolid, Junta de Castilla y León). With this information, a diagnosis of the strengths and weaknesses of the street has been obtained. It is a street that has a long route, since it goes from the center to the outskirts of the city, with its area of affection having a mainly residential use and some commercial and leisure areas. It has multiple facilities, an urban bus network and a taxi service. There is a bike lane along the entire route, but it has poor connections with other bike lanes, and it has sections of shared use with vehicles that make it unsafe.

The planning and design proposal is based on promoting safe and high-quality urban spaces and on active forms of sustainable mobility, that is, pedestrian and cycling. The freeing up of space for parking and the reduction of the platform and the lanes for private vehicles, has allowed these spaces to be used for the benefit of the citizens, expanding the sidewalks and green areas, and improving the cycling network. The proposed actions can be divided into five types: road redistribution, new uses for existing areas, new intersections, incorporation of urban elements necessary for autonomous vehicles and a big parking for autonomous vehicles.

The road distribution consists of restructuring the main section that exists in most of the Paseo Zorrilla, freeing up between 29.3 to 32.6% of space for parking and lanes. From the three lanes

in each direction, one goes to 2.8 meters wide, the service road is maintained, and the adjoining car parks are eliminated, giving them, another use. In the space freed from the lanes, a safe bike lane and a pedestrian central reservation are proposed, all at the same height and with the possibility of crossing the street anywhere.



The car parks that are on the service roads are no longer necessary, they will be given other uses. These access lanes can vary their uses during the day, thus optimizing the needs of each moment and the space we have. The main objective is to give constant use to that surface, it can be given recreational uses or related to transport and commerce. Like the terraces, mobility points and markets.



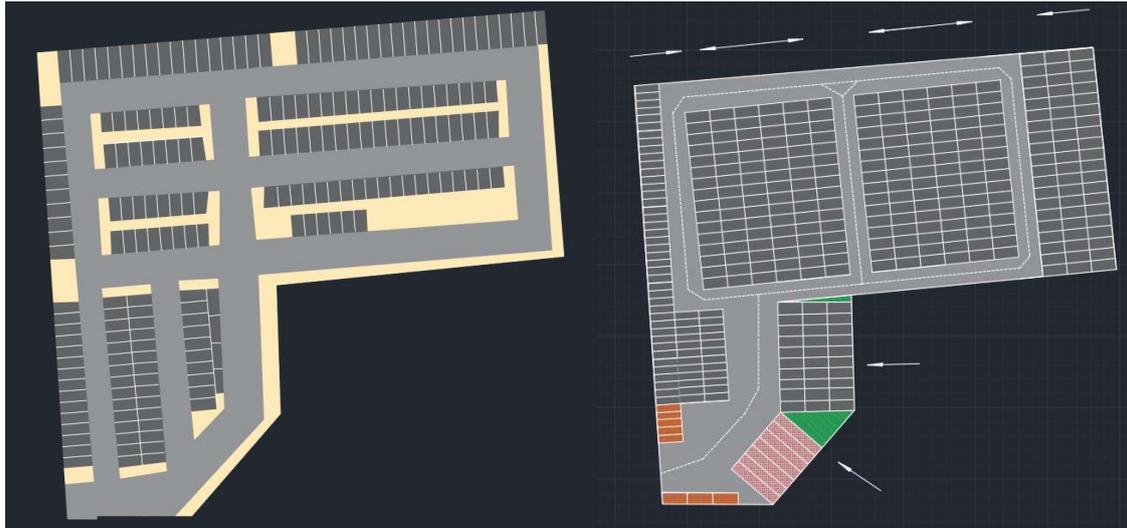
The third actuation affects the intersections that we find along the way. Experts recommend the use of roundabouts in main intersections, arguing that slow and continuous traffic is better for autonomous vehicles, rather than fast and with stops as occurs in traffic light intersections. A typical roundabout is proposed, which has two lanes, the inner 2.8 meters and the outer 3.6 meters to allow maneuvers of larger vehicles. In addition to being able to widen the sidewalks that are in direct contact with the intersection, it is also proposed to build a cycle lane that borders the roundabout on the outside and to cross it on perpendicular streets to prevent stops at the roundabout.



For autonomous vehicles to function, some auxiliary elements are needed, the most important of which are mobility points and charging stations. Mobility points are places for people to wait to be picked up or dropped off by shared vehicles or public transport. It is proposed that the current bus stops be used as they have parking spaces, and some have waiting shelters with information boards and seating. Another proposal that is made regarding the mobility points, is the wireless charging during stop time. Charging stations are also necessary, since sometimes the vehicles do not have enough autonomy to go to recharge to the parking lots on the outskirts. There are parking places for the pick-up service in post boxes along the Paseo Zorrilla where the location for the individual charging stations is proposed.



The latest action is an adaptation of a park-and-ride parking for autonomous vehicles. With this change, it changes from 205 parking spaces to a total of 371, including places for large and emergency vehicles. In addition, in this car park the vehicles are also charged by automated robots.



The result of the introduction of autonomous vehicles can be very positive for cities, but it is a potentially very near future for which we are not ready yet. This process requires a thorough investigation of each scenario, knowing what the needs and strengths of each urban area are. Once these data are known, a management and design strategy adapted to the reality of each city should be carried out. It is important to plan a long-term strategy from today, so that the introduction of autonomous vehicles achieve the expected goals, and more sustainable, safer and healthier cities can be developed.

Main References

Ayuntamiento de Valladolid. (2021) Plan Integral de Movilidad Urbana Sostenible y Segura de la Ciudad de Valladolid.

Cohen, R. A. (2015). Self-driving Technology and Autonomous Vehicles: A Whole New World for Potential Product Liability Discussion. *Defense Counsel Journal*, 82, 3, 328-334.

Costa Maia, S., Teicher, H., Meyboom, y AnnaLisa. (2015). Infrastructure as social catalyst: Electric vehicle station planning and deployment. *Technological Forecasting & Social Change*, 100, 53-65.

González-González, E., Nogués, S., y Stead, D. (2020). Parking futures: Preparing European cities for the advent of automated vehicles. *Land Use Policy*, 91, 104010.

Milakis, D., van Arem, B., y van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21:4, 324-348.

Nogués, S., González-González, E., y Cordera, R. (2020). New urban planning challenges under emerging autonomous mobility: evaluating backcasting scenarios and policies through an expert survey. *Land Use Policy*, 95, 104652.

Stead, D., y Vaddadi, B. (2019). Automated vehicles and how they may affect urban form: A review of recent scenario studies. *Cities*, 92, 125-133.

Índice

1. Introducción.....	14
1.1. Motivación y justificación del tema.....	14
1.2. Objetivos.....	15
1.3. Estructura y metodología.....	16
2. Contextualización del vehículo autónomo.....	18
2.1. ¿Qué es un vehículo autónomo?.....	18
2.2. Impactos que pueden derivarse del vehículo autónomo.....	23
2.2.1. Impacto en el transporte.....	24
2.2.2. Impacto medioambiental.....	26
2.2.3. Impacto socioeconómico.....	28
2.2.4. Impacto en la ciudad.....	30
2.3. Características de los vehículos autónomos.....	32
2.4. Estrategias de ordenación y diseño.....	37
2.5. Metodología general de elección alternativa.....	40
3. Análisis y diagnóstico.....	43
3.1. Valladolid: ciudad y movilidad.....	43
3.1.1. La ciudad de Valladolid.....	43
3.1.2. La movilidad de Valladolid.....	47
3.2. Análisis de alternativas.....	53
3.2.1. Descripción general de las calles preseleccionadas.....	53
3.2.2. Proceso de análisis de alternativas.....	55
3.3. Análisis de la alternativa seleccionada.....	57
3.3.1. Marco territorial, sociodemográfico, económico y legal.....	58
3.3.2. Usos del suelo.....	61
3.3.3. Catálogo del patrimonio.....	69
3.3.4. Equipamientos.....	72
3.3.5. Espacios libres.....	76
3.3.6. Red Viaria, transporte y movilidad.....	79
3.3.7. Calidad ambiental.....	94
3.3.8 Aportación ciudadana.....	96
3.4. Diagnóstico.....	97
4. Ordenación y diseño.....	99
4.1. Objetivos y estrategias de ordenación.....	99
4.2. Propuesta de ordenación de usos y diseño de la calle.....	100

4.2.1. Reestructuración de la sección principal.....	102
4.2.2. Nuevos usos para espacio liberado en aparcamientos.....	105
4.2.3. Incorporación y reestructuración de glorietas.....	112
4.2.4. Introducción de elementos urbanos.....	115
4.2.5. Adaptación de un aparcamiento para vehículos autónomos.....	117
5. Conclusiones.....	121
6. Referencias.....	124

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Vehículo cotidiano adaptado para nivel 4.....	22
Ilustración 2 Vehículos autónomos en una arteria principal.....	25
Ilustración 3 Energía del motor combustión frente al motor eléctrico.....	27
Ilustración 4 Diferencia carga frente a combustible.....	28
Ilustración 5 Transporte de mercancías con vehículo autónomo.....	29
Ilustración 6 Aparcamiento vehículos autónomos.....	31
Ilustración 7 Ciudad del futuro.....	31
Ilustración 8 Como ve la calle un Tesla gracias a sus sensores.....	34
Ilustración 9 Autopilot 3.0.....	36
Ilustración 10 Estación de supercarga Tesla.....	38
Ilustración 11 Robot de carga Volkswagen.....	39
Ilustración 12 Ejemplo de boulevard multicarril.....	40
Ilustración 13 Propuesta de cambio.....	40
Ilustración 14 Esquema metodología.....	41
Ilustración 15 Pirámide poblacional.....	44
Ilustración 16 Área metropolitana Valladolid.....	45
Ilustración 17 Distribución equipamientos Valladolid.....	46
Ilustración 18 Reparto modal.....	47
Ilustración 19 Zonas peatonales Valladolid.....	49
Ilustración 20 Puertas de la ciudad e intercambiadores Valladolid.....	50
Ilustración 21 Líneas autobuses Valladolid.....	51
Ilustración 22 Red ciclista Valladolid.....	52
Ilustración 23 Prioridad vial.....	53
Ilustración 24 Situación de las calles preseleccionadas.....	54
Ilustración 25 Barrios del Paseo Zorrilla.....	60
Ilustración 26 Cines Broadway.....	62
Ilustración 27 Campo Grande.....	62
Ilustración 28 Usos del suelo Paseo Zorrilla Norte.....	63
Ilustración 29 Corte Inglés Paseo Zorrilla.....	64
Ilustración 30 Zona deportiva Juan de Austria.....	64
Ilustración 31 Usos del suelo Paseo Zorrilla Sur.....	65
Ilustración 32 Usos del suelo La Rubia.....	66
Ilustración 33 Usos del suelo Camino Viejo de Simancas.....	67

Ilustración 34 Usos del suelo Parque Alameda.....	68
Ilustración 35 Patrimonio en el Paseo Zorrilla.....	69
Ilustración 36 Plaza Zorrilla.....	70
Ilustración 37 Casa Mantilla.....	70
Ilustración 38 Academia de Caballería.....	70
Ilustración 39 Casa del Príncipe.....	71
Ilustración 40 Iglesia de San Juan de Letrán.....	71
Ilustración 41 Plaza de Toros de Valladolid.....	71
Ilustración 42 Plaza de Colón.....	72
Ilustración 43 Equipamientos Paseo Zorrilla.....	73
Ilustración 44 Vallsur.....	73
Ilustración 45 Consejería de Sanidad.....	74
Ilustración 46 Colegio de Nuestra Señora de Lourdes.....	75
Ilustración 47 Hospital Recoletas Campo Grande.....	76
Ilustración 48 Espacios libres.....	77
Ilustración 49 Parque Campo Grande.....	77
Ilustración 50 Parque Juan de Austria.....	78
Ilustración 51 Ribera del río Pisuerga.....	78
Ilustración 52 Paseo Zorrilla.....	78
Ilustración 53 Plaza del Ejército.....	78
Ilustración 54 Parque de las Norias.....	79
Ilustración 55 Jerarquía red viaria Valladolid (el círculo rojo señala el Paseo Zorrilla).....	80
Ilustración 56 Zonas peatonales Paseo Zorrilla.....	81
Ilustración 57 Bicicletas de Vallabici.....	81
Ilustración 58 Red ciclista.....	82
Ilustración 59 Zonas ORA Valladolid.....	83
Ilustración 60 Aparcamientos para minusválidos.....	84
Ilustración 61 Vía lateral y carril bus.....	85
Ilustración 62 Número de viajeros anual.....	85
Ilustración 63 Red de autobuses urbanos en el Paseo Zorrilla.....	86
Ilustración 64 Autobús turístico.....	86
Ilustración 65 Paradas de taxi.....	87
Ilustración 66 Distribución en diferentes secciones.....	88
Ilustración 67 Diseño actual de la sección 1 del Paseo Zorrilla.....	90
Ilustración 68 Imagen de la sección 1 en la actualidad.....	90
Ilustración 69 Diseño actual de la sección 2 del Paseo Zorrilla.....	91
Ilustración 70 Imagen de la sección 2 en la actualidad.....	91
Ilustración 71 Diseño actual de la sección 3 del Paseo Zorrilla.....	92
Ilustración 72 Imagen de la sección 3 en la actualidad.....	92
Ilustración 73 Diseño actual de la sección 4 del Paseo Zorrilla.....	93
Ilustración 74 Imagen de la sección 4 en la actualidad.....	93
Ilustración 75 Calidad del aire Valladolid.....	95
Ilustración 76 Mapa de ruido Valladolid.....	96
Ilustración 77 Mapa de miedo.....	97
Ilustración 78 Situación de las actuaciones.....	101
Ilustración 79 Vista en planta de media sección propuesta.....	102
Ilustración 80 Propuesta de media sección principal.....	104

Ilustración 81 Sección principal en la actualidad.	104
Ilustración 82 Propuesta de sección principal.....	105
Ilustración 83 Aparcamiento en la vía de servicio en la actualidad.	106
Ilustración 84 Vehículos de carga y descarga.....	107
Ilustración 85 Puestos de fruta y vehículos de transporte.....	108
Ilustración 86 Terraza y servicio de paquetería.	109
Ilustración 87 Transporte público autónomo por la tarde.....	110
Ilustración 88 Terraza y vehículos de transporte.	111
Ilustración 89 Transporte nocturno de mercancías pesadas.	112
Ilustración 90 Intersecciones principales resueltas con glorieta o semáforos.	113
Ilustración 91 Glorieta en la actualidad.	114
Ilustración 92 Propuesta de glorieta tipo.....	114
Ilustración 93 Parada de bus actual.	115
Ilustración 94 Punto de movilidad con carga inalámbrica.	116
Ilustración 95 Estación de una carga auxiliar, antes y después.	117
Ilustración 96 Ubicación del aparcamiento disuasorio.	118
Ilustración 97 Aparcamiento disuasorio de Las Indias.....	119
Ilustración 98 Distribución del aparcamiento actual.	119
Ilustración 99 Funcionamiento del aparcamiento para vehículos autónomos.....	120
Ilustración 100 Distribución del aparcamiento para vehículos autónomos.	121

Índice de Tablas

Tabla 1 Niveles de conducción en la actualidad	21
Tabla 2 Impactos en el transporte.	26
Tabla 3 Impactos medioambientales.....	27
Tabla 4 Impactos socioeconómicos.....	29
Tabla 5 Impactos en la ciudad.....	32
Tabla 6 PIB por sector económico.....	45
Tabla 7 Equipamientos Valladolid.....	46
Tabla 8 Distribución por sexo y edad de gente que se desplaza a pie.....	48
Tabla 9 Leyenda de las calles preseleccionadas.....	55
Tabla 10 Análisis multicriterio de alternativas.....	57
Tabla 11 Criterio de los expertos.	57
Tabla 12 Población por barrio	59
Tabla 13 Precio m^2 por zonas.....	61
Tabla 14 Reparto de población por grupos de edad en los distintos barrios.	61
Tabla 15 Características de una arteria principal en Valladolid.....	79
Tabla 16 Días con mala calidad de aire.	94
Tabla 17 Análisis y diagnóstico de la calle seleccionada.....	99
Tabla 18 Espacio total liberado.....	103

1. Introducción

1.1. Motivación y justificación del tema

En el momento actual, se está dando un gran salto tecnológico en el sector automovilístico, con la posible implantación de los coches "del futuro", es decir, coches autónomos que se pueden conducir sí solos sin conductor, de los que se espera su introducción a partir del año 2027 y su penetración generalizada sobre el año 2050 (González-González, Nogués y Stead, 2020). También nos encontramos en un proceso de transición de coche de combustión al coche eléctrico, como corrobora el hecho de que el Parlamento Europeo haya prohibido la venta de vehículos de combustión nuevos a partir del 2035 (De Miguel, 2021).

En este contexto, este trabajo pretende proponer una ordenación urbanística adaptada a este escenario futuro, de manera que la conducción autónoma esté totalmente integrada, y la ciudad evolucione de manera sostenible, segura e inclusiva, de acuerdo con las nuevas necesidades que presentan todas las ciudades.

El gran aliciente de este cambio y el mayor beneficio potencial de la introducción de vehículos autónomos para la ciudad es la liberación de espacio que antes se usaba como aparcamiento o carril de circulación. Este espacio podrá ser usado, entre otros usos, como zona verde o para potenciar el transporte no motorizado, suponiendo una mejora de la calidad de vida de la población (González-González, Nogués y Stead, 2020).

Otra de las motivaciones de este proyecto es la de paliar los alarmantes datos que nos ofrece la Comisión Europea, un total de un millón de accidentes de tráfico se producen en las carreteras de los diversos países que componen la Unión Europea. En el año 2020, 26.000 personas fallecieron y casi millón y medio resultaron heridas (Eurostat, 2021). Teniendo en cuenta que el factor humano es el principal causante de estas preocupantes cifras de siniestralidad, es necesario establecer medidas que vayan dirigidas a reducir el gran daño sanitario, personal y económico que este fenómeno genera.

Con el paso de los años, la seguridad en los vehículos ha evolucionado contribuyendo a disminuir significativamente las cifras de muertes y heridos en las ciudades y carreteras. Según las estadísticas en Europa (Eurostat, 2021), desde el año 2001 hasta el 2015, la



mortalidad se ha reducido hasta en 28.900 fallecidos, en gran parte gracias a las mejoras en la seguridad en el sector automovilístico. No obstante, el factor humano en la siniestralidad del tráfico sigue siendo un problema que requiere de la colaboración en materia de recursos y medios, de cuantos sectores y organizaciones tengan capacidad de acción, ya sea en la forma de usar esos recursos o mediante, la regulación de la legislación del sistema de transporte.

Tras abordar el marco teórico, en este trabajo se propone aplicar el tema de estudio al caso de Valladolid, una ciudad que es capital de la Comunidad Autónoma de Castilla y León, muy transitada y con preocupación por evolucionar hacia mayores cotas de seguridad y sostenibilidad. Por todo ello, además del hecho de ser la ciudad donde vivo y por tanto cuyo funcionamiento conozco de primera mano, se considera adecuada como caso de estudio para el desarrollo de este trabajo.

A lo largo del desarrollo de este trabajo vamos a intentar responder a preguntas sobre el futuro que generan una gran incertidumbre, como pueden ser: ¿Cómo va a cambiar la ciudad en este escenario?, ¿Cuánto tiempo vamos a necesitar para estar totalmente adaptados?, ¿Qué nuevos usos se le dará al espacio liberado en las calles?, ¿Cuáles son los elementos fundamentales y cómo van a diseñarse las calles de la ciudad del futuro?, ¿Hasta qué punto va a suponer una mejora de la calidad de vida urbana?

1.2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es profundizar en las estrategias de ordenación y diseño que aprovechen las potencialidades de la introducción de vehículos autónomos en las ciudades en cuanto a liberación de espacio y desarrollo de nuevos usos, y proponer actuaciones concretas para un caso específico de estudio.

Este estudio se aplicará a una calle de Valladolid, pero se podría aplicar a la mayor parte de la ciudad. El futuro de los vehículos autónomos es inminente, así que cuanto antes nos anticipemos evolucionaremos con paso firme y con tiempo para poder corregir los fallos y debilidades.

Ese objetivo principal se puede llegar a conseguir mediante una serie de pasos con objetivos más específicos que son:

- Explicar los conceptos básicos que definen a un vehículo autónomo y analizar su evolución histórica.
- Conocer los impactos positivos y negativos de la introducción en las ciudades de este tipo de vehículos.
- Estudiar y analizar las estrategias de ordenación y diseño de autores que han investigado en profundidad este tema.
- Analizar la situación urbanística y las características de la movilidad en la ciudad de Valladolid.
- Hacer una propuesta de ordenación y diseño de una calle de Valladolid, que se adapte a las nuevas necesidades, aprovechando sus puntos fuertes y reduciendo sus debilidades, de forma que se priorice la seguridad vial, la sostenibilidad y que sea inclusiva para todas las personas.

1.3. Estructura y metodología

La estructura de este trabajo se compone de 4 partes bien marcadas: la primera es un apartado introductorio; la segunda tiene un carácter teórico; en la tercera se realiza el análisis y diagnóstico del objeto de estudio; y la última se centra en la propuesta de actuación. En la primera parte, que se corresponde con el punto 1 de introducción, se exponen la motivación y justificación que explica la elección del tema de estudio, los objetivos principales y específicos del trabajo, y la estructura y metodología del mismo.

En la segunda parte se aborda el contenido teórico conceptual y metodológico del trabajo. En primer lugar, tratan de exponerse de manera clara y sencilla los conceptos básicos sobre el vehículo autónomo, en particular qué es un vehículo autónomo, qué impactos produce y cuáles son sus principales características técnicas. Asimismo, se



explican en esta parte las estrategias que se van a seguir para alcanzar los objetivos marcados.

En segundo lugar, se realiza una exhaustiva investigación en la abundante literatura científica que existe sobre este tema, no solo fijándonos en los autores españoles, si no en los de todo el mundo, para poder ver diferentes puntos de vista adaptados a la cultura de cada país. Este apartado es totalmente teórico ya que nos servirá para constituir las bases de nuestra propuesta, discernir los posibles impactos que tendremos, y en qué detalles tenemos que fijarnos para poder realizar la propuesta sin ningún tipo de fallo y malgasto de tiempo y dinero para la sociedad.

En la tercera parte, se decide cuál es la calle que mejor se adapta a nuestras necesidades, en base a un análisis de alternativas multicriterio, en el que se estudian las diferentes características de cada calle propuesta y cada característica es evaluada con una puntuación que resulta de una media ponderada obtenida del criterio experto. Después de haber seleccionado la calle se analizan al detalle las características de esta (usos del suelo, marco territorial, patrimonio, equipamiento...) todo esto con la ayuda de la información cartográfica que adjunta el Plan General de Ordenación Urbana de Valladolid del 2020. Para concluir esta tercera parte, se realiza el diagnóstico final de la calle seleccionada, se identifican las fortalezas y las debilidades que presenta de cara a introducir los vehículos autónomos. Y el último apartado, es el objeto para el que se ha realizado toda la investigación anterior, gracias al diagnóstico se tiene una idea de lo que necesitamos.

En esta última parte se plantean cinco soluciones, empezando por una redistribución viaria de la sección principal, el cambio de usos del suelo en la superficie liberada en los aparcamientos, incorporación de glorietas en las intersecciones para un mejor funcionamiento, la introducción de nuevos elementos en la ciudad, que funcionan de manera complementaria a los vehículos autónomos y un aparcamiento diseñado para estacionamiento. Todas estas propuestas de actuación tienen el objetivo común de adaptar y maximizar el potencial de los vehículos autónomos en la ciudad. Mediante la cartografía y los datos de que se dispone, se analiza cual es la propuesta óptima y con el Adobe Photoshop, AutoCad3D y SkechtUp se plantea un escenario ficticio de lo que sería la propuesta llevada a cabo en la calle.

2. Contextualización del vehículo autónomo

2.1. ¿Qué es un vehículo autónomo?

Se pueden llamar vehículos autónomos a aquellos que no necesitan nadie que los maneje, aunque el concepto reproduce las habilidades humanas para conducir, tanto por manejo como por control de las situaciones (Stead y Vaddadi, 2019). Si nos fijamos en el marco legal del vehículo, en palabras de la DGT (2015): “Todo vehículo con capacidad motriz equipado con tecnología que permita su manejo o conducción sin precisar la forma activa de control o supervisión de un conductor, tanto si dicha tecnología autónoma estuviera activada o desactivada, de forma permanente o temporal”. Por lo cual, este coche no necesitará la presencia de ningún humano en su interior para moverse.

Aunque este tema se considera muy novedoso, ya que hace ya varios años que se comenzó a plantear. Los primeros intentos de una conducción automatizada fueron en los años veinte, cuando hubo varias pruebas de inventos de vehículos que se controlaban por radiocontrol, aunque no tuvieron mucho éxito.

Sin tener en cuenta los fallos que ocurrieron en el pasado, el primer vehículo autónomo que funcionó data del año 1939 y fue presentado en la feria de muestras Futurama por el ingeniero industrial Norman Bel Geddes, exhibido por General Motors (Shladover, 2018). El coche también tiene el sistema de radiocontrol y además un circuito eléctrico, tecnología que se siguió investigando por la General Motors y la Radio Corporation of America. En el año 1950 se crearon los primeros controladores de velocidad, que proporcionaban feedback dependiendo del uso del acelerador y se promocionaba en los periódicos que se podría jugar a juegos de mesa mientras el coche iba solo por la autovía (Cohen, 2015). Durante la época de los sesenta, en el Reino Unido se probaron coches sin conductor y que alcanzaban hasta 80 mph y eran guiados por cables en el suelo (Cohen, 2015).



En 1980, se fabricó una furgoneta guiada por visión artificial que funcionó bastante bien. Fue diseñada por un extenso grupo de investigadores de la Universidad de Munich (Bejerano, 2013). Dicha furgoneta atrajo el interés de la Comisión Europea, y promovió la decisión de invertir alrededor de 810 millones de euros para su desarrollo en el proyecto EUREKA Prometheus, un gran desembolso que se realizó con las expectativas puestas en el futuro (Shladover, 2018).

A partir de entonces, han ido apareciendo una gran cantidad de tecnologías que han mejorado la conducción en cuanto a comodidad y seguridad. Sistemas de aparcamiento asistido, el Sistema Antibloqueo de Ruedas (ABS) y los Dispositivos de Control de Estabilidad, forman parte de ese conjunto tecnológico que facilita la experiencia a los clientes, reduce muchos riesgos debidos al factor humano durante la conducción, disminuyendo las probabilidades de accidente causado por distracciones, inexperiencia, negligencias...

Un ejemplo de cómo la tecnología es cada vez más accesible para los vehículos cotidianos son los sistemas globales de navegación por satélite (Global Navigation Satellite Systems, GNSS), normalmente utilizados y desarrollados por el ejército, y que han reducido sus costes gracias al sector de la telefonía móvil (CNAE, 2018). Esto da opciones a que los vehículos cotidianos incorporen estas complejas tecnologías en su diseño y fabricación a un coste asequible por las compañías, asistiendo al conductor en algo tan importante como la orientación, lo que contribuye a reducir su trabajo.

Para evolucionar hacia un mundo en el que los vehículos funcionen sin conductor tienen que suceder una serie de cambios que permitan determinar claramente la legislación sobre estos. También tiene que haber avances mecánicos a nivel de automatización y tecnología. Y lo más importante son los cambios sociales, ya que este avance requiere un aprendizaje sobre estas innovaciones y una educación sin precedentes. Esta educación debe tener la aceptación de una sociedad en la que la gente desconfía de depender de una máquina y los jóvenes prefieren coches controlados por ellos.

Muchas empresas han hecho grandes inversiones en este sector y tienen la incertidumbre de que el cambio no sea aceptado. Por último, es importante señalar, que



el sector de transporte terrestre debe adaptarse a esta nueva realidad o podrían quedar desfasados y tener grandes pérdidas económicas.

La ventaja de los coches autónomos es que tienen la capacidad de percibir el entorno que los rodea y, al analizar este, aplican las diferentes técnicas de conducción. Gracias a esto, sus ocupantes pueden seleccionar el destino al que quieren llegar, pero no se necesita ningún tipo de acción sobre la conducción del vehículo.

Para que los vehículos autónomos puedan entender el entorno, utilizan tecnologías como el láser, LIDAR, radar, visión por cámaras y sistemas de posicionamiento GPS. Gracias a todos estos sistemas se puede detectar la ruta, pero también se pueden interpretar las señales de tráfico y reconocer obstáculos como peatones, ciclistas, elementos en la carretera.

También tiene mucha importancia que se cuente con cartografía del terreno muy detallada, para que el avance en la navegación sea normal. Este hardware usa un sistema de inteligencia artificial y necesita estar conectado a 'la nube' mediante internet. Gracias a eso la información recopilada por todos los vehículos puede ser usada por el resto y esto hace que el sistema se encuentre en constante evolución siguiendo las pautas del aprendizaje automático.

Según la clasificación mundialmente aceptada por la Sociedad de Ingenieros de la Automoción (SAE) existen estos 5 niveles de conducción autónoma (SAE, 2014) mientras que la clasificación de la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) de Estados Unidos unifica el nivel 4 y 5 en uno (U.S. Department of Transportation, 2015).

A continuación, se exponen los niveles declarados por la SAE (SAE, 2014) (Tabla 1):

Niveles de Conducción Automatizada.						
Nivel SAE	0	1	2	3	4	5
	Conductor humano: monitorea el ambiente y la conducción			Sistema de conducción automático: monitorea el ambiente de conducción		
	No automatización	Asistencia al conductor	Conducción autom. parcial	Conducción autom. condicional	Conducción autom. elevada	Conducción autom. completa
	El conductor realiza constantemente todos los aspectos dinámicos de la conducción. Ningún sistema interviene - únicamente los que advierten al conductor.	El sistema puede realizar el manejo o la aceleración/frenado. El conductor tiene que encargarse continuamente de la otra actividad.	El sistema realiza ambas actividades de aceleración/frenado en caso de uso definido.	El sistema realiza ambas actividades de aceleración/frenado en caso de uso definido. Tiene capacidad de reconocer sus limitaciones y notifica al conductor.	El conductor puede delegar el manejo completo al sistema en un caso de uso definido.	El sistema puede asumir el manejo completo en todos los casos.
	El conductor tiene que monitorear constantemente la conducción.	El conductor tiene que monitorear constantemente la conducción. Tiene que poder asumir el control total inmediatamente.	El conductor tiene que monitorear constantemente la conducción. Tiene que poder asumir el control total inmediatamente.	El conductor no tiene que monitorear constantemente la conducción pero tiene que poder asumir el control en un determinado lapso, si el sistema lo requiere.	El conductor no está solicitado en estos casos ni para monitorear ni respaldar.	El conductor no es requerido.
Manejo aceleración/frenado	Conductor humano	Conductor humano y sistema	Sistema	Sistema	Sistema	Sistema
Monitoreo ambiente de conducción	Conductor humano	Conductor humano	Conductor humano	Sistema	Sistema	Sistema
Tareas dinámicas de conducción en modo respaldo	Conductor humano	Conductor humano	Conductor humano	Conductor humano	Sistema	Sistema
Capacidad del sistema (Modos de conducción)	N/A	Algunos modos de conducción	Algunos modos de conducción	Algunos modos de conducción	Algunos modos de conducción	Sistema

Tabla 1 Niveles de conducción en la actualidad

Fuente: SAE, 2016.

-Nivel 0: El conductor tiene el control total de todos los sistemas del vehículo excepto los de seguridad activa o pasiva.

-Nivel 1: Este nivel solo es una asistencia al conductor ya que no puede afectar ni tomar el control de los aspectos fundamentales de la conducción, solo advierte al conductor de peligros. Uno de los sistemas más comunes que incluye a un vehículo en este nivel de autonomía es el Control de Velocidad de Crucero y Asistente de Mantenimiento de Carril.

-Nivel 2: Un gran ejemplo de este nivel es la asistencia de aparcamiento. En el nivel inferior solo se advierte al conductor y como mucho frena para evitar el choque, sin embargo, en este nivel se puede realizar la acción de aparcar sin ninguna intervención del conductor.

Este nivel cuenta con una automatización parcial ya que no solo advierte al conductor si no que toma las riendas del vehículo en ciertas ocasiones, pero obliga al conductor a supervisar las acciones del vehículo (Milakis, van Arem, y van Wee, 2017).

-Nivel 3: Este es un nivel de conducción totalmente autónomo, pero en condiciones específicas, es decir, es capaz de tener un control total del coche en situaciones como por ejemplo una autovía a baja velocidad con tráfico. Es un claro ejemplo el asistente en atascos, pero siempre con la necesidad de que el conductor esté atento (Vaddadi, 2017).

-Nivel 4: Este nivel depende de la inteligencia artificial del vehículo en cuestión, ya que no tiene expectativas de recibir órdenes del conductor. En esta situación hay un dilema ético, como la elección de víctimas en un caso de choque inevitable, que no está recogido aun en la legislación. En este nivel el vehículo es capaz de realizar el solo un viaje entero, pero si detecta algún riesgo o fallo, realiza de manera segura la finalización del trayecto, dependiendo ahora de un conductor para seguir el viaje.

La compañía Waymo que adapta coches convencionales como Jaguar, Chrysler ya tiene vehículos de nivel 3 y 4 (Nogués, 2021; Waymo, 2021), (Ilustración 1).

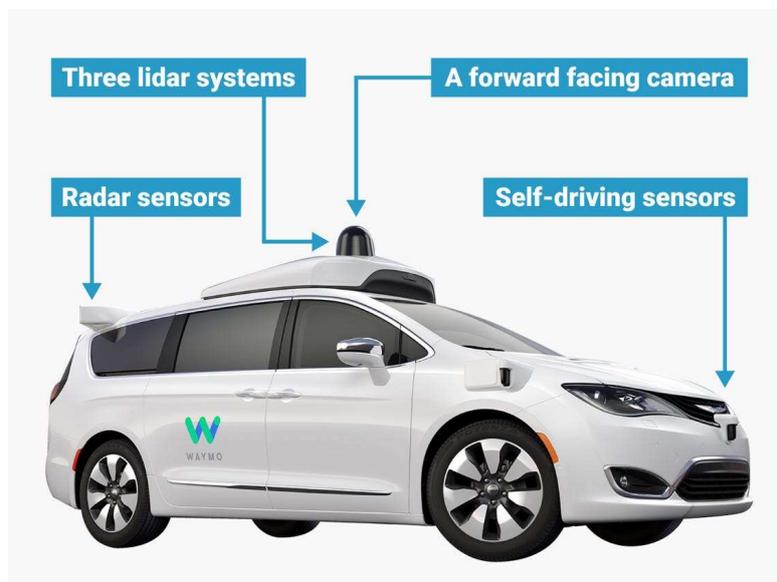


Ilustración 1 Vehículo cotidiano adaptado para nivel 4

Fuente: Motor, 2021.

-Nivel 5: En este nivel de automatización completa un asistente realizará un desempeño sostenido y será capaz de realizar todo y responder a los fallos y solicitudes de este, es decir, que funcione como si estuviera manejado por personas (Vaddadi, 2017). Todo esto sin esperar respuesta del usuario del vehículo. No existen condiciones meteorológicas o geográficas que frenen al asistente de conducción (van Arem, y van Wee, 2017). Teniendo en cuenta que hay condiciones en las que un conductor es incapaz de conducir con una fuerte nevada, el asistente tampoco es capaz de realizar el trayecto. La diferencia con el nivel 4 es que, ante un problema, busca rutas alternativas o estaciona en un lugar seguro hasta que pueda reanudarse el viaje, sin la necesidad de que exista un conductor atento a las advertencias. Se estima una incorporación de los vehículos autónomos en las ciudades entre los años 2025 y 2045 de manera progresiva (Milakis, van Arem, y van Wee, 2017).

Esta es la clasificación de los diferentes niveles de conducción que existen dependiendo de las características de los vehículos autónomos, según la legislación española solo se permite la conducción hasta el nivel 2. La legislación es actualmente el mayor impedimento para el desarrollo de estos vehículos, ya que, la tecnología es capaz de cumplir los requisitos de autonomía. Aun así, España es de los primeros países en realizar pruebas en circulación libre de vehículos autónomos (DGT, 2015).

[2.2 Impactos que pueden derivarse del vehículo autónomo.](#)

En este apartado vamos a analizar los impactos que producirá la introducción de los vehículos autónomos en las calles y en la vida cotidiana. Estos impactos pueden ser positivos o negativos ya que al ser algo que está por venir no se sabe a ciencia cierta los resultados. Solo son resultados hipotéticos ya que hay muchos factores que pueden alterar estos efectos.

Entre los grandes efectos positivos está la liberación de espacios que posibilita nuevos usos y la posible mejora de la calidad de vida urbana (González-González, Nogués, y Stead, 2020).

Existen varias maneras de calificar estos impactos, pero las dos más usadas en la literatura científica son por orden cronológico de aparición y por su tipología.

La clasificación según la cronología de aparición tiene tres niveles (Milakis, van Arem, y van Wee, 2017):

-Impactos de primer orden (Corto plazo): Disminución del tráfico ya que se reduce el parque de vehículos y se aumentan las capacidades de circulación evitando los cuellos de botella producidos por accidentes (Cohen y Cavoli, 2019). Abaratar el coste del mantenimiento del vehículo autónomo y reducción del riesgo de accidentes gracias a los sistemas inteligentes que incorporan estos nuevos vehículos.

-Impactos de segundo orden (Medio- largo plazo): Mejora de la tecnología en cuanto al vehículo, electrificación de los vehículos, uso compartido del vehículo reduciendo el número de vehículos circulantes y los costes de viaje. Cambios en las infraestructuras de transporte adaptándose a los vehículos autónomos y sus ventajas.

-Impactos de tercer orden (Largo plazo): Eficiencia de combustible al hacer el cambio a coches eléctricos y coches híbridos, además de la reducción de emisiones perjudiciales para el medioambiente y la sociedad. También esta fase trae consigo la seguridad vial y cambio en la economía del sector del automóvil.

La otra gran rama de análisis de los impactos según la literatura científica es la clasificación según el tipo de sector o ámbito que se ve afectado: transporte, medioambiente, socioeconomía o ciudad.

2.2.1. Impacto en el transporte

La gran mejora respecto al transporte convencional de hoy en día va a ser el incremento de la seguridad y con ello la disminución del riesgo de accidentes. Según las estadísticas se calcula que se puede llegar a reducir el 90 % de colisiones y el 40 % de los accidentes mortales (Alessandrini, 2015). Este aumento en la seguridad hará que el transporte no motorizado, como el ciclista y peatonal.

El problema es que la mejora de la seguridad depende mucho de la penetración y nivel de automatización, ya que estas mejoras se verán reflejadas con la total automatización de nivel 5 (Cohen y Cavoli, 2019), y además surge la probabilidad de ser hackeado mediante ciber ataques, por lo cual habrá que desarrollar un sistema que proteja a los vehículos de estas incursiones con malas intenciones (Milakis, van Arem, y van Wee, 2017). Además, hay que considerar que en la legislación española aún no está recogida con total claridad la responsabilidad en caso de accidente, aspecto que frena a España y el conjunto de Europa de la posibilidad de introducir y probar estos vehículos.

La liberación de espacio con la introducción de los vehículos autónomos y su correspondiente reestructuración urbanística va a permitir dar mayor prioridad al transporte sostenible y no motorizado. Los vehículos podrían llegar a tener zonas restringidas para fomentar el uso de los otros modos de transporte (Nogués, González-González, y Cordera, 2020).

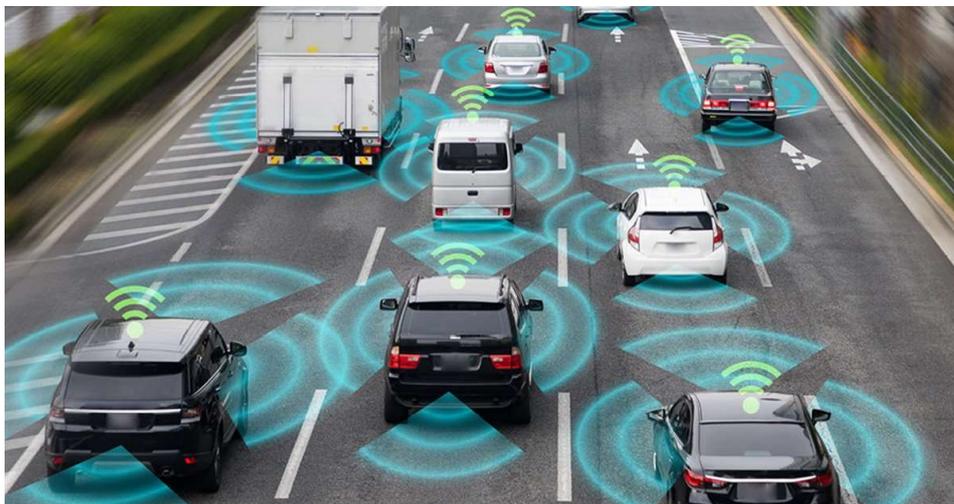


Ilustración 2 Vehículos autónomos en una arteria principal

Fuente: National Geographic, 2018.

El desarrollo del vehículo autónomo y la evolución de la sociedad hace que el uso de vehículos compartidos sea una alternativa viable (Alessandrini, 2015), de esta manera se reduce la flota de vehículos, disminuye el coste por viaje y además es más flexible que los modos de transporte públicos actuales (Milakis, van Arem, y van Wee, 2017). Esto hace que peligren los actuales sistemas de transporte público, por lo que se barajan

nuevas soluciones, como es promover que el transporte público conste de vehículos autónomos compartidos y otros modos de transporte multimodales (González-González, Nogués, y Stead, 2020).

El punto que se ha debatido últimamente a raíz del accidente mortal de un coche autónomo de Uber en Tempe (EE. UU.) (Diaz y Finn, 2018) es el de la seguridad vial, tanto para las personas que van dentro del vehículo como las que van fuera. Uno de los principales temores está en la ciberseguridad, evitar que se modifiquen los sistemas de los vehículos, lo que se podría solventar con el innovador sistema de seguridad llamado blockchain que mantiene el proceso seguro.

<p>Reduce colisiones y accidentes mortales.</p> <p>Disminuye errores humanos.</p>	<p>Peligrosidad con ciberataques.</p> <p>Uso constante más desgaste.</p>
---	--

Tabla 2 Impactos en el transporte.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Impacto medioambiental

En este aspecto la introducción de los vehículos autónomos produce beneficios que dependen claramente del grado de automatización y de penetración en la ciudad, dando por hecho que serán 100 % eléctricos (Milakis, van Arem, y van Wee, 2017).

El principal efecto positivo que tiene la llegada del vehículo autónomo eléctrico es la reducción de las emisiones contaminantes de CO_2 y CO . Además, se supone que al haber

menos vehículos y ser compartidos habrá menos paradas y arranques, lo que disminuye considerablemente las emisiones contaminantes y el consumo de energía (Milakis, van Arem, y van Wee, 2017) (Ilustración 3).

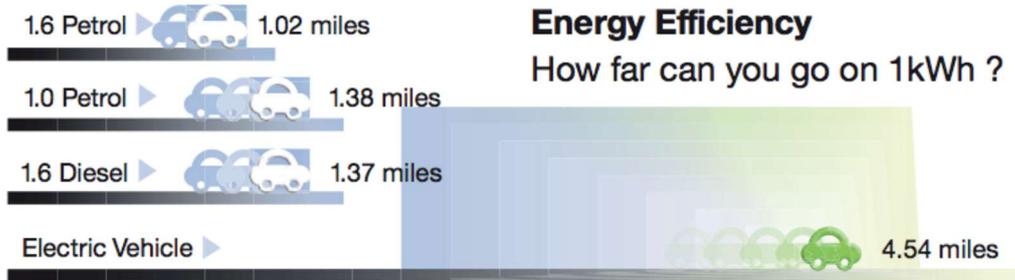


Ilustración 3 Energía del motor combustión frente al motor eléctrico

Fuente: Berti, 2016.

Otro factor positivo que se va a notar sobre todo en grandes ciudades es la reducción de la contaminación acústica de los coches de combustión que pasan a ser eléctricos y por esa razón se reducen los dB en comparación (Berti, 2016). Sin embargo, como apunte negativo debe señalarse que la fabricación de estos vehículos produce más contaminación que uno de combustión interna.

<p>+</p> <p>Reducción de emisiones contaminantes, y de contaminación acústica.</p>	<p>+</p> <p>Mayor contaminación al fabricar.</p>
--	--

Tabla 3 Impactos medioambientales.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3. Impacto socioeconómico

La introducción de los vehículos autónomos va a permitir que personas que antes no podían conducir, por ser menores de edad (sin carné de conducir) o con impedimentos físicos puedan usar por sí solos estos medios de transporte (Alessandrini, 2015). Este cambio es de gran importancia para la inclusividad de las ciudades, por el contrario, estos vehículos tienen un alto costo y a la hora de comprarlo solo se lo podrían permitir personas con gran poder adquisitivo (Milakis, van Arem, y van Wee, 2017).

La economía se va a ver afectada positivamente ya que hay que adaptar todas las infraestructuras a esta nueva tecnología e investigar en tecnología, y esto se verá reflejado en el aumento económico de este sector, pero al automatizar tanto se van a eliminar muchos puestos de trabajo (Milakis, van Arem, y van Wee, 2017). A nivel individual al principio será costoso y difícil de acceder a este servicio, pero con el paso del tiempo será mucho más barato que los coches privados de combustión interna (Ilustración 4).

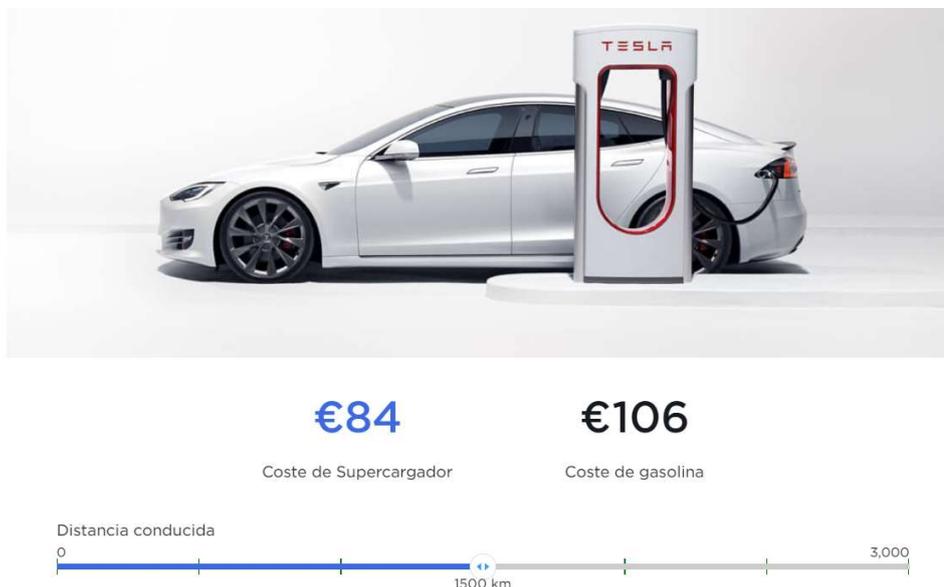


Ilustración 4 Diferencia carga frente a combustible.

Fuente: Tesla, 2021.

El impacto en el empleo puede ser demoledor. Gracias a un informe de International Transport Forum: No obstante, de acuerdo con un escenario posible, los camiones

automatizados podrían reducir la demanda de transportistas entre un 50 % y un 70 % en los Estados Unidos y Europa antes de acabar 2030, con la consiguiente desaparición de hasta 4,4 millones de empleos sobre una previsión de 6,4 millones de profesionales del transporte por carretera (International Transport Forum, 2017) (Ilustración 5).



Ilustración 5 Transporte de mercancías con vehículo autónomo.

Fuente: Work and Track, 2019.

<p>Permitirá a personas con movilidad reducida desplazarse.</p> <p>Nuevos empleos debido a la aparición de Innovación tecnológica.</p>	<p>Desaparición de puestos de trabajo.</p> <p>Menos actividad física.</p> <p>Se necesitarán grandes inversiones en infraestructuras.</p>
--	--

Tabla 4 Impactos socioeconómicos.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.4. Impacto en la ciudad

Con la incorporación de los vehículos autónomos en las ciudades se va a liberar mucho espacio, como el de los aparcamientos que ya no son necesarios puesto que los vehículos pueden aparcarse ellos solos y la reducción del vehículo privado que tanto espacio ocupaba. Este espacio nuevo disponible se puede usar para mejorar la calidad de vida del peatón y para usos públicos. Lo malo es que es necesario dotar de grandes espacios a las afueras de la ciudad para que todos los vehículos autónomos puedan estacionarse y cargarse (González-González, Nogués, y Stead, 2020).

Los impactos en la ciudad siempre vienen acompañados con cambios en los sistemas de transporte, como sucedió. Se espera que los cambios en el transporte tengan claros efectos en el medio urbano, como se detallará a continuación. Pero a su vez, los impactos en la ciudad siempre vienen acompañados con cambios en los sistemas de transporte, como sucedió con el desarrollo de los vehículos privados tras la postguerra, que facilitaron la expansión hacia la periferia, aunque al tiempo aumentaron las emisiones y la congestión, y provocaron problemas de aparcamiento (González-González, Nogués, y Stead, 2020).

Entre los cambios en la estructura de la ciudad generados por la introducción de los vehículos autónomos, el más destacado es la liberación de espacio que antes se usaba para aparcamientos y algunos carriles que ahora no serán necesarios, espacios que podrían ser destinados al uso público (González-González, Nogués, y Stead, 2020).

Con las nuevas tecnologías, los vehículos autónomos necesitarán menos espacio para realizar la maniobra de aparcamiento y a su vez se van a necesitar muchísimas menos plazas de aparcamiento por los modos de transporte compartidos y aparcamientos en las zonas periféricas (Alessandrini, 2015; Milakis, van Arem, y van Wee, 2017) (Ilustración 6).

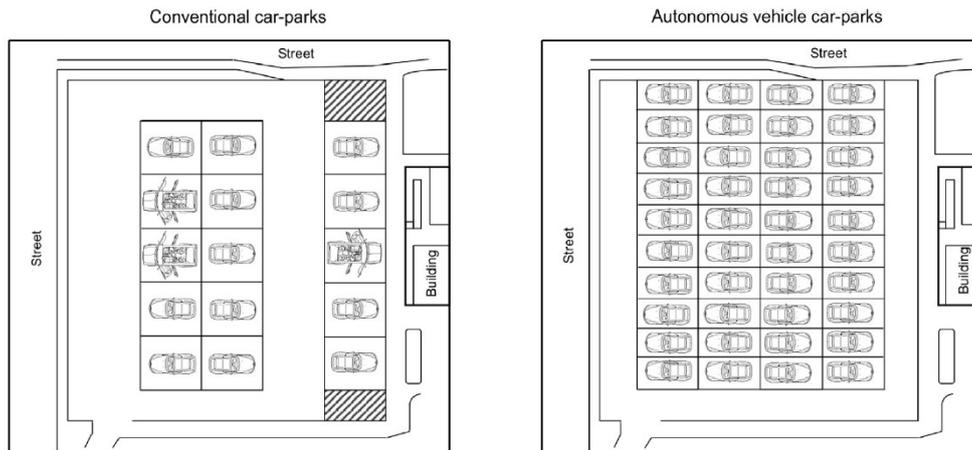


Ilustración 6 Aparcamiento vehículos autónomos

Fuente: Nourinejad M. Bahrami S. y Roorda M., 2018.

Con estos datos algunos expertos han estimado que se podrían reducir estos espacios en un 50 % como mínimo (González-González, Nogués, y Stead, 2020). Otros expertos, como Milakis, van Arem, y van Wee (2017) o Soteropoulos (2018) , señalan una reducción de hasta un 80 % en los espacios de aparcamiento si se usan por completo los viajes compartidos. (En otra línea se encuentra el estudio realizado por Nourinejad M., Bahrami S. y Roorda M. (2018), que se trata de un modelo no lineal para encontrar el espacio óptimo y dice que de media se puede reducir un 62 % y como máximo un 87 %.



Ilustración 7 Ciudad del futuro

Fuente: Cadena de suministro, 2018

La liberación de espacio ofrece una buena oportunidad para mejorar los estándares de calidad de las zonas urbanas. En los espacios antes dedicados al aparcamiento y circulación de los vehículos podrían ejecutarse nuevos desarrollos residenciales o productivos, o bien Este espacio liberado se le dará puede dárseles un uso más enfocado

a aumentar la calidad de vida de la población, dando prioridad a las áreas verdes, aceras más amplias o carriles bici. (González-González, Nogués, y Stead, 2020).

<p>Reducción de espacio en aparcamientos y carriles.</p> <p>Mejora de calidad de vida de la población.</p>	<p>Aumento del precio del suelo en las zonas céntricas.</p> <p>Congestión de VA si no se controla el tráfico y la cantidad de vehículos.</p>
--	--

Tabla 5 Impactos en la ciudad.

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Características de los vehículos autónomos

Un vehículo totalmente autónomo será el que se conduzca en cualquier situación cotidiana de tráfico sin necesidad de que haya intervención humana. Actualmente, es imposible ir de los sistemas de conducción actuales a una conducción completamente autónoma, sin pasar antes por la inclusión, poco a poco, de dispositivos que garanticen la seguridad a todos los usuarios de las vías de circulación.

Para desarrollar un coche con habilidades que permitan una conducción automática, los primeros pasos deben ir dirigidos a cambiar la acción de los principales instrumentos del sistema: el volante, los frenos y el acelerador. Por una parte, el sistema de reconocimiento del entorno debe proporcionar a la centralita de control la información que pueda requerir la modificación de la dirección del vehículo. También hay que tener en cuenta que, durante la conducción autónoma, el accionado del acelerador se controla con una señal analógica que indica la presión que se quiere poner sobre el pedal. Y, por último, el sistema de frenado es uno de los que más importancia tienen de



todos, ya que tiene que permitir detener el coche si por algún casual hay otro fallo de sistema.

Con que funcionen los tres sistemas citados antes, el vehículo tiene la capacidad de realizar las funciones básicas y permite añadir otros sistemas de asistencia a la conducción que capaciten al vehículo la actuación en situaciones de peligro (como, por ejemplo, la velocidad, la cercanía a señales o a otros vehículos). Pero para hacer eso, necesita una clara concepción del entorno que puede conseguir mediante los sistemas que se explican a continuación:

- GPS: El sistema de posicionamiento global, permite determinar la ubicación del vehículo en cualquier punto del planeta en todo momento, con una alta precisión. Funcionan mediante una red de 24 satélites que usan métodos matemáticos para definir las posiciones relativas de objetos usando la geometría de triángulos (Wang, Deng y Yin, 2016).
- Sensores Ultrasónicos: Son utilizados para detectar los obstáculos que se pueden encontrar en el entorno del vehículo (Alonso, 2011). Al principio, estos sistemas tenían un uso de prevención frente a colisiones, de hecho, se usan más en los sistemas de asistencia al aparcamiento.
- LIDAR (Light Detection and Ranging): Mide la distancia que hay entre el emisor y el objeto usando un haz de láser pulsado (Qingquan, L., et.al., 2014). Obteniendo el tiempo de retraso entre la emisión y su recepción es posible saber la distancia a los obstáculos. Usualmente estos dispositivos se instalan sobre la zona superior del vehículo, teniendo una visión 360º de lo que sucede en el entorno más cercano. El coche, es capaz de realizar un mapeo en 3D de su alrededor. Cada píxel recoge 44 muestras por cada impulso, lo normal es situarse entre las 20 o 30 (Ilustración 8).



Ilustración 8 Como ve la calle un Tesla gracias a sus sensores.

Fuente: Tesla, 2021.

Para complementar a estos sistemas básicos en los vehículos autónomos, se pueden añadir las asistencias en conducción más usadas en estos días, que son:

- Sistema antibloqueo de frenos (ABS): Sistema que evita el bloqueo de las ruedas en fuertes frenadas evitando el deslizamiento y pérdida de control del vehículo.
- Control de tracción: Evita perder la adherencia de las ruedas con el pavimento y que éstas derrapen cuando el conductor se excede acelerando el vehículo o el firme está muy deslizante.
- Control de estabilidad (ESP, VDC, DSC, ESC, VSC): Detecta si hay un posible derrape e interviene frenando de manera individual las ruedas y disminuye la potencia del motor para mantener la estabilidad del vehículo (CNAE, 2018).
- Reparto electrónico de la frenada (EBV, EBD): Este sistema reparte de forma electrónica el frenado entre ejes, y no cada rueda. Determina cuánta fuerza hay que aplicar a cada rueda para parar el automóvil en una distancia mínima y sin que se vaya fuera de control. Ayuda a que el freno de una rueda no se pase de cargas y que el de la otra quede infrutilizado.

- Control de velocidad de cruce adaptativo: Este utiliza un radar para detectar el vehículo que nos precede y medir la distancia que nos separa hasta él, mantiene la velocidad constante de cruce que el usuario ha programado y a la vez mantiene la distancia de seguridad, frenando o acelerando lo que se necesite en cada momento (Andreu, 2021).
- Sistema de dirección eléctrica asistida (EPS): A través de sensores es capaz de analizar el movimiento que el conductor realiza en el volante, la velocidad a la que se está circulando. Y con estas medidas un ordenador de control calcula en cada instante el par de asistencia necesario en cada momento. Este sistema mejora el control de la dirección cuando circulamos a velocidades altas y nos facilita las maniobras de aparcamiento a baja velocidad (CNAE, 2018).
- Sistema pre-colisión (PCS): Detecta posibles situaciones de accidente y prepara el coche y también a los pasajeros para reducir los daños al mínimo. En los vehículos más modernos hay varias versiones que avisan al conductor de peligro de colisión mediante un aviso en la pantalla de información y de forma sonora, y si el conductor no reacciona se pone en funcionamiento el asistente de frenada de emergencia y activa el sistema de frenada para reducir la velocidad de impacto.
- Detector de ángulo muerto (BLIS, BSM, LCA): Los sensores detectan vehículos que se encuentran en un ángulo de visibilidad reducida para el conductor avisándole de la situación. En caso de un posible peligro inminente de colisión, este sistema avisa al conductor e intenta prevenir el impacto. De esta manera el ángulo muerto es menos peligroso, pero sigue siendo imprescindible mirar hacia atrás y comprobar si hay peligro (Andreu, 2021).
- Asistente de mantenimiento en el carril (LKA): Es un sistema inteligente mantiene el coche dentro de las líneas blancas del carril y así ayuda al conductor a mantener la circulación dentro del carril. Este sistema incluye la función de aviso de salida del carril que genera un aviso al cruzar una demarcación longitudinal sin activar el intermitente con anterioridad (CNAE, 2018).
- Detector de peatones con frenada de emergencia: Este sistema detecta a los peatones que pasan delante del coche y si el conductor no frena a tiempo el vehículo alerta y

activa el sistema de frenos. Todo este proceso se hace gracias a un radar situado en la parrilla del coche, una cámara al lado del espejo retrovisor interior y todo controlado por una centralita que hace los cálculos pertinentes (Andreu, 2021).

- Sistemas de iluminación adaptativa (AFL, AFS): Los nuevos sistemas ofrecen una iluminación adaptada a la velocidad, el trazado y el entorno de la carretera, sin posibilidades de cegar a alguien que se acerca en sentido contrario mediante una novedosa tecnología inteligente. Hay sistemas que usan los vehículos más modernos que permiten a los faros seguir de forma automática el trazado de la curva (Andreu, 2021).

- Sistemas de aparcamiento inteligente: Mediante sensores que miden las distancias desde el coche hasta los límites de la plaza, obstáculos y otros coches, el sistema se encarga de todo lo necesario para ejecutar la maniobra completa de aparcamiento (Andreu, 2021).

- Reconocimiento de señales de tráfico: Detecta las limitaciones de velocidad, prohibiciones de adelantamientos y finalización de estas. Con el tiempo será posible detectar otras señales. Con esta función el conductor está continuamente informado de la velocidad y prohibiciones.

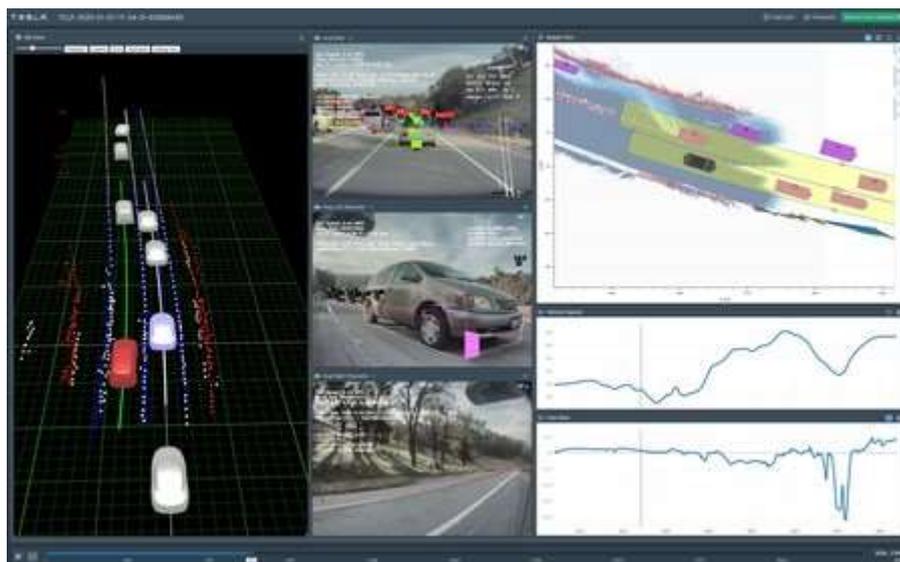


Ilustración 9 Autopilot 3.0

Fuente: Tesla, 2021.

2.4. Estrategias de ordenación y diseño

En este apartado vamos a analizar las propuestas de ordenación y diseño que nos presentan los diversos investigadores o empresas que llevan años estudiando todas las posibilidades y necesidades de los vehículos autónomos en el espacio público. Este análisis en la literatura científica nos va a permitir obtener una idea aproximada de cómo serán las ciudades en el futuro, pero para eso será necesario evolucionar en ciertos aspectos como las infraestructuras, educación y políticas (Costa Maia, 2015).

La asociación que más ha investigado en las posibilidades de este futuro cercano es la National Association of City Transportation Officials (NACTO) que es una asociación ubicada en Estados Unidos y trata temas relacionados con el transporte y el diseño urbano desde la perspectiva de la sostenibilidad.

Con la introducción de estos vehículos se pretende brindar más espacio para el uso peatonal y de vehículos no motorizados que se pueden separar con otros tipos de textura o adoquines para marcar bien la separación de usos (NACTO, 2019). Se debe ganar el mayor espacio dedicado al peatón, es por eso que se pueden peatonalizar calles enteras o grandes superficies para su comodidad, además de mantener todo el firme al mismo nivel para que exista accesibilidad para todas las personas.

En las zonas que hagan falta equipamientos, se pueden construir estos en la superficie que sea liberada al introducir los vehículos autónomos. Aumentar la calidad ambiental de la vía añadiendo áreas verdes, es algo necesario que repercute positivamente en la calidad de vida de las ciudades.

En las calles con más tránsito que no permitan cruzar la calle de manera segura se podrían colocar medianas con carácter permeable que funcionarían de aliviadero para el agua y punto de paso para los peatones (NACTO, 2019). También se propone que la velocidad sea de 40 km/h y así tener una distancia de frenado de 3,5 metros. Además de poner en todas las intersecciones una minirotonda que son menos exigentes a nivel de inteligencia artificial y facilitaría el flujo de los vehículos autónomos (NACTO, 2019).

Otra incorporación novedosa sería la estación de autocarga. Estas estaciones son muy similares a los aparcamientos con carga de coches eléctricos como los que existen hoy en día. Cumplen las funciones de carga de vehículo y son lugar de aparcamiento para estos vehículos cuando no están en funcionamiento. La ubicación de estas estaciones debe ser en una zona en la que no entorpezca el flujo de otros vehículos, de peatones y sobre todo tener en cuenta que al principio compartirán las calles con los vehículos tradicionales (Costa Maia, 2015). Esta funciona con un soporte conectado a la electricidad, y un enchufe que va directamente conectado al vehículo ([Ilustración 10](#)).

La ubicación de estas estaciones puede ser subterránea, en los exteriores o en algunos casos en la zona centro a pie de calle, tienen que ser funcionales y optimizar siempre todos los movimientos. Asimismo, han de generar el menor tráfico posible (Costa Maia, 2015).



Ilustración 10 Estación de supercarga Tesla

Fuente: Tesla, 2021

Otra de las opciones que está desarrollando Volkswagen es la de robots que carguen los vehículos sin intervención del ser humano ([Ilustración 11](#)). Estos robots llevan consigo diferentes baterías y son capaces de comunicarse con el vehículo y realizar todo el proceso de carga (García, 2020). Estos robots pueden actuar en parkings públicos, pero siempre cumpliendo ciertos requisitos físicos que permitan al robot la movilidad y carga.

EVERY PARKING LOT BECOMES A CHARGING STATION

Mobile robots will charge electric vehicles completely autonomously in future

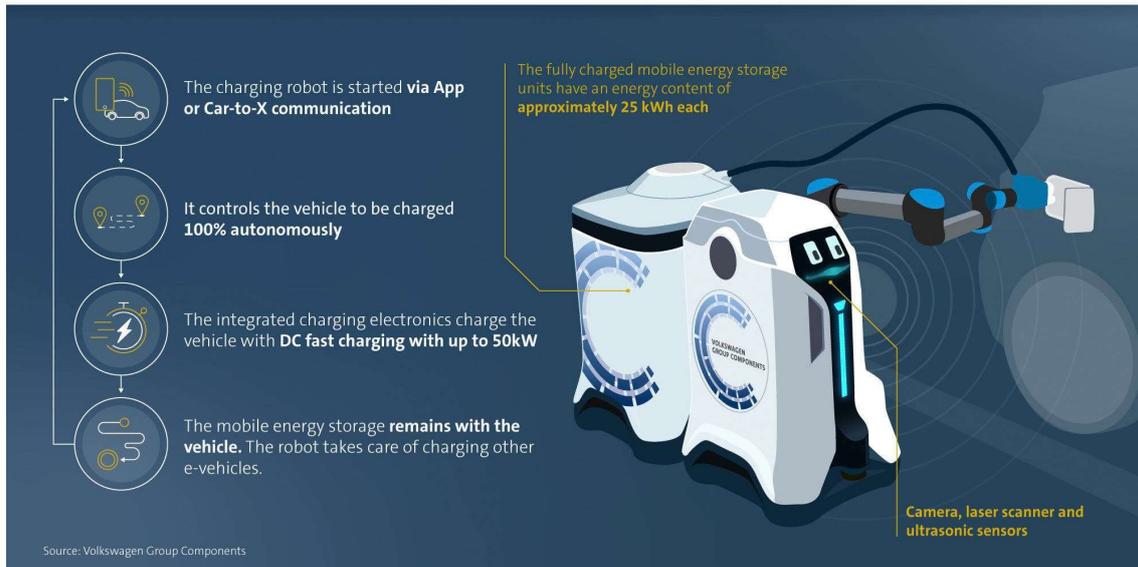


Ilustración 11 Robot de carga Volkswagen

Fuente : La Vanguardia, 2019

Además de las estaciones de carga, también hay que considerar los servicios que se producen día a día en las calles de la ciudad, carga y descarga de mercancías, taxis, paradas de buses, servicios municipales y emergencias. Todos estos carriles de acceso para cumplir sus funciones, son carriles que no afectan al flujo normal de vehículos y a su vez permiten el correcto desempeño de estos servicios (NACTO, 2019).

Otro problema que encontramos está en la ética y legislación robótica, que, sin un cambio gradual, no podrá seguir evolucionando hacia el mundo del vehículo autónomo. En principio, los vehículos autónomos al tener el total control reducen el nivel de peligrosidad vial, pero en caso de accidente algunos autores determinan que habría que realizar una investigación exhaustiva para decretar quien es el culpable, un fallo del sistema del vehículo, un hackeo del sistema, fallo humano o del otro vehículo (Díaz, 2021). Para evitar problemas, las calles deben tener unos patrones que no causen confusión a los vehículos y así no ser el diseño de la calle el que haya causado el accidente.

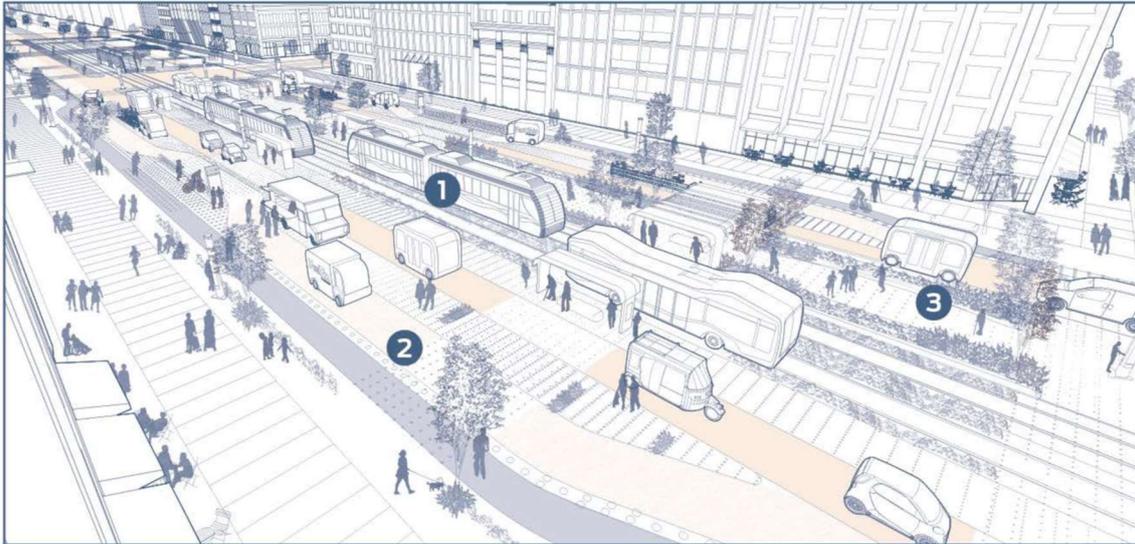


Ilustración 12 Ejemplo de boulevard multicarril.

Fuente: NACTO, 2017:32.

El objetivo a la hora de diseñar una calle es aumentar el flujo de personas con menos vehículos, también el de optimizar al máximo el espacio que se libera. Se suele situar un carril de acceso ubicado en un borde de la calzada, que puede ser multifunción. Este carril puede tener un uso en cada tramo, e incluso si son temporales es posible dar al mismo espacio diferentes usos a lo largo del día. Uno de los ejemplos que nos propone la NACTO puede ser un uso a primera hora de la mañana para vehículos con trabajos de reparto, durante el resto de la mañana para comidas y reparto, luego a la tarde sería zona de estacionamiento y de terrazas, y a la noche de estacionamiento (NACTO, 2019).

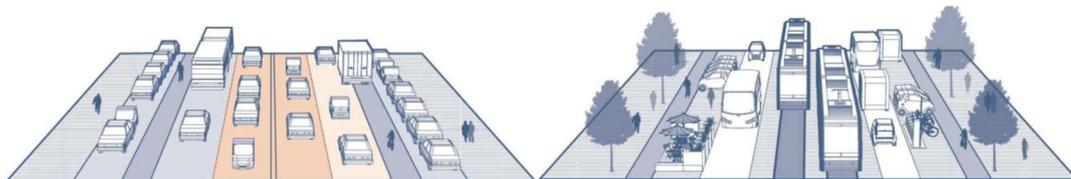


Ilustración 13 Propuesta de cambio.

Fuente: NACTO, 2017:32.

2.5. Metodología general de elección alternativa

La metodología para este estudio consta de tres partes que se desarrollan con más detalle en los puntos 3 y 4. La primera parte está centrada en el proceso de selección de la calle, la segunda, en el análisis profundo de la alternativa seleccionada y, por último, la tercera más práctica consiste en proponer una ordenación y diseño de la calle.

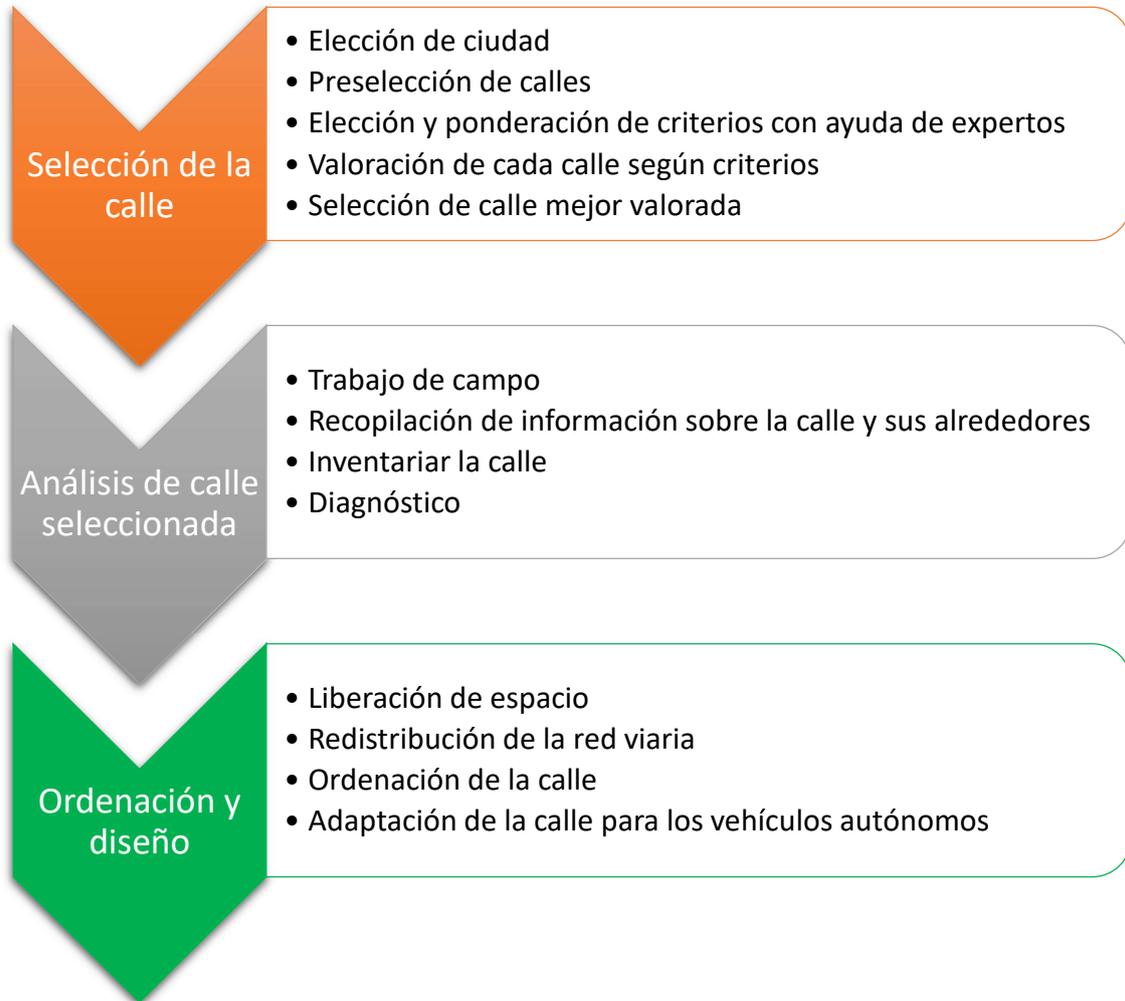


Ilustración 14 Esquema metodología.

Fuente: Elaboración propia.

La elección de la ciudad se hará en función a los conocimientos e intereses de la investigación del autor y de su capacidad para el acceso a datos de esta. Para el proceso de selección de las calles se usará el método de análisis de alternativas multicriterio, que nos otorga la posibilidad de evaluar cada alternativa con varios criterios. Cada uno de esos criterios tiene un peso en la valoración, estos pesos se ponderan según la opinión de varios expertos en la materia para poder llegar a que sean lo más objetivos posibles.

Este proceso nos permite establecer una serie de criterios para evaluar varias alternativas, la ventaja de este proceso es que cada criterio tiene distinta puntuación, dependiendo de lo importante que se considere en cada caso. Ponderar estos criterios de manera objetiva es prácticamente imposible, es por eso, que se recurre en algunos casos a modelos matemáticos que aproximan el valor a la realidad, pero la manera más usual de ponderarlos es mediante la opinión de expertos o de encuestas.

Sobre el tema a tratar existe muy poca información, debido a que muy poca gente ha investigado acerca de los vehículos autónomos y sus repercusiones. Sin embargo, en este caso se tiene la posibilidad de poder consultar la opinión de expertos investigadores de la materia. Es por eso por lo que se ha elegido el proceso de análisis multicriterio de alternativas frente al resto.

En la fase de selección de calle hay que seguir una serie de pasos que serían:

- Dentro de la ciudad que vayamos a evaluar, seleccionar un conjunto de calles que a priori son importantes en la ciudad y se van a adaptar mejor a nuestras necesidades.
- Definir cuáles son los criterios más importantes y su peso en la valoración de las alternativas según los expertos.
- Determinar cuáles son las puntuaciones finales y realizar la elección de la calle que mejor calificación tiene.

La segunda fase consiste en realizar un análisis profundo sobre la calle que ha obtenido la calificación más alta. El objetivo final de este apartado es lograr obtener un diagnóstico detallado. Esta se divide en:

- Realizar un trabajo de campo para observar en persona detalles que quizás sean importantes y no estén recogidos en los documentos oficiales.
- Consultar todos los documentos oficiales, como pueden ser los planos, inventarios y más documentos disponibles en el Ayuntamiento de Valladolid que nos dan información relevante sobre la calle que estamos investigando.
- Hacer un inventario de todos los elementos que son importantes y que componen la calle.



- Realizar un diagnóstico final en el que se detecten los problemas, necesidades y fortalezas.

Y, por último, con la liberación de espacio generada por los vehículos autónomos, que elimina los aparcamientos en la superficie y reduce la superficie necesaria de maniobra en carril, se plantean una serie de actuaciones:

- Reordenar todo el espacio liberado mediante una reordenación de la red viaria. Se pretende dar uso de todo ese espacio para mejorar la calidad de vida de los peatones, mejorar la red ciclista y todo ello para ser una ciudad sostenible y con mejor movilidad.
- Además de la reordenación de los espacios, hay que adaptar el entorno para la introducción de los vehículos autónomos, y para ello, hay que introducir elementos como estaciones de carga, carriles de acceso y zonas de parada para vehículos compartidos.

3. Análisis y diagnóstico

3.1. Valladolid: ciudad y movilidad

3.1.1. La ciudad de Valladolid

La ciudad de Valladolid se encuentra en la zona noroeste de la Península Ibérica, es la capital de la provincia de Valladolid y de la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Según los datos del INE (Instituto Nacional de Estadística) cuenta con alrededor de 306.830 habitantes en la ciudad y 406.923 en su área metropolitana. Además, el 76,1 % de esa población se encuentra concentrada apenas a 20km de la Plaza Mayor (INE, 2020).

Valladolid es una ciudad que va reduciendo su población con el paso del tiempo, tiene muy poca natalidad y la edad media es alta, el 22,9% es mayor de 64 años (Ministerio



de Trabajo, 2020) (Ilustración 15). Esto está sucediendo porque la gente joven emigra fuera de la ciudad, es decir, la provincia tiene un crecimiento descentralizado, por lo que las localidades adyacentes a la ciudad crecen en población, al contrario de lo que era usual en el pasado. Su clima es considerado mediterráneo frío, ya que tiene rasgo del clima costero pero su temperatura media está 5 grados por debajo. La altitud de la ciudad está a 680 metros sobre el nivel de mar, con un emplazamiento en zona de depresión lo que hace que existan nieblas duraderas atraídas por los ríos que pasan por la ciudad que son el Pisuerga y el Esgueva.

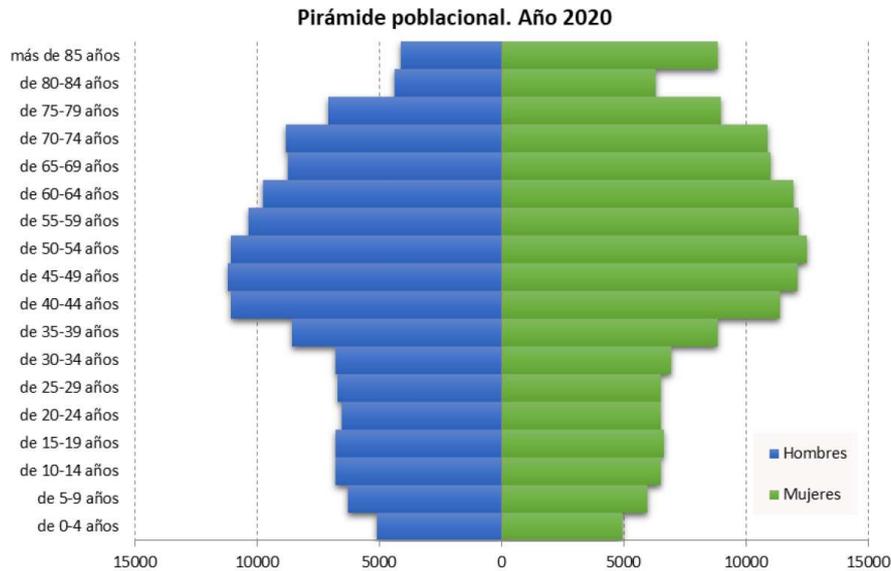


Ilustración 15 Pirámide poblacional.

Fuente: INE, 2020.

Valladolid está situada en el centro de la Comunidad y Palencia se encuentra a solo 47 km. También es de gran importancia su cercanía a la capital de España. Es una ciudad que está en constante extensión con pueblos dormitorio y expandiendo sus barrios periféricos. El área metropolitana de Valladolid (Ilustración 16), incluye pueblos muy cercanos con los que tiene flujo de viajes diarios, los pueblos más importantes por población y generación de viajes serían: Laguna de Duero, La Cistérniga, Arroyo de la Encomienda, Simancas, Zaratán... La zona centro es bastante antigua y tiene unas calles con trazados muy sinuosos. Consta de aeropuerto en Villanubla, estación de tren y de autobuses.



Ilustración 16 Área metropolitana Valladolid.

Fuente: Idealista, 2020.

Sector económico	Datos absolutos. Miles de €			Porcentaje		
	Valladolid	Castilla y León	España	Valladolid	Castilla y León	España
Agricultura	328.869	1.865.813	32.553.000	2,73	3,67	3,09
Industria	2.841.779	10.376.809	171.002.000	23,61	20,39	16,24
Construcción	574.554	3.314.999	63.187.000	4,77	6,51	6,00
Servicios	8.292.038	35.337.223	786.449.000	68,89	69,43	74,67
Total	12.037.240	50.894.844	1.053.191.000	100,00	100,00	100,00

Tabla 6 PIB por sector económico.

Fuente: Ministerio, 2020.

La mayor parte del producto interior bruto de Valladolid se encuentra en el sector servicios (Tabla 6), algo de industria y muy poco de construcción y agricultura. La economía de industria de Valladolid se ve afectada positivamente por la cercanía de Madrid y las ventajas que eso supone para las empresas.

Valladolid tiene gran afluencia de estudiantes universitarios gracias a las universidades ubicadas en la ciudad, es uno de los centros de estudios más importante de todo Castilla y León, y esto tiene una gran repercusión en el sector del ocio y en los alquileres para pisos de estudiantes.

La ciudad dispone de un gran número de equipamientos (Tabla 7), sobre todo en el sector público.

Tipo	Núm.
Comercial	7
Educativo	159
Sanitario	45
Servicios Públicos	69
Total general	280

Tabla 7 Equipamientos Valladolid.

Fuente: Plan Movilidad de Valladolid. Ayuntamiento de Valladolid (2021).

La distribución de estos equipamientos está relativamente concentrada (Ilustración 17), sobre todo en la zona centro. Uno de los grandes problemas es la falta de equipamientos en los barrios de la periferia, lo que implica desplazamientos más largos para los habitantes si necesitan acudir a grandes hospitales o lugares comerciales.

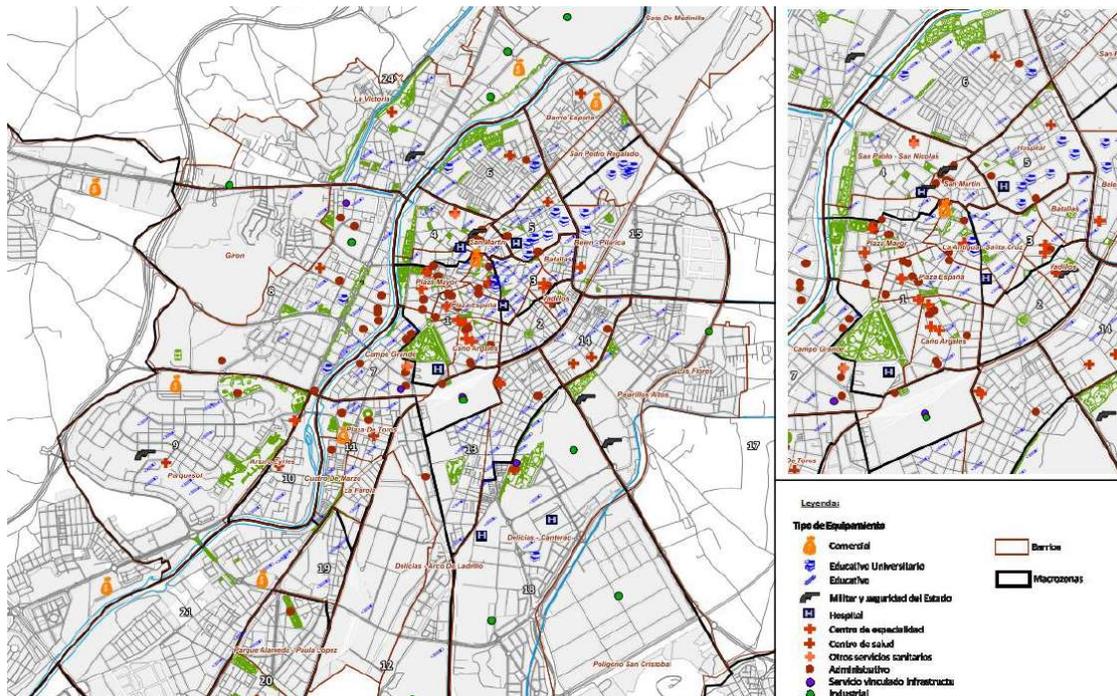


Ilustración 17 Distribución equipamientos Valladolid.

Fuente: Plan Movilidad de Valladolid. Ayuntamiento de Valladolid (2021).

3.1.2. La movilidad de Valladolid

En Valladolid predominan los viajes a pie con más de un 50% de la partición modal (Ilustración 18), seguido por el uso del vehículo privado que, con los años, gana más importancia, al igual que el transporte público que, con las mejoras y aumento de posibilidades, se ha hecho más accesible y funcional. Sin embargo, el alto porcentaje del uso del vehículo privado, en comparación con los modos de transporte activos y con el transporte público, puede ser considerado preocupante, especialmente dado que ha ganado peso en el periodo 2001 - 2015.

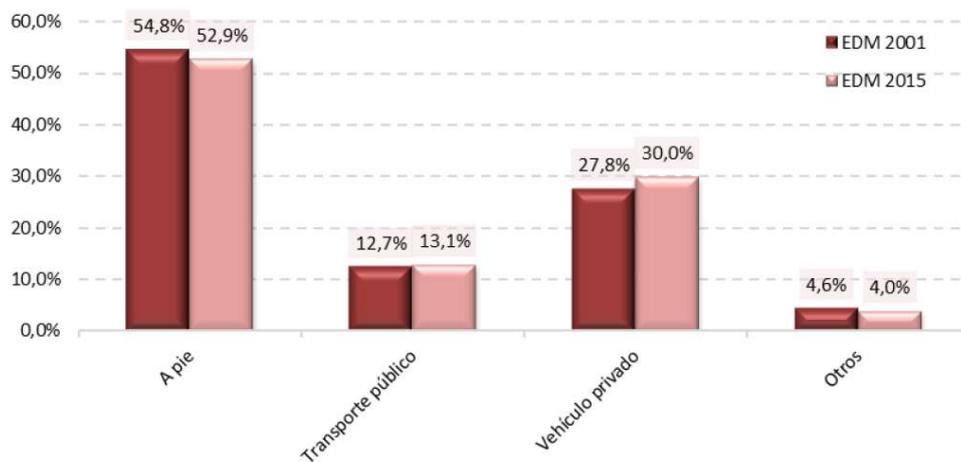


Ilustración 18 Reparto modal.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2021). Plan Movilidad de Valladolid.

Valladolid es una ciudad que en los últimos años ha perdido habitantes, mientras crecen las ciudades dormitorio anexas a la capital. Con esta reducción de habitantes se produce a su vez una disminución del parque de vehículos.

Los objetivos del Plan Integral de Movilidad Urbana Sostenible y Segura de la Ciudad de Valladolid (PIMUSSVA) son (Ayuntamiento de Valladolid, 2021):

- Reducir el uso del vehículo privado en el interior de la ciudad.
- Fomentar el uso del transporte público.
- Incrementar el uso de la bicicleta.



- Reordenar el transporte Ciudad – Alfoz.
- Orientar el tráfico urbano hacia las vías y espacios seleccionados.
- Consolidar la peatonalización (zonas 30, viarios de convivencia y plataformas únicas), con desarrollo a escala ciudad, estructura urbana e itinerarios peatonales, y particularizada para el Casco Histórico.
- Recuperar el espacio público disponible.
- Mejorar las condiciones de accesibilidad para todos los habitantes.
- Mejorar la calidad del medio ambiente urbano y la calidad de vida de los habitantes.
- Reducir la congestión, el ruido y la contaminación atmosférica.

Pero además de éstos, el principal objetivo es dar prioridad al peatón y por eso las medidas de alejar los vehículos a las afueras e intentar la prioridad de la movilidad peatonal en la zona centro proporcionando comodidad y seguridad. Es por eso que un significativo número de calles de la zona central se están convirtiendo en peatonales de manera progresiva con acceso exclusivo a vehículos especiales y para garajes.

Valladolid tiene grandes zonas únicamente para peatones y para carga y descarga en la zona centro, pero el resto de la ciudad está poco peatonalizada, por lo que la peatonalización del conjunto urbano es uno de los próximos objetivos de la ciudad. (Tabla 8).

Rango de edad	Hombres		Mujeres		Total general	
	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%
5-14	9.282	51,8%	8.635	48,2%	17.918	12,8%
15-29	7.585	45,1%	9.230	54,9%	16.815	12,0%
30-49	13.043	37,3%	21.910	62,7%	34.953	25,0%
50-64	10.410	34,7%	19.567	65,3%	29.977	21,4%
≥ 65	17.089	42,3%	23.333	57,7%	40.422	28,9%
Total general	57.410	41,0%	82.675	59,0%	140.085	100,0%

Tabla 8 Distribución por sexo y edad de gente que se desplaza a pie.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2021). Plan Movilidad de Valladolid.

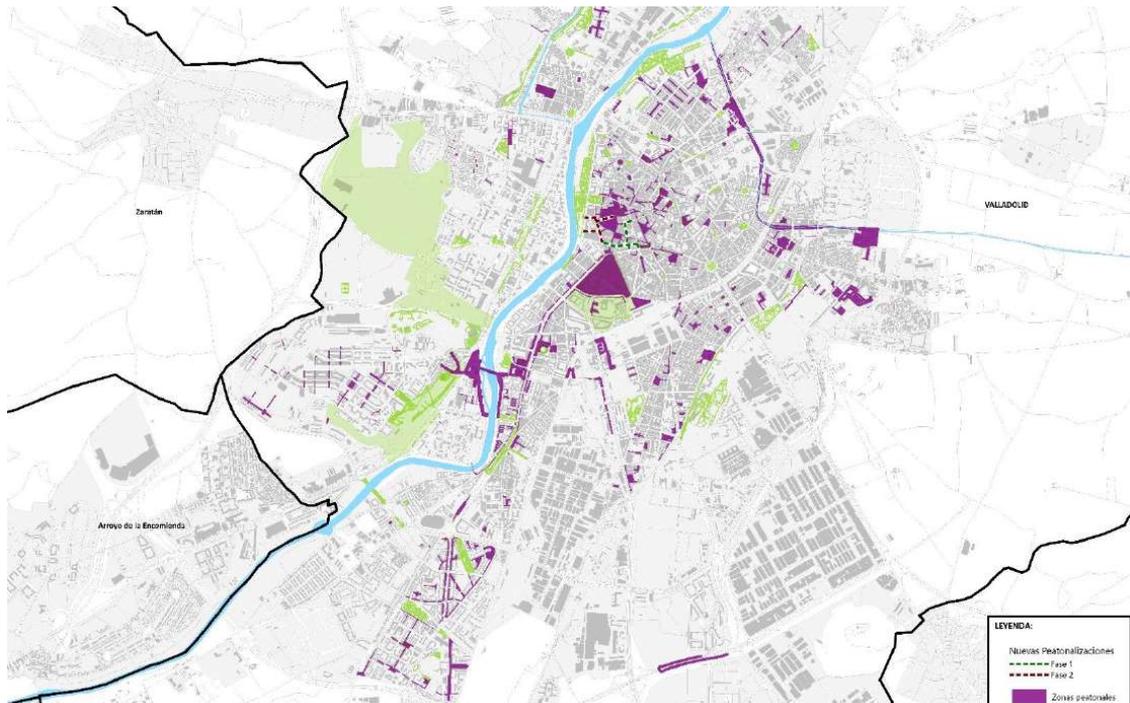


Ilustración 19 Zonas peatonales Valladolid.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2021). Plan Movilidad de Valladolid.

Se denominan puertas de entrada a la ciudad a las uniones que conectan las grandes redes de transporte nacional y provincial con los accesos a la ciudad, como pueden ser Avenida Soria o Avenida Segovia y en esas zonas de entrada a la ciudad se disponen de los aparcamientos disuasorios con conexión de transporte público para alejar los vehículos del centro ([Ilustración 20](#)).

Las estadísticas recogen que la mayor parte de viajes son por trabajo, luego por asuntos personales y por último por ocio. La red urbana está compuesta por más de un 70% de calles de sentido único, con velocidades de 30 a 50 km/h y se evitan velocidades mayores con sistemas de calmado de tráfico que también se encuentran recogidos en el PIMUSSVA (Ayuntamiento de Valladolid, 2021).

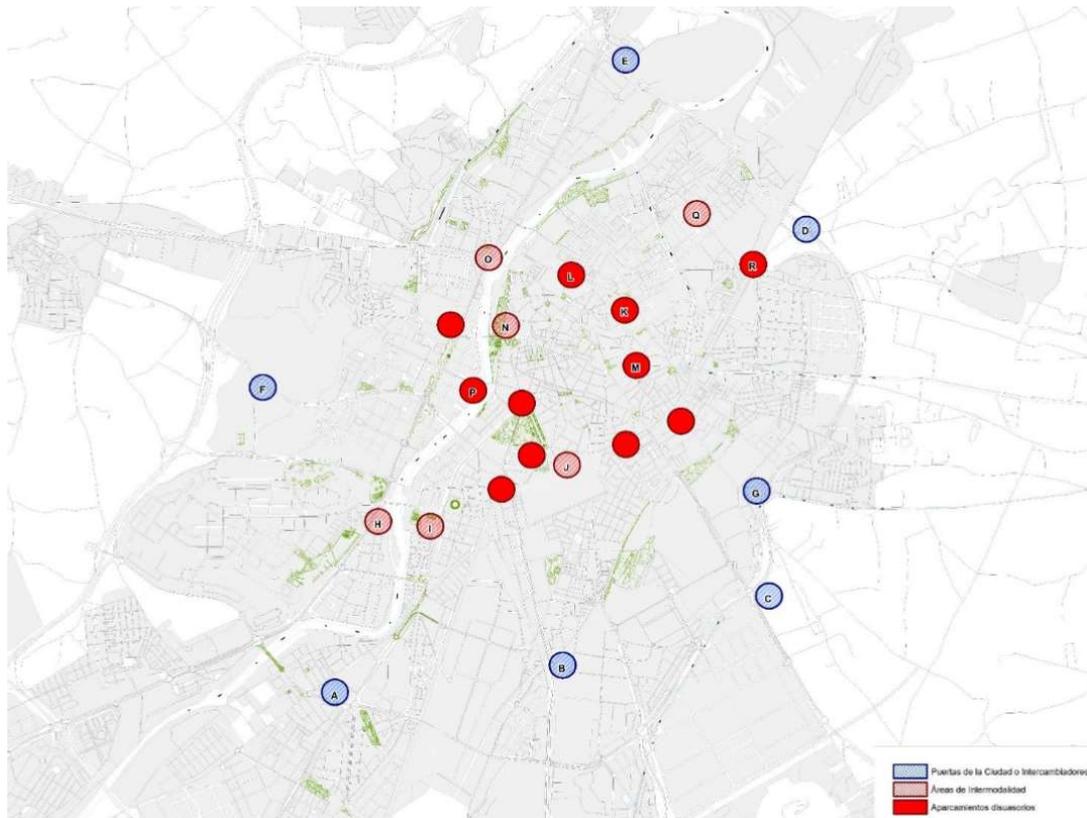


Ilustración 20 Puertas de la ciudad e intercambiadores Valladolid.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid, 2020. Plan General de Ordenación Urbana.

Por lo general no se detectan grandes problemas de congestión y atascos en la red interurbana, pero donde sí que hay problemas es en el aparcamiento de la zona centro donde existen estacionamientos en doble fila, pocas plazas para motocicletas, lo que lleva a algunos usuarios a decidir aparcarse encima de la acera, y uno de los principales causantes de estos problemas son las escasas plazas de garaje privado/público subterráneo que hay disponibles en esta zona centro. En cambio, en las afueras de la ciudad las plazas de aparcamientos son sobradas ya que la mayoría de los edificios cuentan con garaje propio y la densidad de población es menor que en el centro.

En cuanto al sistema de transporte público en Valladolid solo existe el autobús que está operado por los Autobuses Urbanos de Valladolid S.A. (AUVASA) que es una empresa pública que oferta (Ayuntamiento de Valladolid, 2020), ([Ilustración 21](#)): 25 líneas de autobuses ordinarias, 5 líneas de servicio búhos, 9 líneas a polígonos industriales, 7 líneas correspondientes al servicio especial líneas matinales y 6 líneas correspondientes al servicio especial del fútbol (solo en días de partido). Las cifras de usuarios que usan este medio en los últimos años han descendido significativamente por la disminución de



la población y aumento de vehículo privado, también las afueras de la ciudad tienen pocas líneas y para las zonas industriales solo hay servicio de ida, pero no de vuelta.

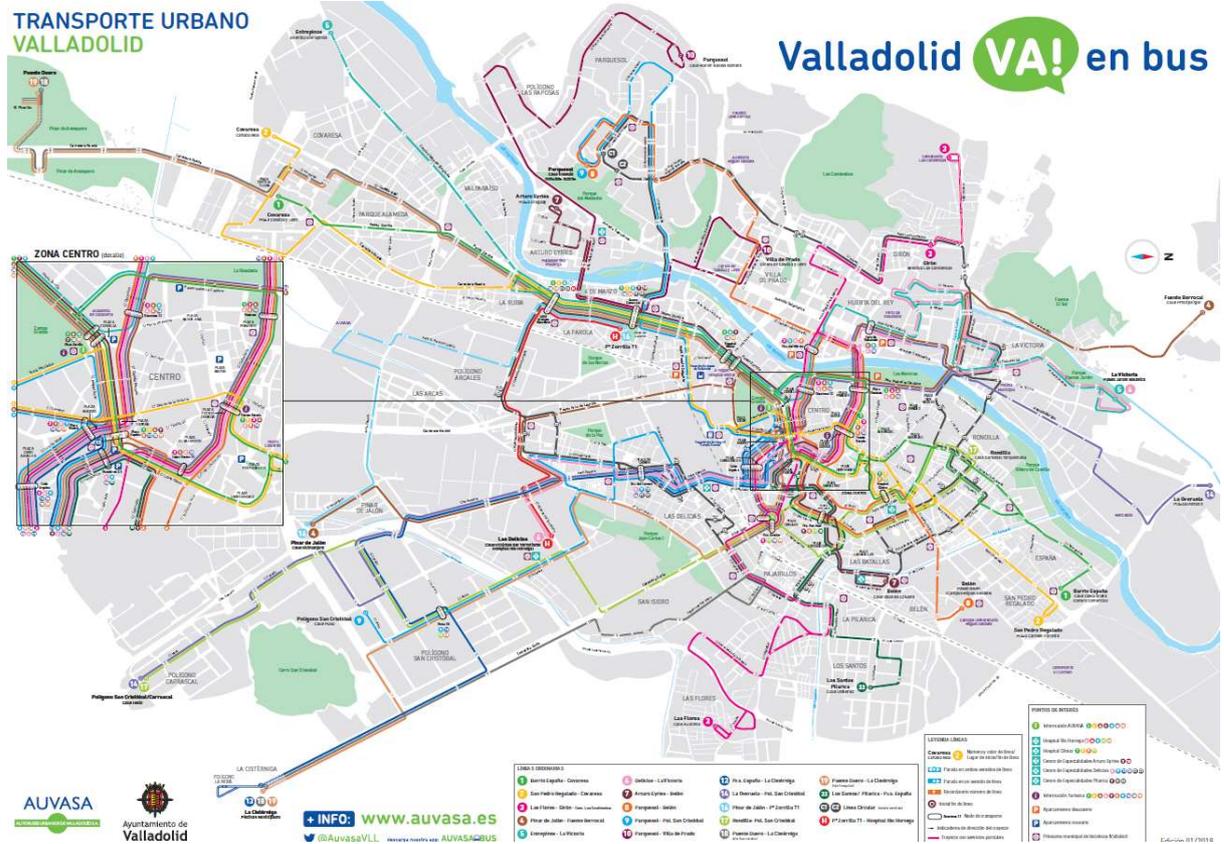


Ilustración 21 Líneas autobuses Valladolid.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2020). Plan General de Ordenación Urbana.

El carril bici tiene una red muy extensa a lo largo de la ciudad sobre todo centrada en las zonas exteriores y eso genera que haya muy mala conexión entre los diferentes tramos, lo que provoca que las bicicletas vayan por la carretera o aceras produciéndose problemas de seguridad.

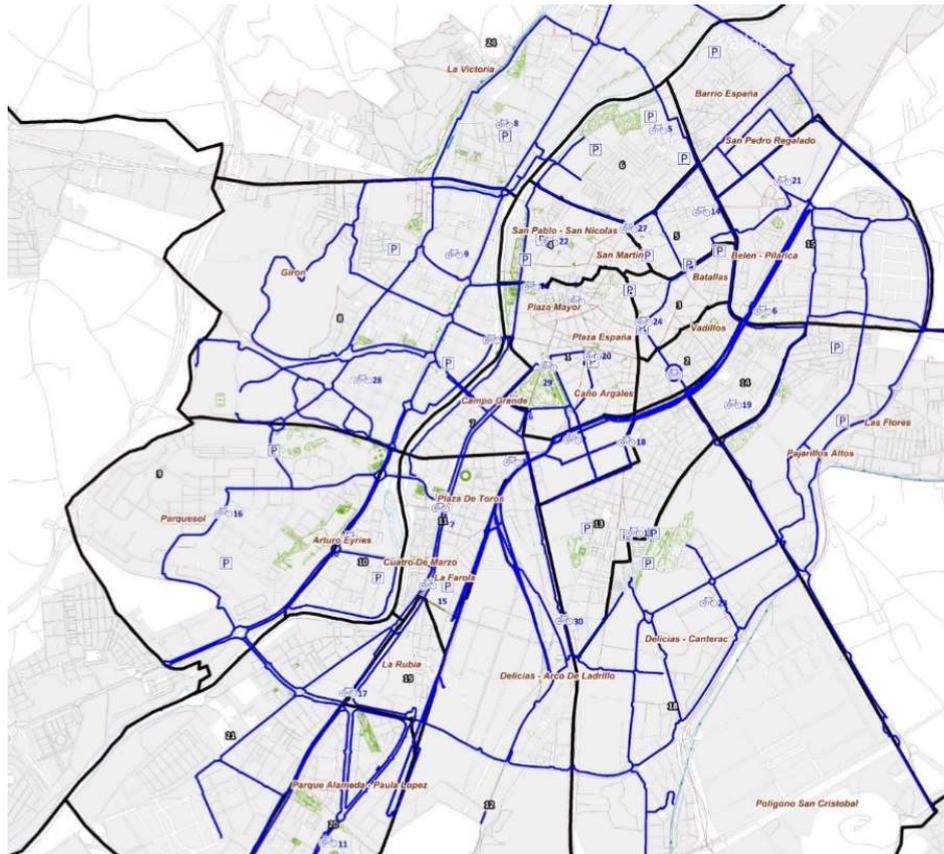


Ilustración 22 Red ciclista Valladolid.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2021). Plan Movilidad de Valladolid.

Hay que mejorar la seguridad vial, reducir el riesgo de accidentes, los usuarios de mayor riesgo son los peatones y ciclistas, ya que se encuentran más expuestos. La mejor manera de reducir esta accidentabilidad es brindar mayor visibilidad a las intersecciones conflictivas, y proporcionar más seguridad a las vías frecuentadas por peatones y carriles bici. En este plan se prioriza lo primero las personas de movilidad reducida, luego peatones, ciclistas y en último lugar el vehículo privado ([Ilustración 23](#)).

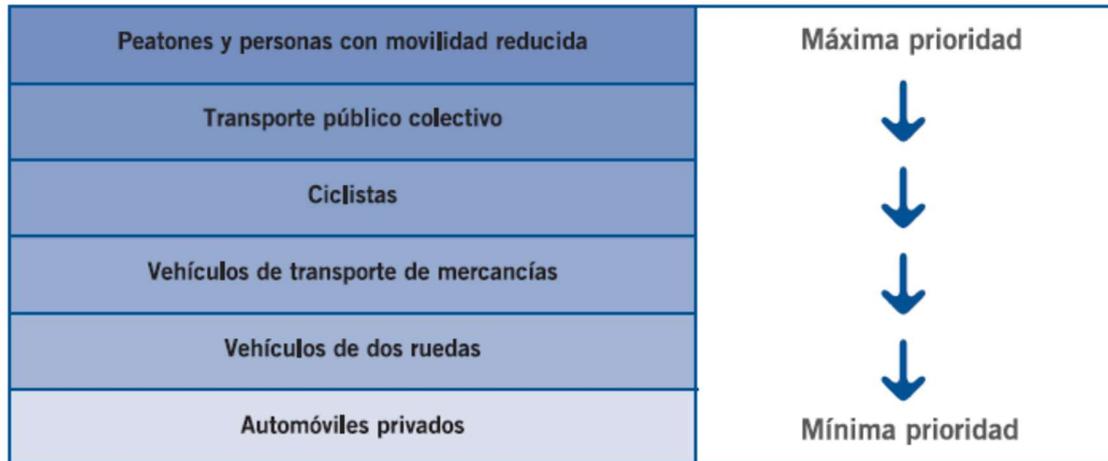


Ilustración 23 Prioridad vial.

Fuente: Plan Movilidad de Valladolid. Ayuntamiento de Valladolid, 2021.

3.2. Análisis de alternativas

3.2.1. Descripción general de las calles preseleccionadas

Las calles que se han seleccionado, entre todas las que forman la red viaria de Valladolid, son las calles más importantes respecto a la intensidad de tráfico y de peatones, y también por su situación en la ciudad. Por estas razones son las calles con mejores cualidades para este proyecto, en donde se espera que los cambios que se planteen supongan una gran mejoría y tengan asimismo repercusión en el conjunto de toda la ciudad.

El paseo Zorrilla es la calle más importante de Valladolid dada su longitud, su localización dentro de la ciudad, amplitud de calle y sobre todo el flujo de vehículos. Esta calle parte desde la plaza Zorrilla hasta la carretera Rueda y tiene una longitud de 4,2 km. Es una calle principalmente residencial y algo comercial, muy importante dada su gran Intensidad Media Diaria (IMD), y que conecta la ciudad con todas las vías interurbanas.

La calle del Puente Colgante, que va desde el Puente Colgante a la estación de autobuses de Valladolid, atravesando el Paseo Zorrilla, tiene gran amplitud, con dos carriles para cada sentido y mediana. Conecta la zona centro con los barrios que se encuentran al lado del río como son Parquesol y Huerta del Rey. Tiene carriles amplios para que los autobuses puedan maniobrar sin problemas.

El Paseo Isabel la Católica es una calle paralela al río Pisuerga, donde hay cantidad de espacios de ocio y zonas verdes. Comienza en la plaza Tenerías y termina en el Puente Mayor, abarcando casi 2 km, con una calle muy ancha que incluye 3 carriles para cada sentido y mediana. Además, conecta también con varios puentes, que crean gran flujo de vehículos y peatones.

La Avenida Ramón y Cajal empieza en el palacio de los Vivero y acaba en la zona de las universidades de medicina y enfermería. Es una calle unidireccional con 3 carriles y aparte de comunicar las universidades, es zona de gran tránsito por estar localizado el Hospital Clínico Universitario de Valladolid y encontrarse en la zona centro.

La calle Hernando de Acuña es una calle situada en el barrio periférico de Parquesol con gran longitud y ancho, que proporciona un flujo importante a este barrio que se encuentra en crecimiento. La importancia de esta calle, aparte de ser una arteria del barrio, es que se trata de un lugar de intercambio multimodal.

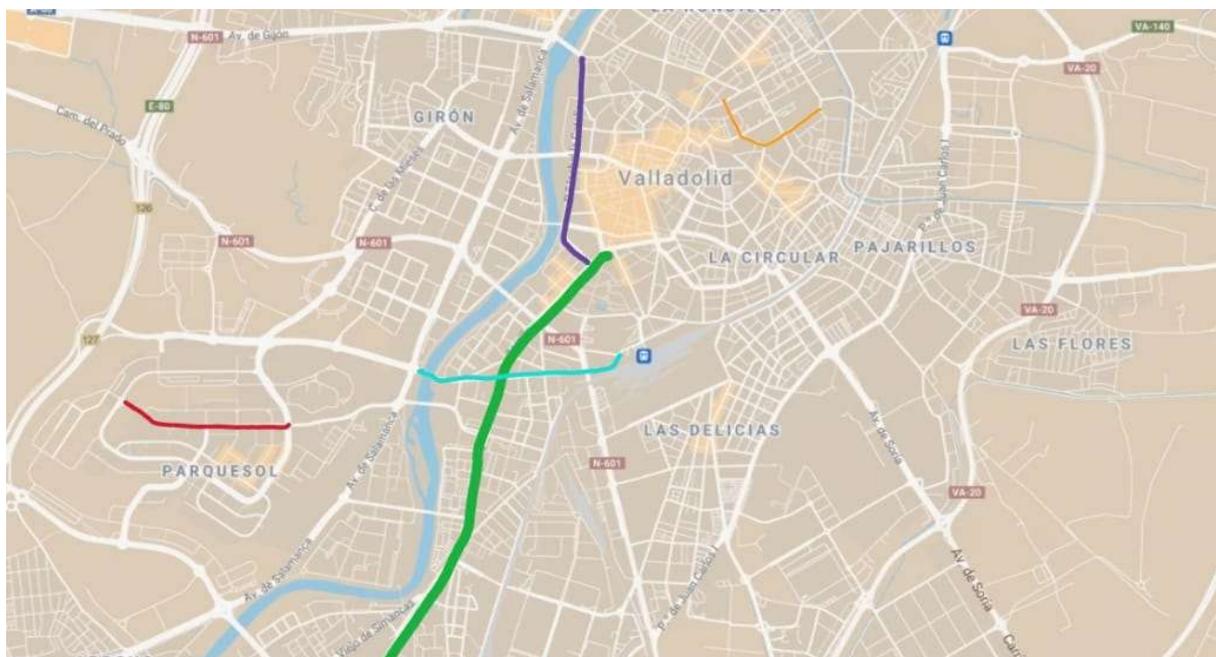


Ilustración 24 Situación de las calles preseleccionadas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps, 2021.



Leyenda:

Paseo Zorrilla	Verde
Calle del Puente Colgante	Cian
Paseo Isabel la Católica	Púrpura
Avenida Ramón y Cajal	Amarillo
Calle Hernando de Acuña	Rojo

Tabla 9 Leyenda de las calles preseleccionadas.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Proceso de análisis de alternativas

Para ejecutar un buen proceso de análisis de alternativas hemos optado por realizar un análisis multicriterio (Tabla 10) en el que se valoran ciertas características que tienen una alta importancia en lo que al vehículo autónomo se refiere. Estos criterios han sido elegidos porque son los más importantes para los vehículos autónomos. La ponderación de los criterios se basa en las opiniones de varios expertos en la materia, a partir de las cuales se realiza el análisis multicriterio que permite decidir cuál es la mejor alternativa.

Criterios de puntuación:

-Plataforma: Es la característica técnica que más nos interesa en este proyecto, ya que cuanto más grande sea tendremos más espacio disponible para áreas verdes, zonas peatonales, una gran red de carril bici, crear comercios y más comodidad para la movilidad de los vehículos autónomos de transporte público y de emergencias.

-Seguridad Vial/Accidentes: Tiene gran importancia social, las calles en las que se produce un gran número de accidentes o en las que exista miedo e incertidumbre por parte de los usuarios tienen un mayor margen de mejora. Gracias a la reordenación de la calle, este aspecto mejorará y se reducirán los accidentes y se mejorará la seguridad vial.

-Aparcamientos: Uno de los objetivos de este proyecto es que los aparcamientos se usen más en la zona periférica y evitar el tráfico en la zona centro de la ciudad, y así destinar ese espacio a vías ciclistas, aceras más espaciosas...



-Intensidad de tráfico: Una de las cosas que se buscan con esta reordenación es evitar el tráfico por el centro de la ciudad y así evitar accidentes y reducir la contaminación atmosférica y la acústica. Cuanto más tráfico estemos disipando mejor será la opción seleccionada.

-Usos/Funcionalidad: En cuanto a los usos y funcionalidad de las calles lo más atractivo para este proyecto son calles con usos de carácter social, como el comercio, y que haya alguna instalación pública como hospitales, colegios, centros culturales, etc, ya que lo que se busca potenciar es el tránsito de peatones y no solo usos residenciales.

-Espacios Verdes/Calidad Ambiental: Con esta reordenación de la calle lo que se quiere implementar son zonas verdes y así mejorar la calidad ambiental, haciendo que la temperatura de la calle disminuya, crear zonas agradables para pasear y reducir la contaminación. En la actualidad las calles con menor calidad ambiental son las más interesantes y atractivas para actuar.

Una vez elegidos los criterios, se realiza la media de las tres opiniones diferentes de los expertos, para poder darle un peso a cada criterio. Los expertos han de repartir un total de 10 puntos entre los 7 criterios elegidos (Tabla 11). Dependiendo de las características de la calle, cada criterio puede tener un mayor o menor valor. Si las características de la calle son positivas acorde al criterio (**verde**), el valor del criterio será 1. Si las características son lo habitual en una calle (**amarillo**), el valor del criterio será 0,5. Si, en cambio, las cualidades se consideran desfavorables (**rojo**) el valor del criterio será 0. Para calcular el resultado final se realizará una suma lineal ponderada de los valores de los criterios multiplicados por los pesos obtenidos a partir de la opinión de los expertos.

	Ponderación	Paseo Zorrilla	Calle del Puente Colgante	Paseo Isabel la Católica	Avenida Ramón y Cajal	Calle Hernando de Acuña
Plataforma (m)	2,17	65	25,5	30	24	30
Seguridad Vial/Accidentes	2,17	Baja	Alta	Baja	Media	Media
Aparcamientos	1,17	A los dos lados	A los dos lados	A un lado	A los dos lados	A los dos lados
Intensidad de Tráfico	1,5	Alta	Alta	Media	Media	Baja
Usos/Funcionalidad	1	Comercial, residencial, Instituciones públicas	Comercial, Residencial, estación bus	Comercial, Ocio, Residencial	Sanitario, Comercial Residencial	Residencial
Coexistencia con otros modos	1	Bus, taxi, Carril bici	Bus, taxi	Bus, taxi Carril bici	Bus, taxi	Bus taxi
Espacios Verdes/ Calidad Ambiental	1	Alto	Medio	Alto	Bajo	Medio
Puntuación sobre 10	10	9	5,75	6,09	6,59	5,34

Tabla 10 Análisis multicriterio de alternativas.

Fuente: Elaboración propia.

	Plataforma	Seguridad vial	Aparcamientos	Intensidad de tráfico	Usos	Coexistencia con otros modos	Espacios verdes
Experto 1	2	2,5	1	1,5	1	1	1
Experto 2	2	2,5	1,5	1	1	1	1
Experto 3	2,5	1,5	1	2	1	1	1
Media	2,17	2,17	1,17	1,5	1	1	1

Tabla 11 Criterio de los expertos.

Fuente: Elaboración propia.

La calle seleccionada ha sido el Paseo Zorrilla, una de las arterias más importantes de Valladolid que cumple con los requisitos que se buscan. El resto de las calles se encuentran en la media, pero presentan ciertas características que las hacen menos elegibles, como la alta calidad ambiental en el Paseo Isabel la Católica, la gran seguridad de la calle Puente Colgante, y la situación e intensidad en el caso de la calle Hernando de Acuña.

3.3. Análisis de la alternativa seleccionada

Finalmente, la alternativa seleccionada es el Paseo Zorrilla, es la que más margen de mejora tiene para el cambio y también la que más se adapta a las necesidades que se buscaban. A continuación, vamos a desarrollar con más profundidad las características que definen esta calle y así ver los puntos fuertes y puntos débiles que debemos de mejorar.

3.3.1. Marco territorial, sociodemográfico, económico y legal

A la hora de hacer cualquier intervención urbanística en la ciudad debemos saber cuál es el marco legal por el que se rige Valladolid, y por ello, en esta parte se señalan qué leyes y normas regulan esta materia y otros temas afines que pueden repercutir en las propuestas.

- Plan Integral de Movilidad Urbana Sostenible y Segura de la Ciudad de Valladolid (Ayuntamiento de Valladolid, 2021). Plan General de Ordenación Urbana)
- La Ley 37/2003, de 27 de noviembre, del Ruido.
- Plan General de Ordenación Urbana de Valladolid (Ayuntamiento de Valladolid, 2020).
- Ordenanza reguladora de la movilidad en bicicleta en el término municipal de Valladolid, 21 de marzo de 2015.
- Reglamento de tráfico, aparcamiento, circulación y seguridad vial, BOP 23-2-2006.
- Reglamento de parques y jardines de la ciudad de Valladolid, BOP: 14-3-1990.

Las normas y leyes antes citadas se encuentran en vigor. Hay algunos planes que se encuentran en proceso como el Plan Director de la Bicicleta en Valladolid que espera ser aprobado en 2022.

El trayecto de esta calle, que comienza en la Plaza Zorrilla y acaba en la carretera Rueda, es de 4.277,58 m. La calle tiene un total de 5.979 habitantes (Vela, 2018) y atraviesa un total de siete barrios, que se suelen agrupar en cinco zonas de la siguiente forma:



- Paseo Zorrilla Norte: Plaza de Toros y Campo Grande.
- Paseo Zorrilla Sur: Cuatro de Marzo, La Farola.
- La Rubia.
- Las Villas Valparaíso.
- Parque Alameda.

La zona de Paseo Zorrilla Norte y Sur son las que más población tienen, ya que son las más grandes y céntricas; las otras tres zonas se alejan bastante del centro de la ciudad y a pesar de ser barrios con gran extensión tienen menos densidad.

	Población (hab)
Paseo Zorrilla Norte	13.910
Paseo Zorrilla Sur	20.747
La Rubia	9.079
Las Villas Valparaíso	5.621
Parque Alameda	4.953

Tabla 12 Población por barrio

Fuente: Elaboración propia.

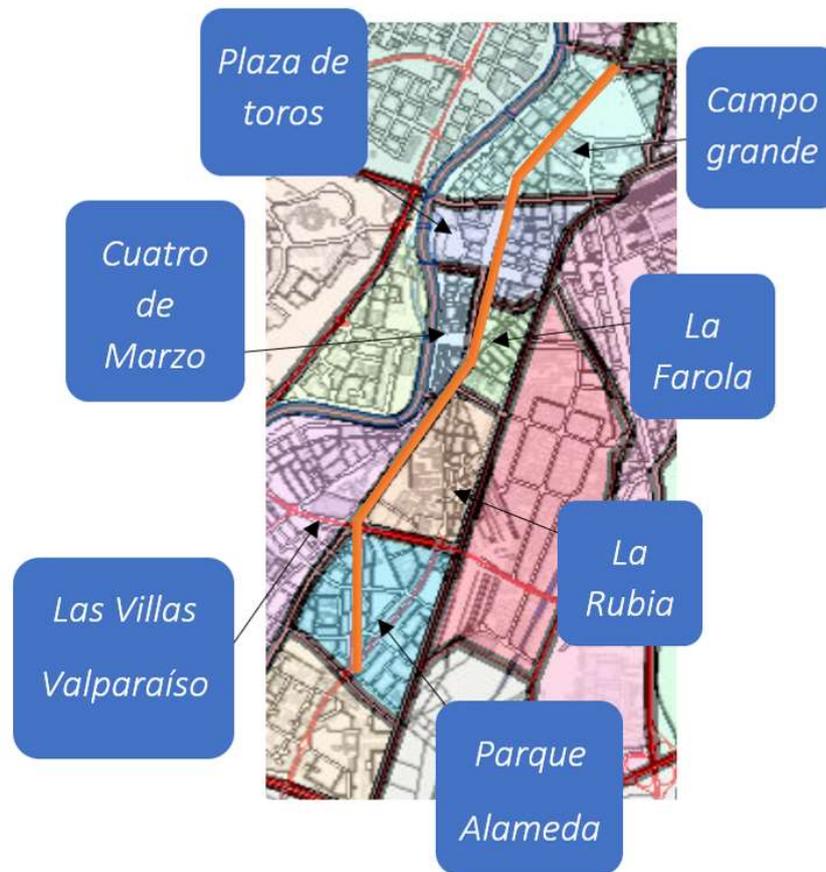


Ilustración 25 Barrios del Paseo Zorrilla.

Fuente: Elaboración propia.

El Paseo Zorrilla se encuentra en la parte sur de la ciudad de Valladolid, es un corredor vertical que va desde la Plaza Zorrilla hasta la carretera de Rueda. La plaza Zorrilla se considera zona céntrica de la ciudad y por ello el precio del suelo es más caro y la población de esa zona tiene un elevado nivel de renta (por lo general es población mayor). La carretera de Rueda, es un área localizada ya en la periferia. Actualmente es una zona de expansión de la ciudad, en la que el metro cuadrado tiene un precio más bajo y los edificios son más modernos y muchos con estilo chalé unifamiliar, estando enfocados a la población más joven.

El rango de precios que nos encontramos a lo largo del paseo va desde los 1.650 euros el metro cuadrado hasta 1.300 euros el metro cuadrado (Tabla 13). Esta variación se produce sobre todo diferenciando la situación céntrica y prestaciones de cada barrio.

	Precio (euros/m ²)
Paseo Zorrilla Norte	1.650
Paseo Zorrilla Sur	1.550
La Rubia	1.500
Las Villas Valparaíso	1.300
Parque Alameda	1.350
Precio medio Valladolid	1.353

Tabla 13 Precio m² por zonas.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, podemos ver la repartición de edades en cada barrio situado a lo largo del Paseo Zorrilla (Tabla 14). Las personas mayores de 65 años se encuentran en mayor porcentaje en las zonas del Paseo Zorrilla Norte y Sur confirmando la descentralización de la ciudad por parte de las parejas jóvenes, lo que hace que suba la media de la edad de la zona más céntrica.

Población/Barrio	Menores (0 a 15 años)	Jóvenes (16 a 35 años)	Adultos (36 a 65 años)	Mayores (más de 65 años)
Paseo Zorrilla Norte	17.3 %	20.5 %	22.4 %	39.8 %
Paseo Zorrilla Sur	18.2 %	23.6 %	24.3 %	33.9 %
La Rubia	18.7 %	24.8 %	25.1 %	31.4 %
Las Villas Valparaíso	20.4 %	25.8 %	23.2 %	30.6 %
Parque Alameda	20.1 %	26.3 %	22.8 %	30.8 %

Tabla 14 Reparto de población por grupos de edad en los distintos barrios.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ayuntamiento de Valladolid.

3.3.2. Usos del suelo

El barrio de Zorrilla Norte podemos observar que es fundamentalmente una zona residencial, aunque también tiene carácter comercial, sobre todo de oficinas. La mayor parte de los comercios se encuentran en el margen derecho del Paseo Zorrilla y algo también en la calle Puente Colgante. Un punto de mucha afluencia son los cines Broadway (Ilustración 26).

También hay mucha extensión de espacios verdes, en especial en el Campo Grande (Ilustración 27) que es el parque céntrico con más calidad ambiental y un espacio idóneo para animales como pavos reales, ardillas y patos.



Ilustración 26 Cines Broadway.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2020). Plan General de Ordenación Urbana.



Ilustración 27 Campo Grande.

Fuente: Cadena Ser, 2020.

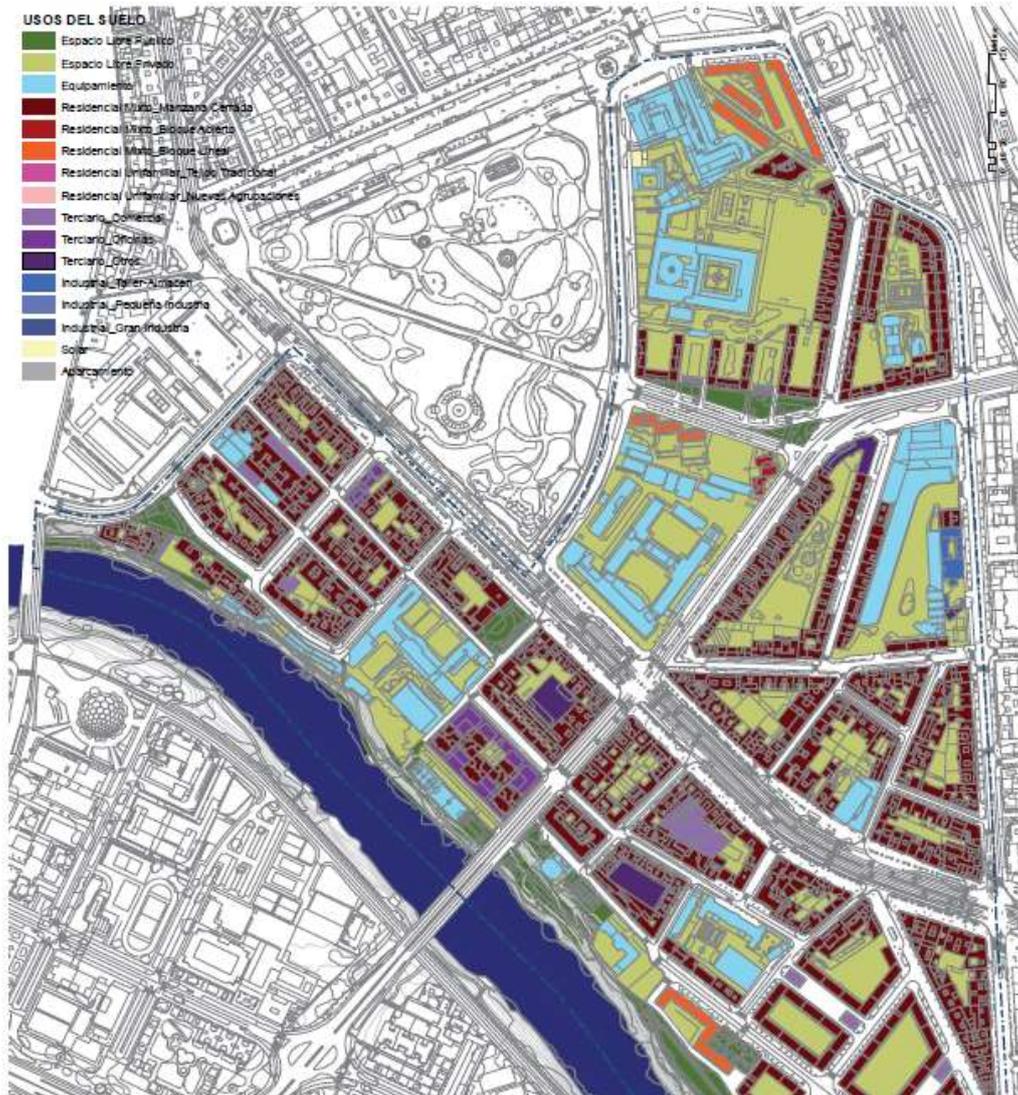


Ilustración 28 Usos del suelo Paseo Zorrilla Norte.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2020). Plan General de Ordenación Urbana.

La zona de Paseo Zorrilla Sur es fundamentalmente un barrio residencial, si bien con una gran mezcla de otros usos. El uso comercial, como ocurre en Paseo Zorrilla Norte, se sitúa sobre todo en el eje principal del Paseo Zorrilla y en el eje secundario de la calle Puente Colgante. En esta zona se encuentra el Corte Inglés (Ilustración 29) que es una de las mayores extensiones comerciales en Valladolid, y también hay una zona de viviendas militares que es meramente residencial.

Además, en esta zona encontramos varios colegios y áreas deportivas como la de Juan de Austria (Ilustración 30) y el antiguo Matadero municipal que ahora es un centro cívico.



Ilustración 29 Corte Inglés Paseo Zorrilla.

Fuente: Tribuna Valladolid, 2018.



Ilustración 30 Zona deportiva Juan de Austria.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2020). Plan General de Ordenación Urbana.

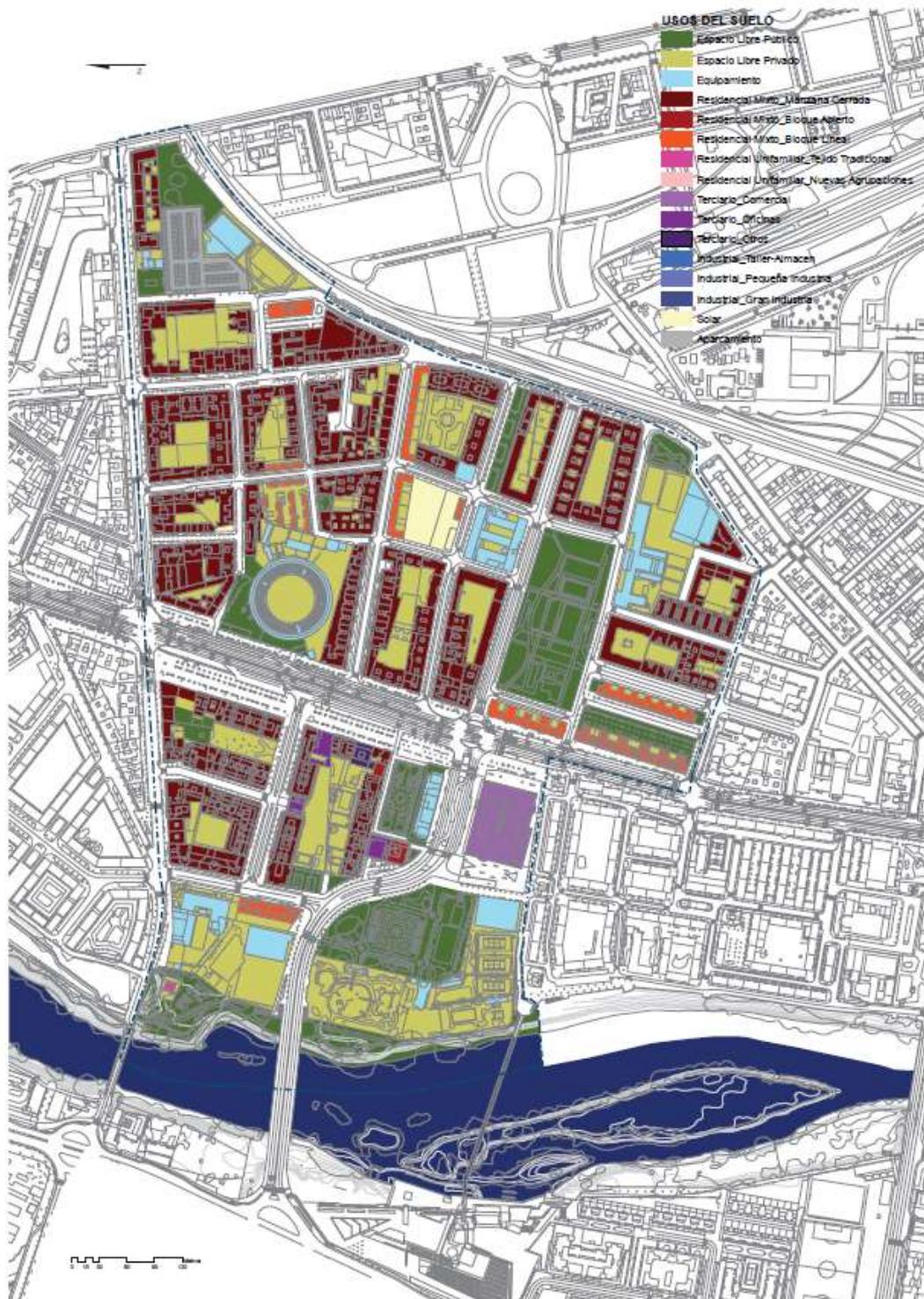


Ilustración 31 Usos del suelo Paseo Zorrilla Sur.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2020). Plan General de Ordenación Urbana.

El barrio de la Rubia es un área totalmente residencial, aunque tiene pequeños comercios de carácter local, situados sobre todo en la carretera de Rueda y en la calle Joaquín María Jalón que están en la zona norte del barrio. La zona sur es completamente

residencial, cubierta en su mayoría por edificios militares, aunque merece destacar las oficinas de Mapfre que se encuentran en el extremo sur.

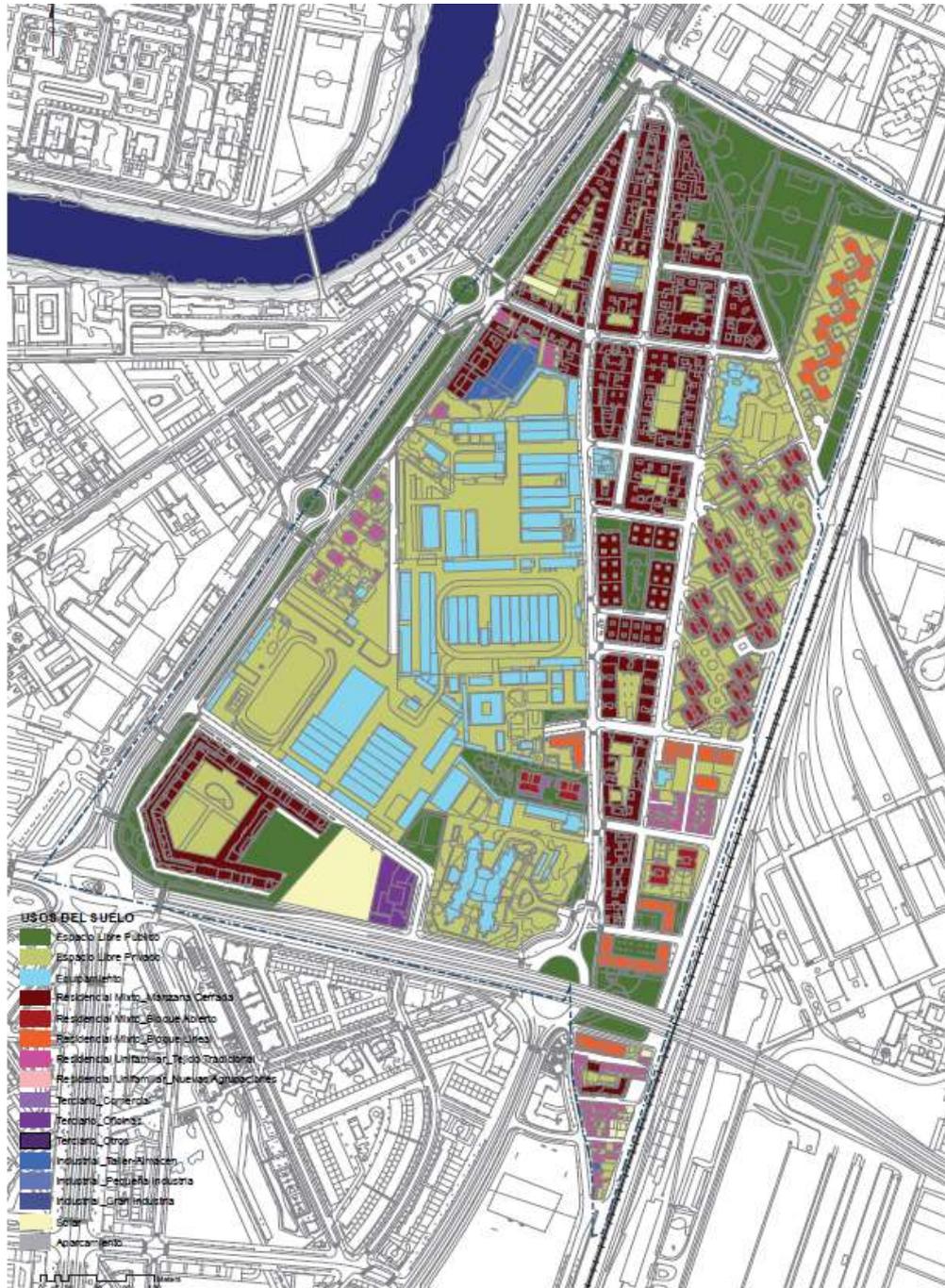


Ilustración 32 Usos del suelo La Rubia.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2020). Plan General de Ordenación Urbana.

Los barrios de las Villas y San Adrián, también conocidos como Camino Viejo de Simancas son totalmente residenciales, salvo el centro comercial Vallsur que es el centro de ocio de toda la zona.

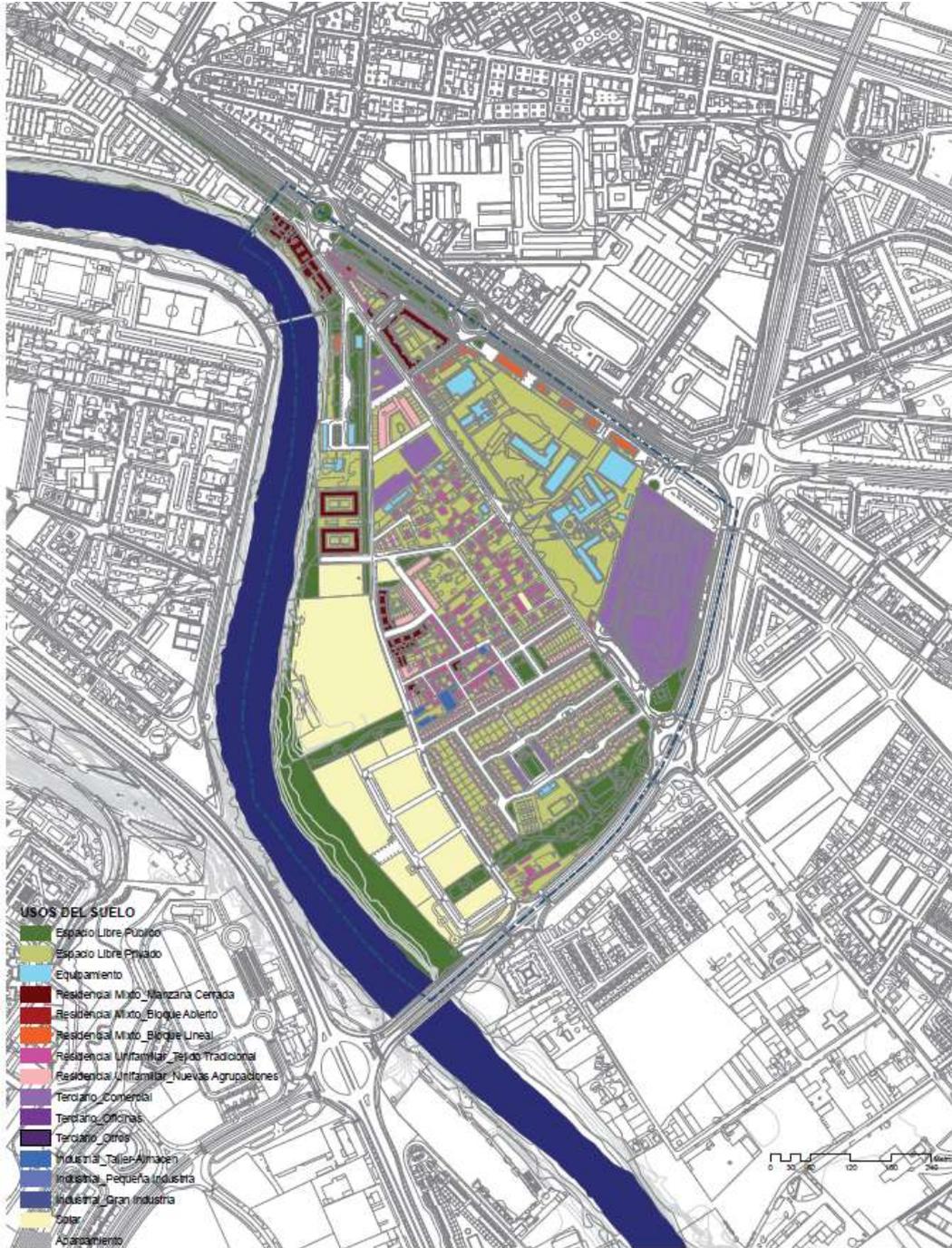


Ilustración 33 Usos del suelo Camino Viejo de Simancas.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2020). Plan General de Ordenación Urbana.

El barrio del Parque Alameda es muy similar a la zona del Camino Viejo de Simancas, toda zona residencial con comercio local.

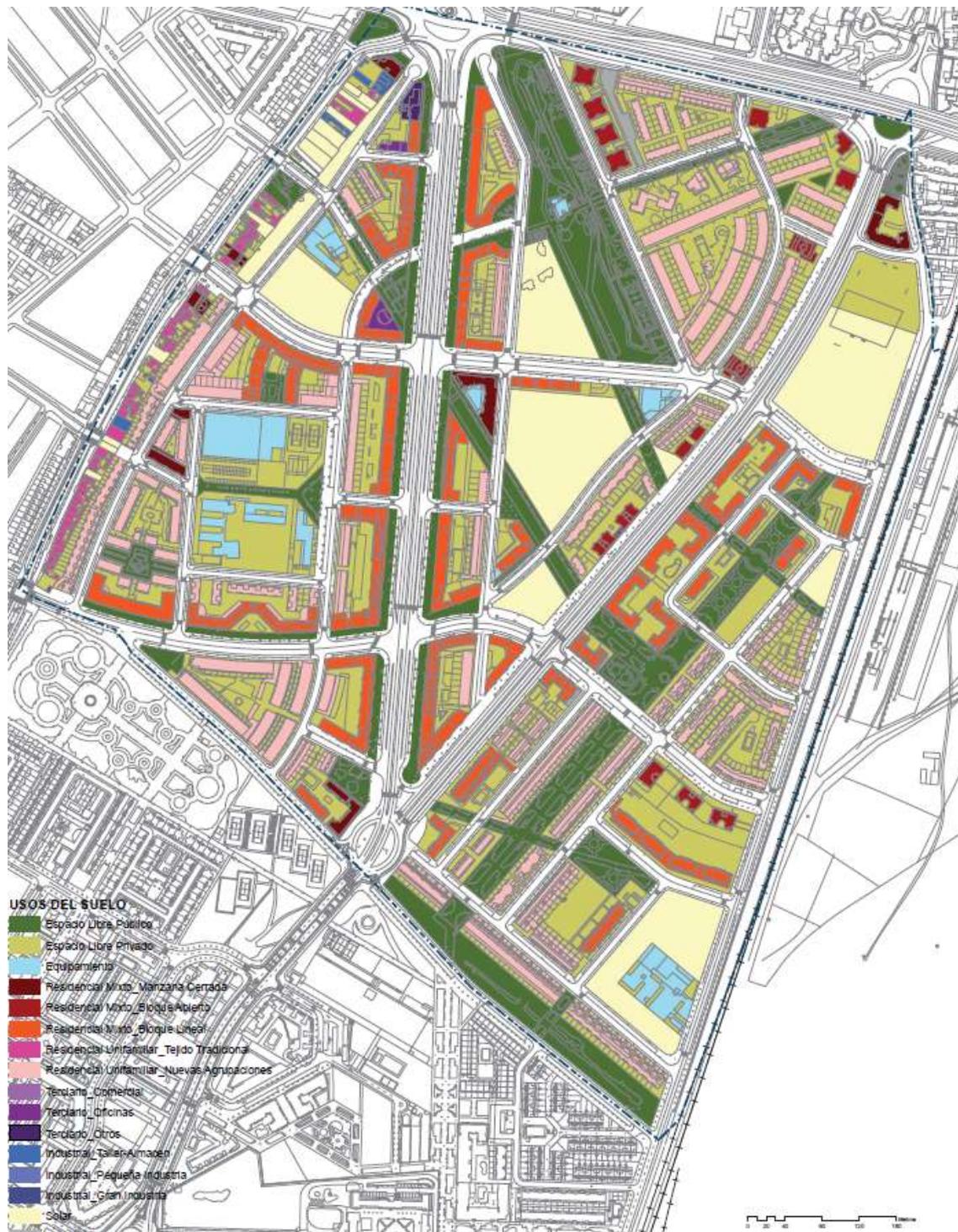


Ilustración 34 Usos del suelo Parque Alameda.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2020). Plan General de Ordenación Urbana.

3.3.3. Catálogo del patrimonio

La mayor acumulación de patrimonio lo encontramos en la parte más céntrica correspondiente a las zonas del Paseo Zorrilla Norte y Sur, ahí tenemos varios puntos de interés turístico como por ejemplo la Plaza Zorrilla, la Acera Recoletos, el Campo Grande y la Academia de Caballería. Estos son lugares atractores de viajes, esencialmente turísticos. A continuación, se puede ver la localización del patrimonio (Ilustración 35).

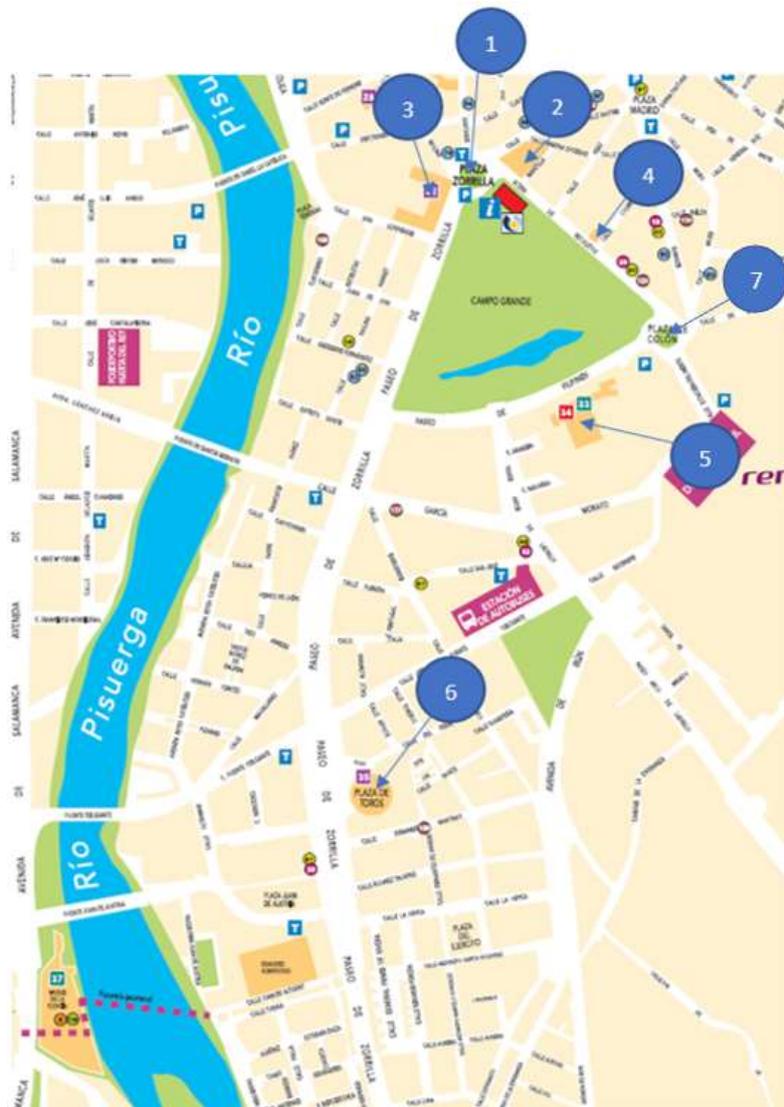


Ilustración 35 Situación del patrimonio en el Paseo Zorrilla.

Fuente: Elaboración propia a partir de Oficina de Turismo de Valladolid (2021).

1-Plaza Zorrilla

La Plaza Zorrilla está ubicada en el extremo más céntrico del Paseo Zorrilla y es un lugar de interés turístico. A su vez, es la intersección de varias calles importantes como la Acera Recoletos, Calle Santiago, Paseo Zorrilla y Miguel Íscar, todas son calles con alta capacidad peatonal (Visitar Valladolid, 2016).



Ilustración 36 Plaza Zorrilla.

Fuente: Visitar Valladolid, 2016.

2-Casa Mantilla



Ilustración 37 Casa Mantilla.

Fuente: Wikipedia, 2021.

Construida en 1891 siguiendo la corriente renacentista, es uno de los edificios más emblemáticos de la ciudad de Valladolid (Wikipedia, 2021).

3-Academia de Caballería

Construida en 1920 de estilo neoplateresco, actúa como museo y como edificio militar, no tiene tampoco una gran afluencia de personas (Wikipedia, 2021).



Ilustración 38 Academia de Caballería.

Fuente: Wikipedia, 2021.



4-Casa del Príncipe

Construida en 1906 situado en la Acera Recoletos, de estilo modernista (Wikipedia, 2021).

Ilustración 39 Casa del Príncipe.

Fuente: Wikipedia, 2021.

5-Iglesia de San Juan de Letrán

Iglesia construida en el siglo XVII, de estilo barroco. Tiene una función de carácter religioso y turístico, no atrae un gran número de usuarios y visitantes (Wikipedia, 2021).



Ilustración 40 Iglesia de San Juan de Letrán.

Fuente: Wikipedia, 2021.

6-Plaza de Toros



Construida en 1880 por el arquitecto Teodosio Torres. Se encuentra en pleno Paseo Zorrilla, es un lugar de atracción turística y también se usa para realizar eventos, lo que hace que sea un lugar de gran afluencia de peatones en fechas puntuales (Wikipedia, 2021).

Ilustración 41 Plaza de Toros de Valladolid.

Fuente: Wikipedia, 2021.

7-Plaza Colón

Es una plaza que está situada al otro extremo de la Acera Recoletos en la que se encuentra la estación de trenes de Valladolid y donde confluyen las calles de Gamazo, Estación y el Campo Grande. Tiene carácter turístico y también de paso de peatones en el día a día (Wikipedia, 2021).



Ilustración 42 Plaza de Colón.

Fuente: Wikipedia, 2021.

3.3.4. Equipamientos

En este apartado enumeramos los equipamientos más importantes que se encuentran en el Paseo Zorrilla. Estos equipamientos son necesarios para el desarrollo de la ciudad, y por ello deben estar bien distribuidos y tener diferentes usos que permitan satisfacer las necesidades de los ciudadanos.

En este mapa podemos observar los diferentes equipamientos que hay y su ubicación a lo largo del Paseo Zorrilla.

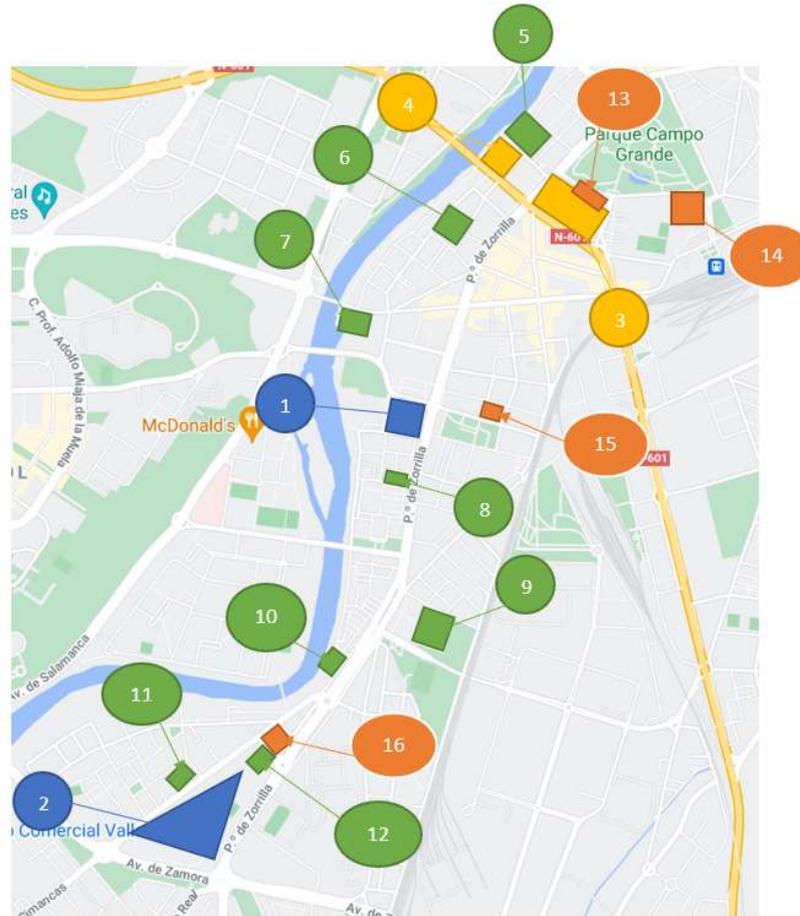


Ilustración 43 Situación de los equipamientos Paseo Zorrilla.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps, 2021.

Equipamientos de ocio

Este tipo de equipamientos son necesarios en el día a día de los ciudadanos, generan un flujo medio de vehículos y peatones, pero sin momentos en que la demanda sea excesiva y genere congestión y colapsos. En esta zona encontramos el Corte Inglés (1) y el centro comercial Vallsur (2).



Ilustración 44 Vallsur.

Fuente: Vallsur, 2021.

Equipamientos oficiales

En el Paseo Zorrilla encontramos dos sedes de la Junta de Castilla y León, que son la Consejería de Sanidad (3) y la Consejería de Servicios Sociales (4), ambas se encuentran en esta ciudad por ser la capital de la comunidad. Estas sedes no tienen gran afluencia de vehículos ni de peatones, pero es cierto que se pueden llegar a producir colas de personas en los horarios de atención que son de 9:00-14:00.



Ilustración 45 Consejería de Sanidad.

Fuente: El Norte de Castilla, 2019.

Equipamientos educativos

Son los equipamientos que más abundan, debido a que, los barrios que componen el Paseo Zorrilla son en su mayoría residenciales. Está formado por todos los colegios e institutos que hay en la zona, tanto públicos como privados. Estos se encuentran distribuidos uniformemente a lo largo de todo el recorrido. Los colegios son puntos de gran afluencia de tráfico en horas punta de entrada y salida, por lo que hay que tener cuidado con reducir espacio en esas zonas, siendo una opción reducir la superficie del carril y aumentar el espacio dedicado a aparcamiento temporal.

Los centros que encontramos son:

- (5) Colegio de Nuestra Señora de Lourdes.
- (6) Colegio Ponce de León.
- (7) Colegio de Nuestra Señora de la Consolación.
- (8) Colegio Francisco de Quevedo.
- (9) IES Condesa Eylo Alfonso.
- (10) Colegio Vicente Aleixandre.
- (11) Colegio Apostolado del Sagrado Corazón de Jesús.
- (12) IES Pinar de la Rubia.



Ilustración 46 Colegio de Nuestra Señora de Lourdes.

Fuente: Wikipedia, 2021

Equipamientos sanitarios

Los equipamientos sanitarios que nos encontramos son variados, hay centros de salud a nivel de barrio, hospitales grandes, públicos y privados. Satisfacen todo tipo de necesidades sanitarias, desde consultas ordinarias hasta servicio de urgencias. Es por eso, que el tráfico es grande y a veces de mucha urgencia y necesidad. Hay que prever colas en el servicio de urgencias y tener siempre una vía funcional para los vehículos de emergencias.

En esta zona encontramos:

- (13) Centro de salud Casa del Barco.
- (14) Hospital Recoletas Campo Grande.
- (15) Centro de salud Plaza del Ejército.
- (16) Clínica Sur Valladolid.



Ilustración 47 Hospital Recoletas Campo Grande.

Fuente: Diario de Valladolid, 2020.

3.3.5. Espacios libres

En este apartado vamos a analizar los diferentes espacios libres que están compuestos por parques, plazas y jardines. Son lugares necesarios en una ciudad ya que mejoran la calidad de vida de sus ciudadanos. Estos lugares son atractores de personas que van a disfrutar de un paseo o pasar la tarde en familia. A continuación, vemos la distribución de estas zonas en referencia al Paseo Zorrilla ([Ilustración 48](#)).



Ilustración 48 Situación de los espacios libres.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps, 2021.

1-Campo Grande

Como se ha mencionado anteriormente el Parque Campo Grande es el parque más grande de Valladolid, albergando gran cantidad de especies animales y vegetales. Hay un gran movimiento de personas atraídos por el ocio y turismo.



Ilustración 49 Parque Campo Grande.

Fuente: Pinterest, 2021.

2-Parque Juan de Austria

El parque Juan de Austria es una zona ajardinada con una atracción multiaventura orientada para niños pequeños. Está situada entre el Paseo Zorrilla y río Pisuerga, justo



detrás del Corte Inglés. Actualmente se encuentra en reformas, es una zona de ocio juvenil que cuando reabra atraerá un alto flujo de peatones.

Ilustración 50 Parque Juan de Austria.

Fuente: El Norte de Castilla, 2018.

3-Ribera del río Pisuerga

A las orillas del río Pisuerga encontramos una extensa zona verde. Esta cuenta con carriles bici, aceras para pasear, parques infantiles, jardines y alguna zona de ocio.



Ilustración 51 Ribera del rio Pisuerga.

Fuente: El Norte de Castilla, 2015.

4-Paseo Zorrilla



En todo el recorrido del Paseo Zorrilla, podemos encontrar zonas de jardín, especialmente en el centro, y amplias aceras para poder pasear cómodamente.

Ilustración 52 Paseo Zorrilla.

Fuente: Mi nube, 2021.

5-Plaza del Ejército

Esta plaza que se encuentra anexa al Paseo Zorrilla, es una zona ubicada entre edificios militares y su función es de ocio. Tiene parques infantiles, jardines y lugares de paseo.



Ilustración 53 Plaza del Ejército.

Fuente: El Día de Valladolid, 2021.

6-Parque de las Norias



El parque de las Norias se creó a partir del abandono de una fábrica de azúcar y está situado en un lugar que no es muy céntrico. Tiene actividades como pádel, rocódromo y botes de navegación.

Ilustración 54 Parque de las Norias.

Fuente: Deviant Art, 2012.

3.3.6. Red Viaria, transporte y movilidad

3.3.6.1. Estructura, jerarquía y análisis de tráfico

El Paseo Zorrilla es considerado una vía principal de la ciudad. Se encuentra atravesado por varias colectoras secundarias y por la ronda interior que da conexión a una gran demanda de vehículos. En esta calle hay viario peatonal y viario ciclista. Los requisitos mínimos propuestos por el PGOU de Valladolid (Ayuntamiento de Valladolid, 2020) para las arterias principales son el mínimo de carril de 3,5 metros, la velocidad máxima de 50 km/h en los carriles principales, y además las intersecciones deben de ser resueltas con glorietas partidas o semaforizadas (Tabla 15).

Escenario	Ancho carril (m)	Velocidad máxima (km/h)	Necesidad medianas	Carril bici (m)	Aparcamiento	Ancho mínimo aceras (m)	Sección mínima (m)	Intersecciones
Nueva	3,50	50	A partir de 3 carriles	1,8	Vías de servicio	6	29	Glorieta partida Semaforizada
Existente	3,50	50	A partir de 3 carriles	1,8	Recomendado en vías de servicio	4	25	Glorieta partida Semaforizada

Tabla 15 Características de una arteria principal en Valladolid.

Fuente: Elaboración propia.

El tráfico fundamental que pasa por esta vía es tráfico de corto recorrido con gran relación con la ciudad, y conecta directamente con las vías interurbanas y de conexión

con los distintos accesos. El Paseo Zorrilla tiene un tráfico diario de entre 10.000-20.000 vehículos (Ayuntamiento de Valladolid, 2020), siendo la calle con más tráfico de Valladolid.

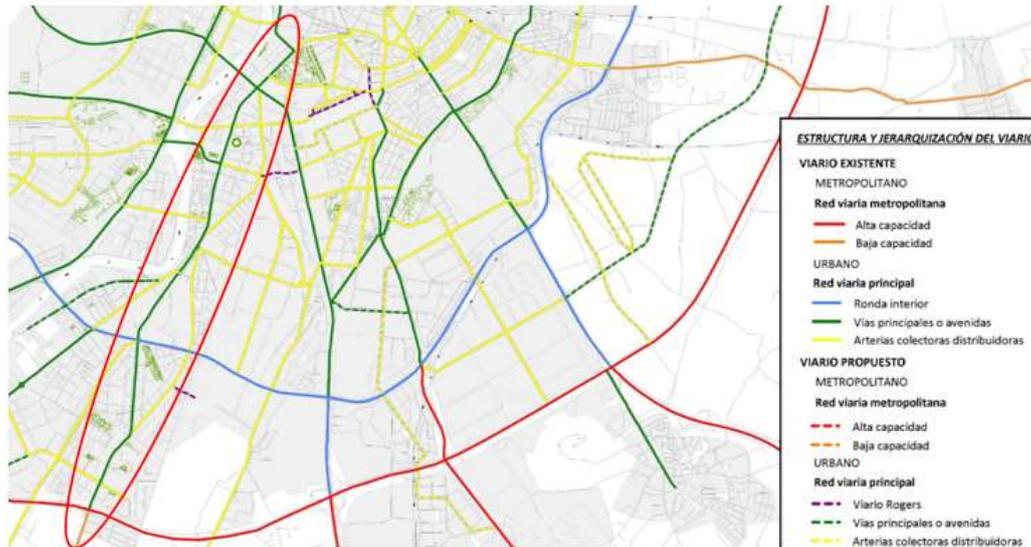


Ilustración 55 Jerarquía de la red viaria de Valladolid (el círculo rojo señala el Paseo Zorrilla).

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2020). Plan General de Ordenación Urbana.

3.3.6.2. Red peatonal y ciclista, en relación con itinerarios y seguridad

La red peatonal está extendida por toda la ciudad, pero es en la zona centro donde encontramos más superficie exclusivamente peatonal (Ilustración 56), si bien es cierto que, en el centro, las calles tienen menor acera y más intensidad de peatones. En el Paseo Zorrilla casi en su totalidad tenemos grandes aceras que permiten el flujo de peatones con total comodidad. Estas aceras son seguras para los peatones y para los ciclistas. Dos de los problemas que se han detectado son: la falta de rebajes para cruzar la calle, lo que dificulta el paso a personas de movilidad reducida, y también que los usuarios dan por hecho que los semáforos cumplen una serie de ciclos, cuando en algunas veces no es así y esta confusión puede generar accidentes (Ayuntamiento de Valladolid, 2020).

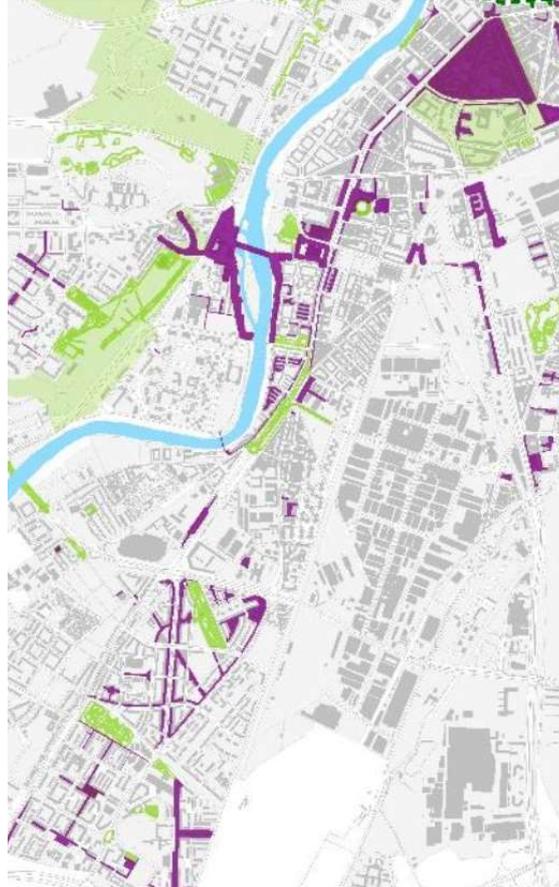


Ilustración 56 Zonas peatonales Paseo Zorrilla.

Fuente: Fuente: Plan Movilidad de Valladolid. Ayuntamiento de Valladolid (2021).

La red ciclista en Valladolid es muy extensa, pero tiene problemas de interconexión ya que existen tres zonas separadas entre sí. También existe un servicio de alquiler de bicicletas llamado Vallabici, que cuenta con 30 estaciones repartidas por toda la ciudad, donde se pueden alquilar bicicletas por muy poco dinero mediante una tarjeta personal.



Ilustración 57 Bicicletas de Vallabici.

Fuente: Vallabici, 2021.

En cuanto a la seguridad de la red ciclista actual, esta es bastante buena ya que los carriles bici suelen estar aislados del resto del tráfico. Sin embargo, actualmente se están introduciendo carriles bici compartiendo carril con el tráfico motorizado, en carriles a 30 km/h, que puede poner en peligro la seguridad del ciclista.

Se puede observar la distribución de la red ciclista en la zona del Paseo Zorrilla y las paradas de préstamo de bicicletas de Vallabici (Ilustración 58).



Ilustración 58 Red ciclista.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2020). Plan General de Ordenación Urbana.

3.3.6.3. Aparcamientos

En Valladolid encontramos cuatro tipos de estacionamientos: en superficie, en zona de estacionamiento regulado (O.R.A.), los disuasorios y los subterráneos. La zona O.R.A se divide en tres grupos: zona azul (rotación normal), zona verde (exclusivo residentes) y zona naranja (rotación alta), con un total de 7.326 plazas. Cuenta también con tres zonas de aparcamientos disuasorios en las afueras de la ciudad, con un total de 1.054 plazas.

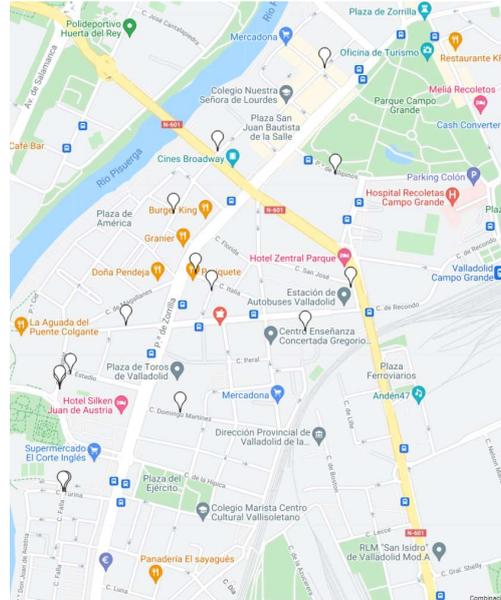


Ilustración 60 Aparcamientos para minusválidos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps, 2021.

3.3.6.4. Transporte público: itinerarios, paradas y uso

Los modos de transporte público que encontramos en esta calle son dos: red de autobuses urbanos y taxis. La red de autobuses urbanos está gestionada por la empresa llamada Autobuses Urbanos de Valladolid S.A. (AUVASA), que ofrece un total de 52 líneas (Ayuntamiento de Valladolid, 2020). En el Paseo Zorrilla podemos observar que a lo largo de todo su recorrido hay distribuidas múltiples paradas de autobús en ambos sentidos. Una de las ventajas que encontramos en el Paseo Zorrilla respecto al transporte público, es que existen unas vías de servicio separadas mediante una mediana que permite realizar las paradas necesarias sin interrumpir el tráfico principal y, en las zonas que no encontramos esa vía separada también se puede ver un carril exclusivo de autobuses y taxis. En la siguiente foto podemos ver que además de la vía lateral para ciertas líneas, existe un carril exclusivo de buses en la vía principal.



Ilustración 61 Distribución actual de la vía lateral y carril bus.

Fuente: Diario de Valladolid, 2020.

Podemos apreciar el aumento del uso del servicio de autobuses con el paso de los años, con datos que nos proporciona AUVASA (2019).

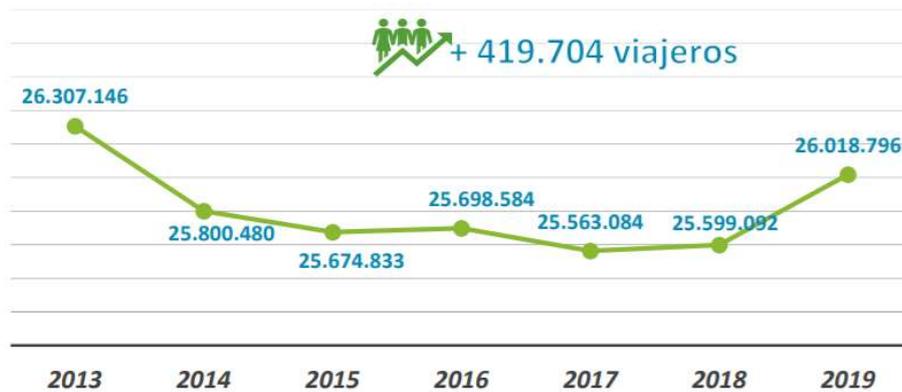


Ilustración 62 Número de viajeros anual.

Fuente: AUVASA, 2019.



Ilustración 63 Red de autobuses urbanos en el Paseo Zorrilla.

Fuente: Oficina de Turismo de Valladolid, 2021.

Existe un servicio de autobús turístico (**Ilustración 64**) también gestionado por AUVASA, que cuenta con 9 paradas a lo largo de un recorrido de 50 minutos, orientado a visitar las zonas más importantes de la ciudad. El autobús tiene un total de 80 plazas y dos pisos (Visitar Valladolid, 2016). El autobús turístico tiene 2 paradas en el Paseo Zorrilla y recorre un pequeño tramo de el por la zona de la Academia de Caballería, Acera Recoletos y Plaza de Toros.



Ilustración 64 Autobús turístico.

Fuente: Ocio Valladolid, 2020.

El otro método de transporte público que existe es el de taxi. Valladolid cuenta con 41 paradas de taxi repartidas por toda su superficie, 6 de ellas localizadas en el Paseo Zorrilla . La tarificación media es de 5 euros aproximadamente. Respecto a la

distribución, cabe señalar que cuanto más céntrica más densidad de paradas encontramos (Ilustración 65). Actualmente además de los taxis existen otras empresas como Cabify y Uber.



Ilustración 65 Situación de las paradas de taxi.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps, 2021.

3.3.6.5. Secciones de los viales más representativos

En este apartado vamos a analizar las cuatro secciones más representativas existentes a lo largo de la calle. En algunos tramos hay pequeñas variaciones como aparcamientos, carriles de espera o pequeñas variaciones de las medidas de las aceras y medianas.

En este mapa se puede observar la posición de cada tipo de sección a lo largo de todo el recorrido. Para cada sección se adjunta un esquema creado con StreetMix (2021) y una imagen real de la sección para poder entenderlo mejor.

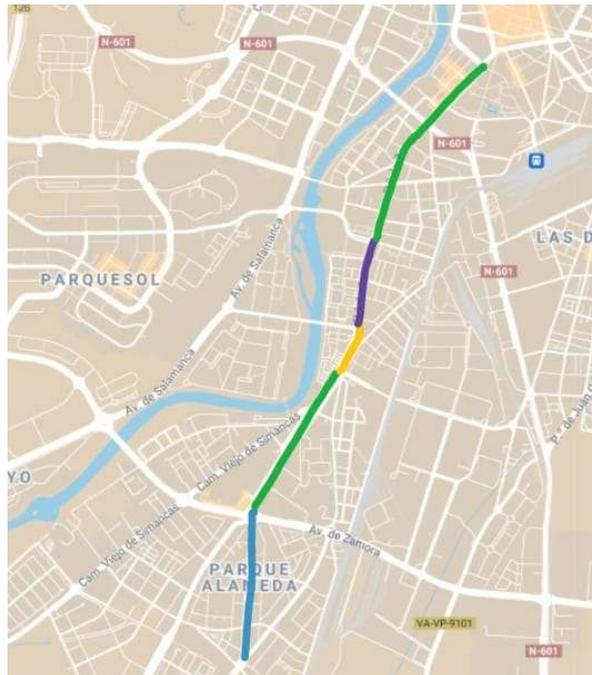


Ilustración 66 Distribución en diferentes secciones.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps, 2021.

Sección 1 (Color verde)

Esta sección se ha usado en dos tramos, el primero va desde la plaza Zorrilla hasta El Corte Inglés, y la segunda desde donde acaba la intersección del Antiguo Matadero hasta el centro comercial Vallsur.

Esta sección es la más ancha que encontramos a lo largo del Paseo Zorrilla, tiene una anchura aproximada de 62 metros. En algunos tramos varían las medidas de las aceras y aparcamientos, pero la estructura de carril de servicio a cada lado separado, carril de prioridad de autobuses y taxis, dos carriles de conducción y mediana se mantiene.

En la dirección sur al lado derecho tenemos aparcamientos en ángulo y al otro lado en línea. La mediana de aproximadamente 2 metros presenta un bordillo que delimita los carriles y con arbustos para evitar deslumbramientos del carril contrario, los dos carriles interiores de 3 metros son usados por vehículos particulares, mientras que el tercer carril es de uso exclusivo para buses y taxis y vehículos de emergencias. Separando esos tres carriles mediante una mediana con árboles, encontramos una vía de servicio, que está destinada para los vehículos privados que busquen aparcamientos, autobuses porque tienen las paradas en la vía de servicio y también para bicicletas. Estos carriles

son de 3,6 metros que es lo idóneo para carril compartido y una velocidad máxima de 25 km/h ([Ilustraciones 67 y 68](#)).

Sección 2 (Color morado)

Esta sección tiene un solo tramo que va desde El Corte Inglés hasta el comienzo de la intersección del Antiguo Matadero.

Esta sección es más simple que la anterior, está diseñada para un ancho de calle de aproximadamente 42 metros de plataforma. Consta de grandes aceras de casi 9 metros con bancos y árboles. Tiene tres carriles para cada sentido separados por la misma mediana anterior de 2 metros con bordillos y arbustos. Los dos carriles interiores sirven para turismos particulares y el más externo para autobuses y taxis, y en ciertas intersecciones pueden ser invadidos por los vehículos privados para realizar el giro a la derecha ([Ilustraciones 69 y 70](#)).

Sección 3 (Color amarillo)

Esta sección tiene menos longitud que el resto de las existentes, pero con una plataforma de casi 60 metros tiene gran importancia, ya que la mediana que encontramos que está ocupada por fuentes o vegetación tiene algo más de 20 metros, aunque su tamaño es variable. Esta zona que corresponde con el centro cívico conocido como el Antiguo Matadero, tiene aparcamiento de bicicletas a un lado y al otro aparcamiento de vehículos en línea. En sentido hacia la plaza Zorrilla hay tres carriles y en el sentido contrario cuatro, en este tramo no encontramos carril exclusivo de autobuses ya que es una zona en la que hay varios giros y cambios de sentido ([Ilustraciones 71 y 72](#)).

Sección 4 (Color azul)

Esta sección se encuentra en el extremo sur del Paseo Zorrilla, tiene una plataforma de 52 metros bastante uniforme a lo largo de todo el recorrido. Cuenta con aceras de 7 metros, carril bici para cada sentido, aparcamiento en línea en cada sentido. Dispone de una vía de servicio en cada sentido donde tiene prioridad el autobús, ya que las paradas se encuentran en esa parte y el carril es de 3,6 metros para facilitar las maniobras y no interrumpir el tráfico principal. Cuenta además con dos carriles por sentido para vehículos privados de 3,2 metros cada uno ([Ilustraciones 73 y 74](#)).

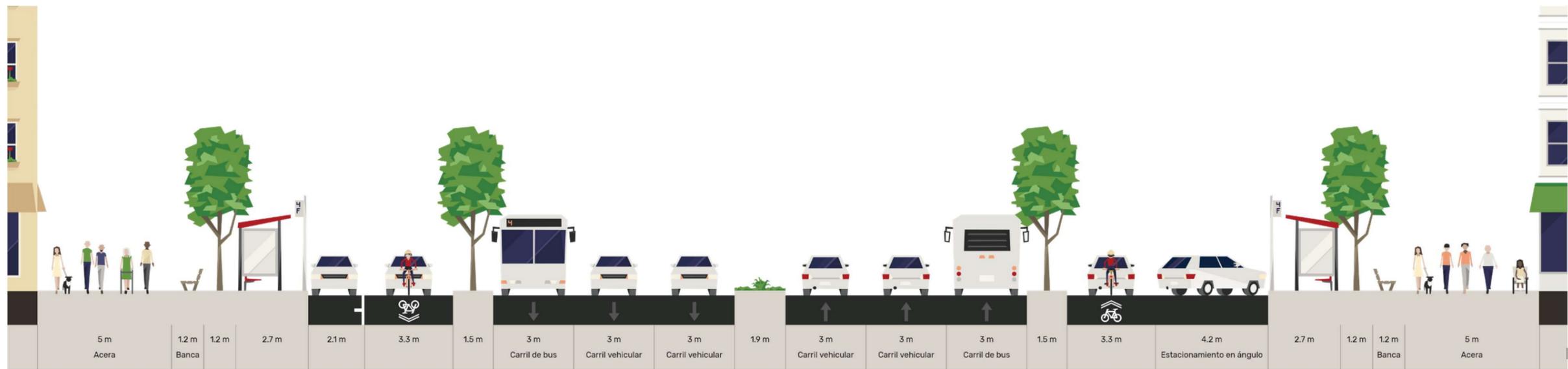


Ilustración 67 Diseño actual de la sección 1 del Paseo Zorrilla.

Fuente: Elaboración propia con el programa StreetMix.



Ilustración 68 Imagen de la sección 1 en la actualidad.

Fuente: Google Maps, 2021.

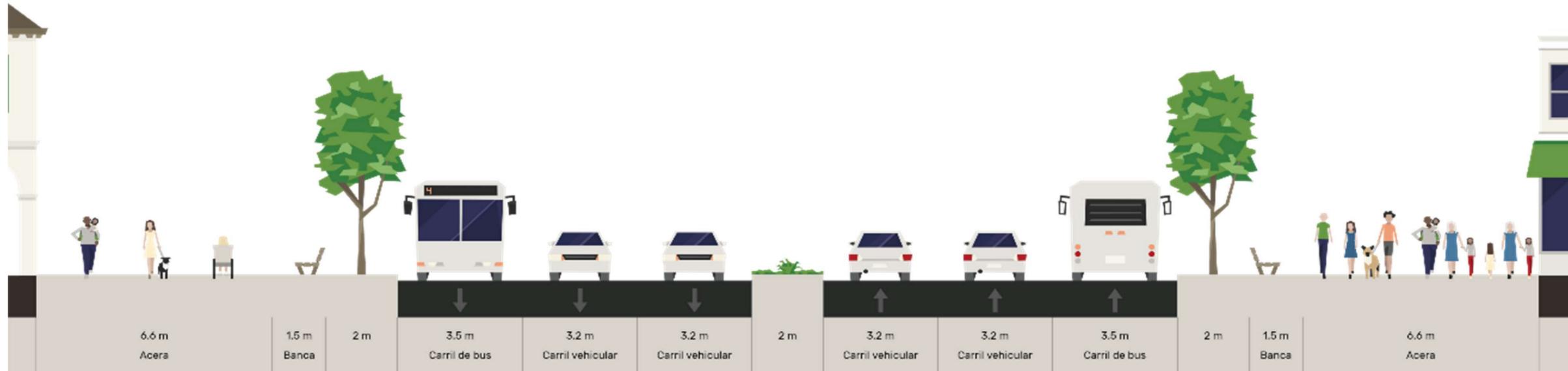


Ilustración 69 Diseño actual de la sección 2 del Paseo Zorrilla.

Fuente: Elaboración propia con el programa StreetMix.



Ilustración 70 Imagen de la sección 2 en la actualidad.

Fuente: Google Maps, 2021.

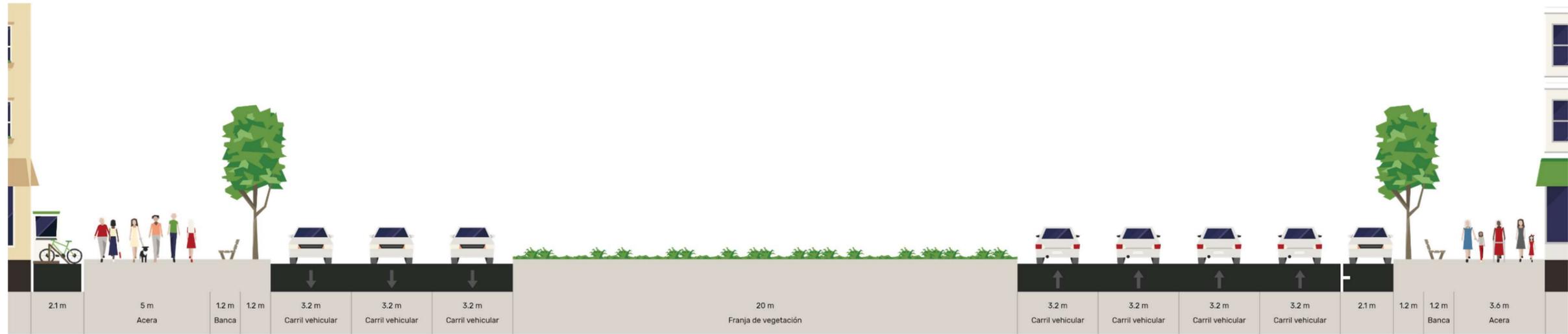


Ilustración 71 Diseño actual de la sección 3 del Paseo Zorrilla.

Fuente: Elaboración propia con el programa StreetMix.



Ilustración 72 Imagen de la sección 3 en la actualidad.

Fuente: Google Maps, 2021.

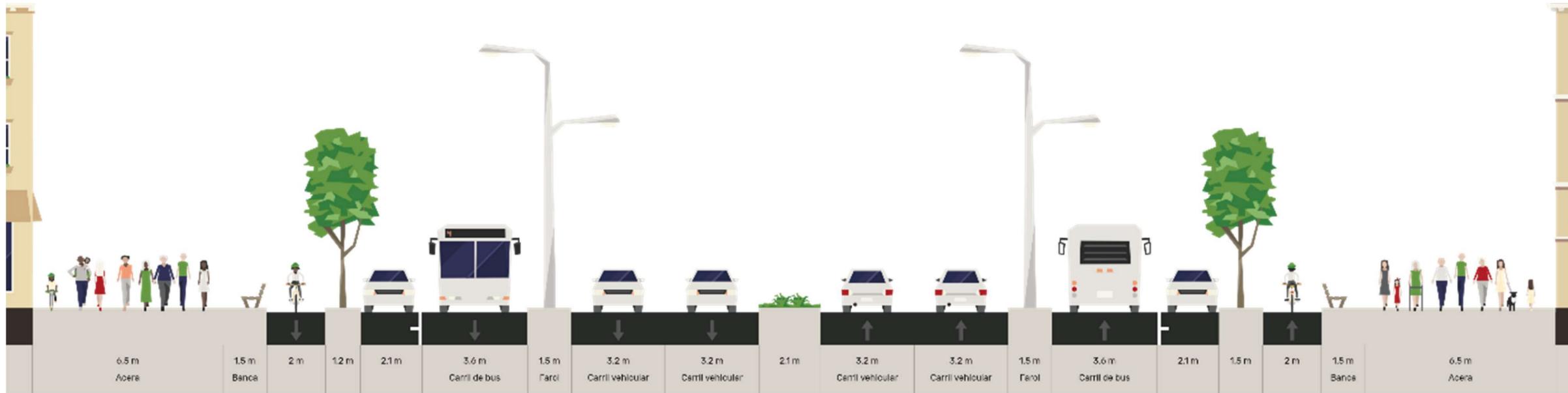


Ilustración 73 Diseño actual de la sección 4 del Paseo Zorrilla.

Fuente: Elaboración propia con el programa StreetMix.



Ilustración 74 Imagen de la sección 4 en la actualidad.

Fuente: Google Maps, 2021.

3.3.7. Calidad ambiental

Tener un buen nivel de calidad ambiental es fundamental para una gran ciudad, siendo importante tanto para la salud de sus ciudadanos como para su calidad de vida. Uno de los puntos fuertes de la introducción de los vehículos autónomos es reducir la contaminación, tanto acústica como de emisiones nocivas, algo que se conseguiría en gran medida, al menos de forma local, mediante los vehículos 100% eléctricos.

NÚMERO DE DÍAS CON MALA CALIDAD DEL AIRE DURANTE 2018, POR ESTACIONES

Estación	Cont.	Guía	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Arco Ladrillo	PM ₁₀	50	(91)	(29)	(3)	(7)	(6)	(19)	(7)	(5)	(7)	(11)	(3)	(13)	(4)
La Rubia	PM ₁₀	50	(43)	(21)	(22)	(15)	(6)	(24)	(16)	(4)	(11)	(11)	(8)	(13)	(2)
Vega Sicilia	PM ₁₀	50	(29)	(22)	(20)	(8)	(8)	(23)	(16)	(5)	(16)	(9)	(2)	(15)	(6)
P. Poniente	PM ₁₀	50	(26)	---	(4)	(6)	(8)	(20)	(8)	(1)	(11)	(15)	(5)	(12)	(5)
Renault 2	PM ₁₀	50	(1)	(32)	(27)	(45)	(25)	(22)	(13)	(4)	(7)	(0)	(3)	(19)	(10)
Renault 3	PM ₁₀	50	(8)	(7)	(2)	(20)	(6)	(0)	(0)	(0)	(6)	(0)	(2)	(9)	(4)
Arco Ladrillo	PM _{2,5}	25	---	---	(4)	(18)	(14)	(15)	(9)	(6)	(5)	(11)	(3)	(8)	(7)
La Rubia	PM _{2,5}	25	---	---	(13)	(30)	(13)	(25)	(15)	(7)	(5)	(19)	(15)	(19)	(1)
Vega Sicilia	PM _{2,5}	25	---	---	(7)	(18)	(12)	(21)	(5)	(8)	(10)	(7)	(1)	(3)	(0)
P. Poniente	PM _{2,5}	25	---	---	(2)	(15)	(13)	(11)	(5)	(7)	(3)	(8)	(2)	(6)	(0)
Vega Sicilia	Ozono	100	(34)	(36)	(34)	(36)	(62)	(59)	(44)	(53)	(34)	(55)	(47)	(51)	(54)
P. Poniente	Ozono	100	(60)	(42)	(44)	(51)	(57)	(53)	(41)	(30)	(48)	(51)	(45)	(46)	(59)
Sur	Ozono	100	---	---	---	---	---	---	---	(58)	(59)	(79)	(59)	(52)	(78)
Paseo Cauce	Ozono	100	(48)	(34)	(49)	(22)	(35)	(33)	(62)	(64)	(43)	(63)	(17)	(71)	(66)
F. Berrocal	Ozono	100	(71)	(74)	(78)	(17)	(30)	(55)	(52)	(65)	(41)	(68)	(70)	(61)	(82)
Renault 1	Ozono	100	---	---	---	---	---	(54)	(78)	(43)	(73)	(72)	(71)	(102)	(117)

Tabla 16 Días con mala calidad de aire.

Fuente: Plan Movilidad de Valladolid. Ayuntamiento de Valladolid (2021).

El nivel de calidad del aire en Valladolid ha ido mejorando con el paso de los años, ya que se han potenciado medios de transporte públicos, eléctricos y no motorizados como la bicicleta. Pero sigue estando en la lista de ciudades que superan el límite dictado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre concentración de partículas en suspensión PM_{2.5}, que está fijado en 10 microgramos/m³ (Ayuntamiento de Valladolid, 2021). Cuando salta la alarma en alguna de las estaciones de control, se corta el tráfico en zonas céntricas hasta que se vuelve a los niveles normales. De momento Valladolid no cuenta con un plan para solucionar este problema, pero con el paso del tiempo mejorarán los índices con la generalización de los vehículos eléctricos y se propondrá una estrategia de actuación.

Tres estaciones afectan al Paseo Zorrilla en el día 23/08/2021 (Ilustración 75). Puede observarse que el nivel es adecuado en las dos más alejadas del centro, pero en la que se encuentra en el Campo Grande presenta un mal nivel de calidad del aire.

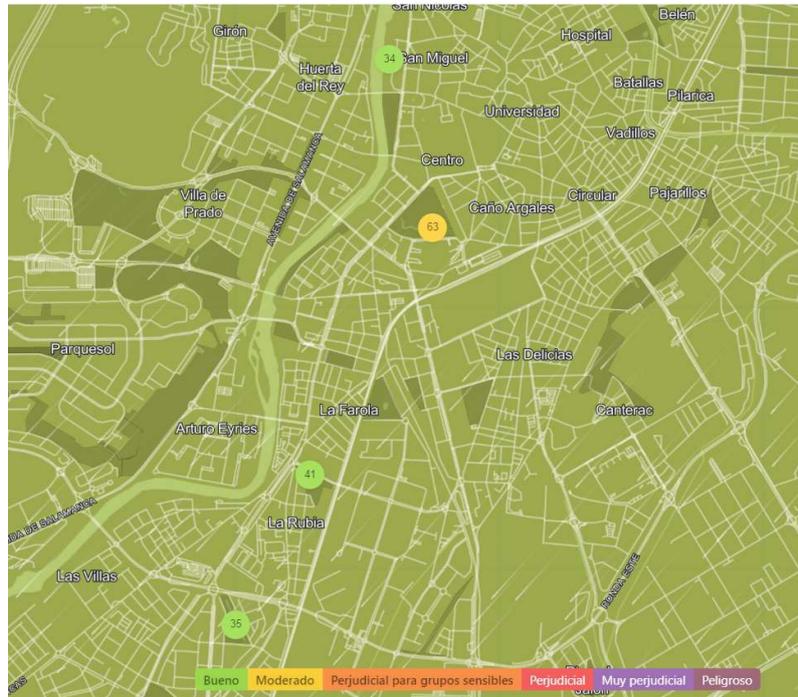


Ilustración 75 Calidad del aire Valladolid.

Fuente: Iqair, 2021.

Otro tema que afecta mucho a la calidad ambiental de los ciudadanos y que es causada en su mayor parte por el sector del transporte, es la contaminación acústica. Los vehículos autónomos eléctricos reducirán notablemente este problema.

La contaminación acústica tiene varios factores que influyen mucho como son la velocidad, el estado del vehículo, las características de la vía, el tipo de combustión y la intensidad de vehículos. El límite máximo para la salud que marca la ley está en 75 dB. Y en el Paseo Zorrilla durante el día llega a magnitudes de 70 a 78 dB, por lo que, en algunas situaciones, se supera el límite recomendado. Esto se debe a que es una calle con una gran IMD y a, una velocidad de conducción por lo general por encima del límite legal que es de 50 km/h y 25 km/h en las vías de servicio, a pesar de todas las estrategias de calmado de tráfico que se han impuesto. Se puede ver que en el Paseo Zorrilla el nivel es alto, pero en las calles adyacentes disminuye por debajo del límite.



Ilustración 76 Mapa de ruido Valladolid.

Fuente: Ayuntamiento de Valladolid (2021.) Plan Movilidad de Valladolid.

3.3.8 Aportación ciudadana

Existe un apartado en el Plan Movilidad de Valladolid (Ayuntamiento de Valladolid, 2021), donde los ciudadanos pueden participar. Los ciudadanos han señalado ciertos puntos donde existe incertidumbre y miedo, lugares donde la gente no se siente cómoda y segura. Gracias a esta participación el ayuntamiento puede saber dónde están los problemas para poder resolverlos. Alguno de estos problemas se soluciona simplemente con mejor iluminación. En el Paseo Zorrilla vemos el problema de los obstáculos y muros, en el que se podría mejorar eliminándolos y dotando estas zonas de mayor luz.



Ilustración 77 Mapa de miedo.

Fuente: Plan Movilidad de Valladolid. Ayuntamiento de Valladolid (2021).

3.4. Diagnóstico

El mayor problema que encontramos en el Paseo Zorrilla es el de la contaminación, ya que tanto a nivel de calidad del aire como de contaminación acústica se encuentra por encima de los máximos recomendados. Sin embargo, este problema tiene mejor pronóstico con la generalización de los vehículos eléctricos. Otro problema está en la red ciclista, instalada a lo largo de todo el Paseo Zorrilla, pero sin conexión con el resto de la red, y con algunos tramos son carril compartido con vehículos que los hace más inseguros. Existen problemas de déficit de equipamientos en las zonas periféricas, lo que obliga a sus habitantes a desplazarse al centro.

Como puntos fuertes podemos destacar las amplias aceras que ofrecen comodidad y posibilidad de ser zonas de ocio, como terrazas, la existencia de zonas verdes en todo su recorrido y su capacidad de conectar la ciudad con los municipios adyacentes y con las autovías y autopistas que lo hacen ser una arteria principal de la ciudad.

	Análisis/Diagnóstico	Propuestas
Marco socioeconómico	Población envejecida en el centro y más joven en la periferia. Su economía se basa en el sector servicios y oficinas.	Mejorar accesibilidad población mayor. Al no ser muy denso potenciar la economía del sector terciario en la periferia.
Marco territorial	Calle que va desde el centro urbano a las afueras conectando todas las rondas y vías interurbanas.	Potenciar la conexión con las rondas y accesos a la ciudad.
Usos del suelo	Básicamente uso residencial, un poco comercial en el centro.	Potenciar otros usos en el espacio liberado.
Patrimonio	Gran concentración de patrimonio histórico y cultural en el tramo céntrico, pero poco protegidos.	Mejorar la conservación del patrimonio y potenciar su atracción turística.
Equipamientos	Por lo general tiene buena distribución de equipamientos. Hace falta algún equipamiento sanitario más por la zona sur.	Crear equipamiento sanitario en la zona periférica de la ciudad.
Espacios libres	El Paseo Zorrilla está bien dotado de espacios verdes, faltan parques infantiles en la zona sur.	Construir parques infantiles en la zona de nueva construcción, donde hay familias más jóvenes.
Estructura red viaria	Gran comodidad para conducción, se echan de menos más cambios de sentido y una buena señalización que no cause confusiones.	Crear más glorietas partidas en las intersecciones para poder realizar los giros y cambios de sentido, poner señalización clara y fácil de entender.
Movilidad ciclista	Gran red ciclista a lo largo de la calle, pero poca conexión con otros carriles bici. Carril compartido en algún tramo con autobuses y coches eso puede ser peligroso.	Tener todos los carriles bici bien aislados y seguros. Crear conexiones con las otras zonas de carril bici.
Movilidad peatonal	Las aceras son de gran amplitud y permiten flujo de personas sin problemas y de manera cómoda, hay muchos semáforos que interrumpen esta movilidad.	Crear sombras en la última parte del Paseo para poder caminar cómodamente, rebajar los pasos de cebras para personas con movilidad reducida.
Aparcamiento	Es una zona con muy pocos aparcamientos, al ser residencial hace falta más aparcamientos en las calles anexas a la calle.	Poder facilitar plazas de los aparcamientos subterráneos a los residentes de la zona.
Transporte público	Solo funcionamiento de autobuses, con paradas muy separadas entre ellas.	Intentar incorporar algún método de transporte público sostenible como el tranvía o el metro, reducir espacio entre las paradas de bus.



Contaminación acústica	Los niveles acústicos medios se encuentran por encima del máximo recomendable.	Incorporar barreras acústicas o reducir velocidad máxima permitida en los tramos más conflictivos.
Contaminación del aire	La calidad del aire puede llegar a ser perjudicial, esto es producido en mayor parte por los vehículos de combustión.	Mantener el centro sin tanta densidad de vehículos contaminantes.
Miedo	Zonas muy poco iluminadas de noche que generan incomodidades y miedo.	Iluminar las zonas que los ciudadanos consideren que lo necesitan y así reducir este miedo.

Tabla 17 Análisis y diagnóstico de la calle seleccionada.

Fuente: Elaboración propia.

4. Ordenación y diseño

4.1. Objetivos y estrategias de ordenación

Con la introducción de los vehículos autónomos en las ciudades pueden ocurrir grandes cambios, como de la mejora de la seguridad vial, cambios socioeconómicos, reducción en la contaminación tanto acústica como de emisiones nocivas... Entre estos, el cambio que más afecta a la estructura urbana es el de la liberación de espacio. Este espacio es liberado de los aparcamientos, ya que los vehículos autónomos son capaces de aparcar por si solos en grandes extensiones a las afueras, y de la eliminación de carriles innecesarios, ya que se piensa en la menor necesidad de espacio de los vehículos autónomos para circular y maniobrar, en un contexto probable o al menos deseable de reducción del parque total de vehículos privados. Además, se prevé que los vehículos autónomos no necesitan tanto espacio para maniobrar como cuando interviene el ser humano, luego los carriles que permanezcan no necesitan ser tan anchos.

El principal objetivo es dar un nuevo uso al espacio que se va a liberar, se va a usar para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Se destinará a mejorar la movilidad sostenible como la red para bicicletas, patinetes eléctricos, monopatines. Se crearán más áreas verdes y se mejorará la accesibilidad para personas con movilidad reducida.

También se puede destinar a resolver el déficit de equipamientos e infraestructuras, como proporcionar un espacio de estacionamiento y carga para los vehículos autónomos.

Otro objetivo es intentar que no se produzcan muchas detenciones de tráfico, intentar que el flujo de vehículos, bicicletas y peatones sea lo más fluido posible, y que el carril bici tenga continuidad y conexiones con el resto de la red.

Las estrategias se van a realizar dependiendo de las necesidades detectadas en el diagnóstico, y acorde a todo lo expuesto en la literatura especializada en la que hemos investigado.

[4.2. Propuesta de ordenación de usos y diseño de la calle](#)

La propuesta que se plantea se divide en cinco tipos de medidas diferentes. Al tener una sección bastante parecida y una plataforma de tamaño uniforme que varía solo en el ancho de la acera, la primera sería la reestructuración de la sección base de todo el paseo, en la que se propone un carril bici sin interrupciones, una mediana peatonal y el mantenimiento de un carril de acceso para no interrumpir el tráfico principal con las paradas para carga y descarga de mercancías y personas.

En segundo lugar, se plantea dar nuevos usos a las superficies de aparcamiento que se encuentran en el carril de acceso y, tal y como propone la NACTO (2019) permitir darles diferentes usos a lo largo del día, desde zona de carga y descarga, a zona de ocio y aparcamiento durante la noche.

En tercer lugar, encontramos varias intersecciones semafóricas. Según los estudios realizados por la NACTO (2019), es mejor una conducción lenta y constante que una rápida y con parones. Por esa razón creemos que es mejor introducir glorietas en esas intersecciones para cumplir con los objetivos previstos y poder mantener un flujo constante. Además, en esas glorietas nuevas y en las que ya existen se va a reducir el número de carriles y se va a introducir un carril bici para poder darle continuidad a lo largo del Paseo Zorrilla.

En cuarto lugar, se propone la introducción de los elementos urbanos. Entre estos están las barreras de protección en el carril bici consideradas elementos de seguridad y también aquellos necesarios para el uso de los vehículos autónomos, como los cargadores y señalización específica para los vehículos autónomos.

En último lugar, se plantea la adaptación de un aparcamiento disuasorio. La organización actual de este aparcamiento está diseñada para los vehículos privados actuales. Con la introducción de los vehículos autónomos este espacio se podría optimizar.

La distribución de las diferentes propuestas (*Ilustración 78*) es muy similar a lo largo de todo el paseo, salvo el aparcamiento que es una actuación de carácter más puntual. Todas estas propuestas se describen con más detalle en los apartados que se desarrollan a continuación.

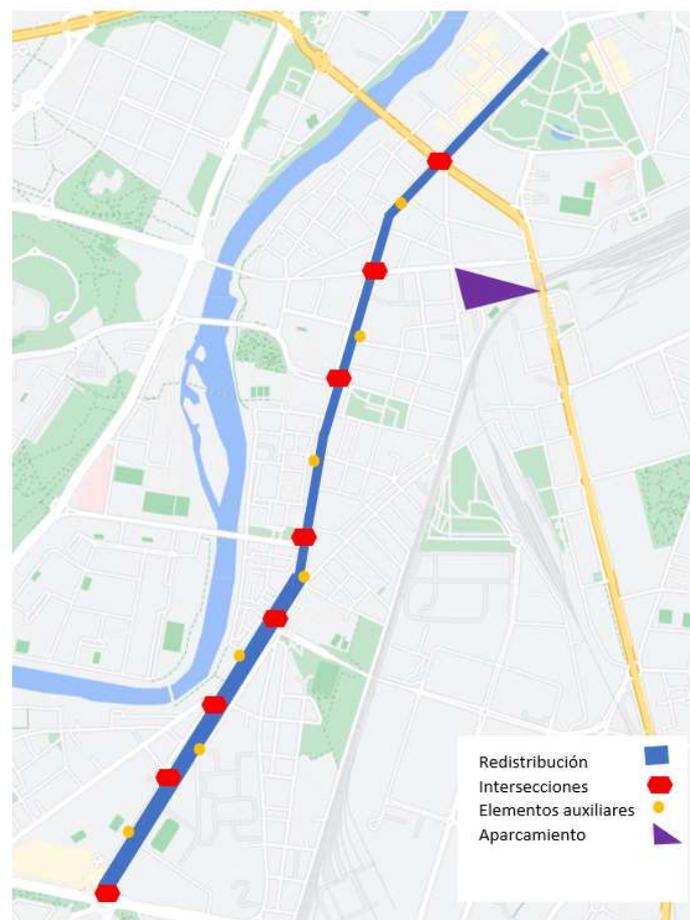


Ilustración 78 Situación de las actuaciones.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps, 2021.

4.2.1. Reestructuración de la sección principal

La sección que predomina a lo largo de todo el Paseo Zorrilla tiene mucha superficie destinada a carriles y aparcamientos, que con la introducción de los vehículos autónomos ya no va a ser necesaria. Gracias a esta liberación de espacio, vamos a poder generar una mediana peatonal, un carril bici con separación segura de los vehículos y dar nuevos usos a los aparcamientos que se detallarán más adelante.

Para poder dar accesibilidad a todas las personas, el firme, las aceras y el carril bici se propone que estén a la misma altura. Según la NACTO (2019), los peatones deberían ser capaces de cruzar de un lado al otro a cualquier altura de la calle, esto será posible con la velocidad moderada de los vehículos y bicicletas, poco espacio entre zonas peatonales, todo el firme a la misma altura y sin obstáculos que impidan cruzar, pero a su vez con obstáculos que ofrezcan seguridad como macetas, pivotes para los carriles bici e incluso se pueden usar árboles.

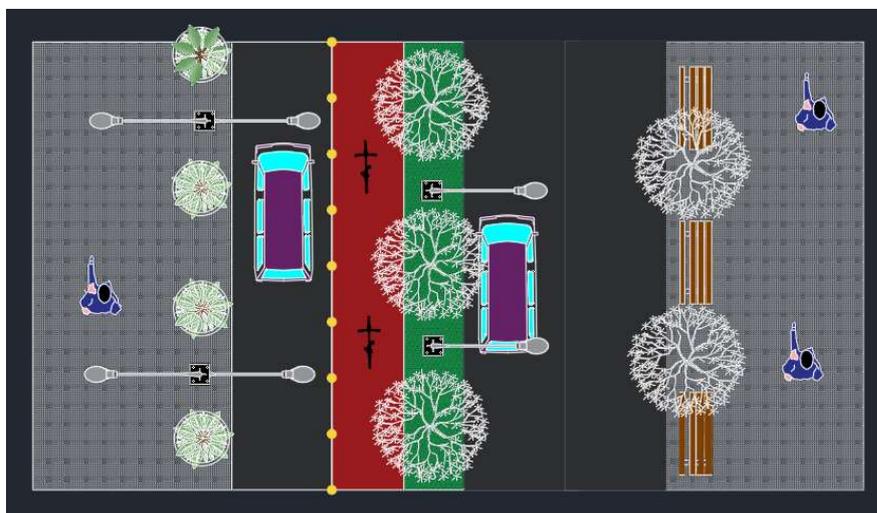


Ilustración 79 Vista en planta de media sección propuesta.

Fuente: Elaboración propia con AutoCad3D.

La nueva sección propuesta, cuenta con una mediana peatonal muy amplia, por lo que tiene todas las comodidades para disfrutar del paseo. La seguridad respecto al carril de vehículos, contiguo se consigue mediante macetas con separación entre ellas. Esta separación permite que se pueda cruzar sin problemas. Los carriles de conducción son



más estrechos ya que los vehículos autónomos no necesitan tanto espacio para circular y maniobrar.

Contiguo al carril para vehículos se plantea implantar un carril bici separado por bolardos. Luego separado mediante una fila de árboles se encuentra la vía de servicio, en la que pueden circular los vehículos de carga y descarga, de emergencias, los vehículos que vayan a girar en una intersección, y los vehículos que vayan a dejar o recoger pasajeros.

Por último, entre la calzada y la acera está la zona de aparcamiento antigua a la que se le van a dar nuevos usos que serán variables según el momento del día, tales como terrazas, aparcamiento de vehículos pesados o a puntos de recogida y bajada de pasajeros.

Con esta transformación hemos pasado de un total de 6 carriles de 3 metros aproximadamente y 3,6 metros de la vía de servicio a 2 carriles de 2,8 y 2 carriles de 3,2 metros. Además, se han eliminado los 2,5 metros de aparcamiento en los casos del aparcamiento en línea y 4,5 metros en los aparcamientos en ángulo, es decir, de la plataforma que teníamos de 62 metros hemos ganado, dependiendo del tipo de aparcamiento, 18,2-20,2 metros para otorgar más espacio a la movilidad peatonal y mejorar la calidad de vida, lo que supone un aumento del 29,3% a 32,6% de superficie total de la plataforma.

Espacio liberado	Aparcamientos	Carriles
En la plataforma de 62 m.		
Aparcamiento en línea	2,5m+2,5m = 5 metros 5m/62m = 8%	6c*3m+2c*3,6m-2c*2,8m-2c*3,2m=13,2 m 13,2m/62m= 21,3%
Aparcamiento en línea + Aparcamiento en ángulo	2,5m+4,5m = 7 metros 7m/62m = 11,3%	6c*3m+2c*3,6m-2c*2,8m-2c*3,2m=13,2 m 13,2m/62m= 21,3%

Tabla 18 Espacio total liberado.

Fuente: Elaboración propia.

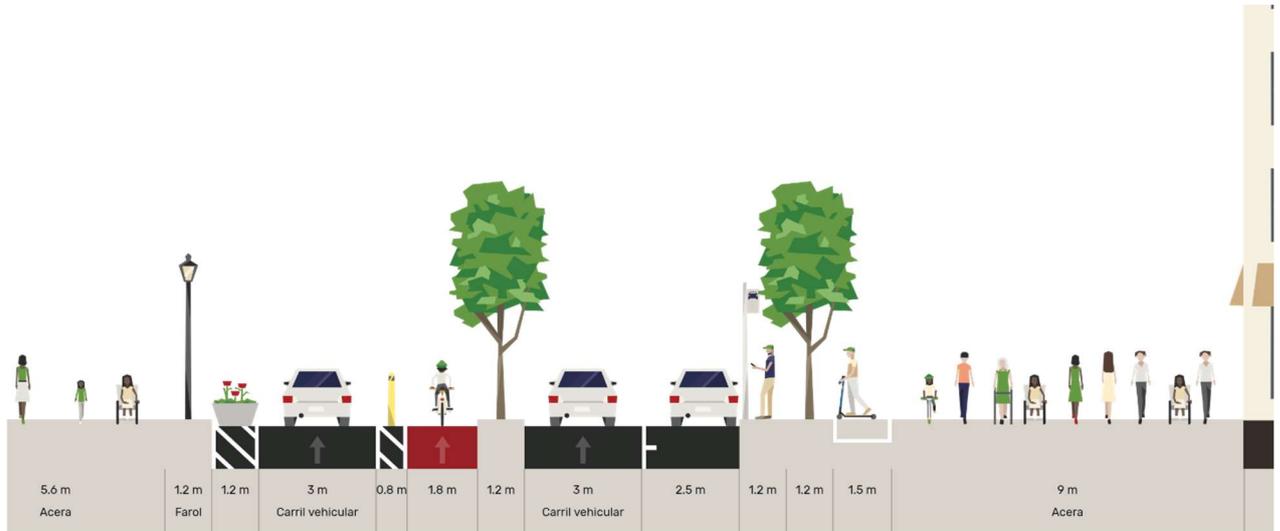


Ilustración 80 Propuesta de media sección principal.

Fuente: Elaboración propia con el programa StreetMix.



Ilustración 81 Sección principal en la actualidad.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 82 Propuesta de sección principal.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Nuevos usos para espacio liberado en aparcamientos

Con la introducción de los vehículos autónomos ya no es necesaria tanta superficie destinada a aparcamiento, sobre todo en el interior de la ciudad. Estos vehículos son capaces de ir a aparcamientos en las afueras donde se cargan y pueden volver a su funcionamiento cuando sea oportuno.

Con esa ventaja que nos ofrece la innovación tecnológica podremos liberar gran cantidad de espacio. En el Paseo Zorrilla tenemos grandes filas de aparcamiento en línea y en ángulo, que normalmente se encuentran en las vías de servicio ([Ilustración 83](#)). La propuesta es darle nuevos usos a ese espacio. Este espacio puede además tener diferentes usos dependiendo de la hora del día (NACTO, 2019).



Ilustración 83 Aparcamiento en la vía de servicio en la actualidad.

Fuente: Elaboración propia.

Por la mañana (6:00-11:00): Este espacio por las mañanas podría ser destinado a diversos usos, tales como vehículos de carga y descarga zonas de carga y descarga de los vehículos que realicen el reparto de mercancía en los establecimientos de la calle (Ilustración 84). Actualmente existen espacios reservados para esta acción, pero se muestran insuficientes, ya que también se encuentran muchas furgonetas y camiones estacionados en doble fila lo que genera atascos. Asimismo, considerando que por las mañanas también llegarán los trabajadores de los establecimientos o a los colegios, se reservará espacio para que puedan bajar de los vehículos. Además, se plantea la ubicación de terrazas en estos espacios para que los establecimientos puedan ofrecer desayunos y almuerzos, de forma que no ocupen tanto la calle y entorpezcan el paso de los peatones. Otra alternativa sería instalar un mercado para comprar productos frescos (Ilustración 85).



Ilustración 84 Vehículos de carga y descarga.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 85 Puestos de fruta y vehículos de transporte.

Fuente: Elaboración propia.

A mediodía (11:00-16:00): A última hora de la mañana suelen llegar los paquetes al domicilio de los clientes. También coincide con el horario de salida de los colegios, y con el cambio de turno de los trabajos, es decir, habrá una gran afluencia de vehículos para dejar y recoger personas. Otro de los usos que se plantean en el espacio liberado en estas horas del día son los puestos de comida en la calle, y las terrazas de los establecimientos de restauración ([Ilustración 86](#)).



Ilustración 86 Terraza y servicio de paquetería.

Fuente: Elaboración propia.

Por la tarde (16:00-00:00): A partir de las 16:00 todo el transporte de mercancías que ha habido por la mañana se convierte en transporte de personas ([Ilustración 87](#)). Se

propone que estos espacios se transformen en terrazas para tomar algo o cenar y hacer vida social ([Ilustración 88](#)).



Ilustración 87 Transporte público autónomo por la tarde.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 88 Terraza y vehículos de transporte.

Fuente: Elaboración propia.

Durante la noche (00:00-6:00): Durante la noche el movimiento de personas es muy bajo hasta las primeras horas de la mañana, por lo que es el mejor momento para el movimiento de mercancías pesadas ([Ilustración 89](#)). Con el movimiento de vehículos grandes y pesados por la noche se evita incrementar la congestión durante el día en las principales arterias de la ciudad. por lo que se propone que la vía de servicio tenga un carril más amplio, de 2,8 metros.



Ilustración 89 Transporte nocturno de mercancías pesadas.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Incorporación y reestructuración de glorietas

A lo largo del Paseo Zorrilla nos encontramos 11 grandes intersecciones, de las cuales, 6 están resueltas con semáforos y 5 con glorietas partidas o glorietas. Según los estudios de la NACTO (2019), las intersecciones más favorables para los vehículos autónomos son las glorietas, al estar demostrado que es mejor la circulación lenta y continua que la rápida con paradas y arrancadas. Por esa razón, se decide remodelar todas las intersecciones existentes con este modelo de glorieta.



Ilustración 90 Intersecciones principales resueltas con glorietas o semáforos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps, 2021.

La glorieta propuesta tendría dos carriles para asegurar la continuidad del tráfico, el carril interior sería de 2,8 metros que es la anchura suficiente para los vehículos autónomos, y el exterior de 3,6 metros para ofrecer más maniobrabilidad a los vehículos más grandes y dar margen de seguridad al carril bici.

Las glorietas eliminan por lo tanto uno de sus carriles que está destinado a dar continuidad al carril bici. Sin embargo, este no adopta totalmente la posición del carril exterior que eliminamos, ya que si un ciclista quiere continuar recto y un coche desea girar habría un conflicto y el coche se quedaría parado en medio de la glorieta obstaculizando el paso del resto. Por eso, el carril bici atraviesa la intersección por donde

se encontraban antes los pasos de cebra, para que si algún coche tiene que parar no entorpezca el tráfico de la glorieta.

Con este cambio se consigue una continuidad del carril bici de forma totalmente segura y también se optimiza el funcionamiento del tráfico para los vehículos autónomos. Así se pasa de una glorieta partida (*Ilustración 91*) a una glorieta preparada para vehículos autónomos (*Ilustración 92*), donde la isleta central se ha representado en área verde y el recorrido del carril bici con color rojo.



Ilustración 91 Glorieta en la actualidad.

Fuente: Elaboración propia.

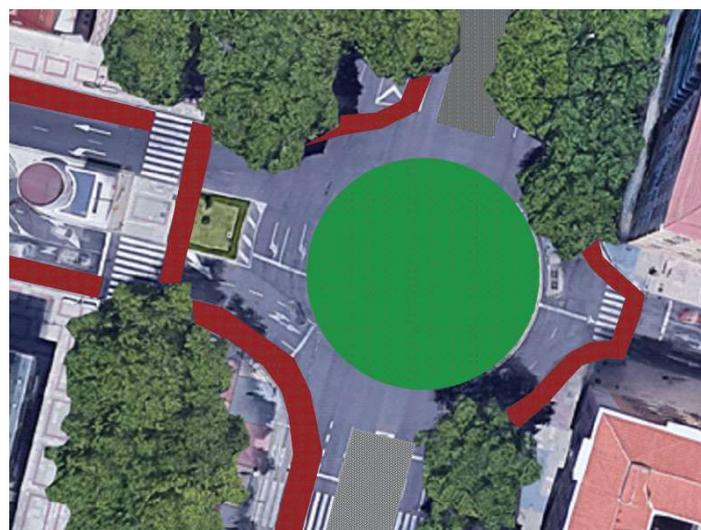


Ilustración 92 Propuesta de glorieta tipo.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Introducción de elementos urbanos

La incorporación de los vehículos autónomos a las ciudades trae consigo la introducción de elementos que apoyan y son necesarios para el funcionamiento de este nuevo sistema. La presencia de las estaciones de carga y puntos de movilidad son, por lo tanto, necesarios para el correcto funcionamiento de los nuevos modos.

Como puntos de movilidad se pueden usar los lugares que antes estaban destinados a paradas de autobús, teniendo el acceso directo al lugar de parada, y dado que en muchos casos ya cuentan con zonas de espera con marquesinas. Como en la ilustración que vemos a continuación ([Ilustración 93](#)), podemos observar una zona de parada del autobús en la que no interrumpe ningún carril y además es suficientemente grande para albergar vehículos de transporte público. Este área cuenta también con una zona de espera con asientos, techo e información acerca de recorridos y tiempos de espera. Otra propuesta para estos lugares es la de poner una carga inalámbrica en el lugar de parada, para optimizar al máximo la continuidad del servicio. Esta tecnología, que ya existe por ejemplo para los dispositivos móviles, en el mundo de los vehículos autónomos puede estar presente en un futuro, aunque deberán adaptarse los vehículos y los sistemas de carga para que sea funcional.



Ilustración 93 Parada de bus actual.

Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 94 Punto de movilidad con carga inalámbrica.

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha dicho anteriormente, se piensa que los vehículos autónomos serán vehículos 100 % eléctricos, y que existirán grandes extensiones de aparcamientos para que vayan solos a recargar sus baterías cuando lo necesiten, pero en ciertas ocasiones, los vehículos necesitarán recargar sus baterías por múltiples razones. Puede ocurrir que los vehículos no tengan suficiente autonomía para llegar a un aparcamiento de la periferia y necesiten una pequeña recarga auxiliar para poder llegar, otras veces los vehículos de mercancías pueden necesitar recargar para optimizar la ruta. Por ello, en el Paseo Zorrilla se han colocado varias estaciones de carga individuales en lugares que antes estaban destinados para estacionamiento temporal del servicio de mensajería de correos.

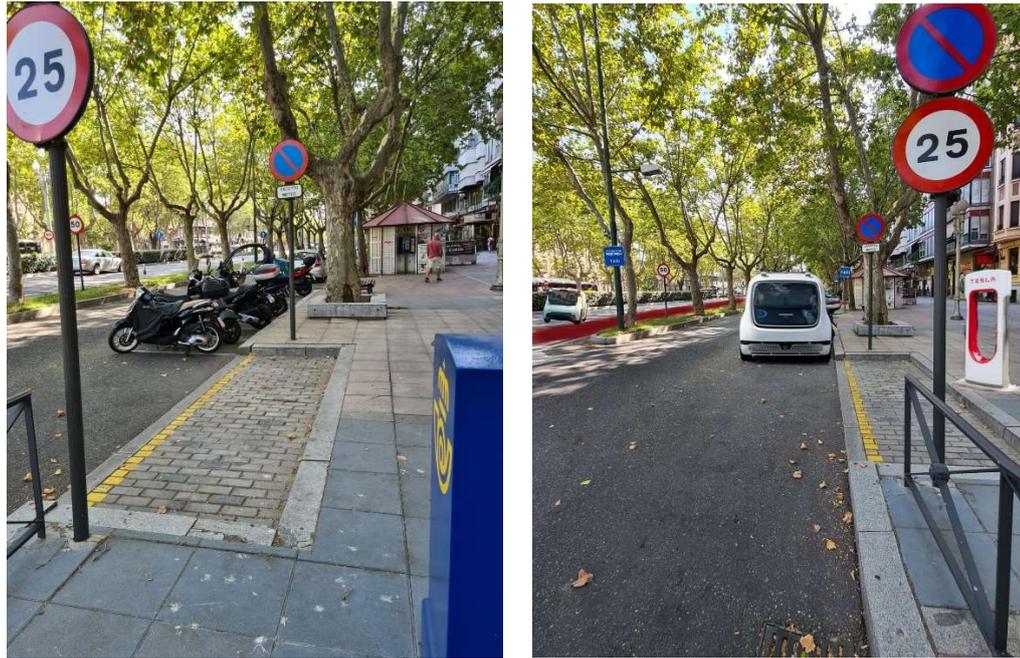


Ilustración 95 Estación de una carga auxiliar, antes y después.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Adaptación de un aparcamiento para vehículos autónomos

Existe un aparcamiento disuasorio llamado "Aparcamiento disuasorio de La India", que está ubicado muy próximo al Paseo Zorrilla ([Ilustración 96](#)), justo enfrente de la Estación de Autobuses de Valladolid y a escasos minutos de la Estación de Trenes de Valladolid. Este aparcamiento tiene una superficie de 6500 m^2 distribuido en forma de "L" ([Ilustración 97](#)). Tiene un total de 205 plazas normales, además de dos plazas para minusválidos y una estación de carga de coches eléctricos de Iberdrola.



Ilustración 96 Ubicación del aparcamiento disuasorio.

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps, 2021.

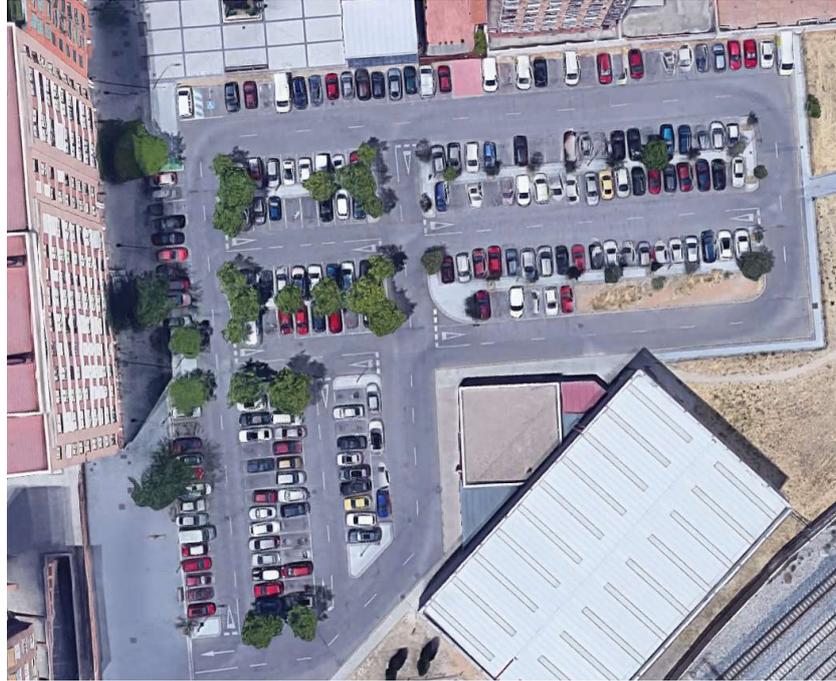


Ilustración 97 Aparcamiento disuasorio de Las Indias.

Fuente: Google Maps, 2021.

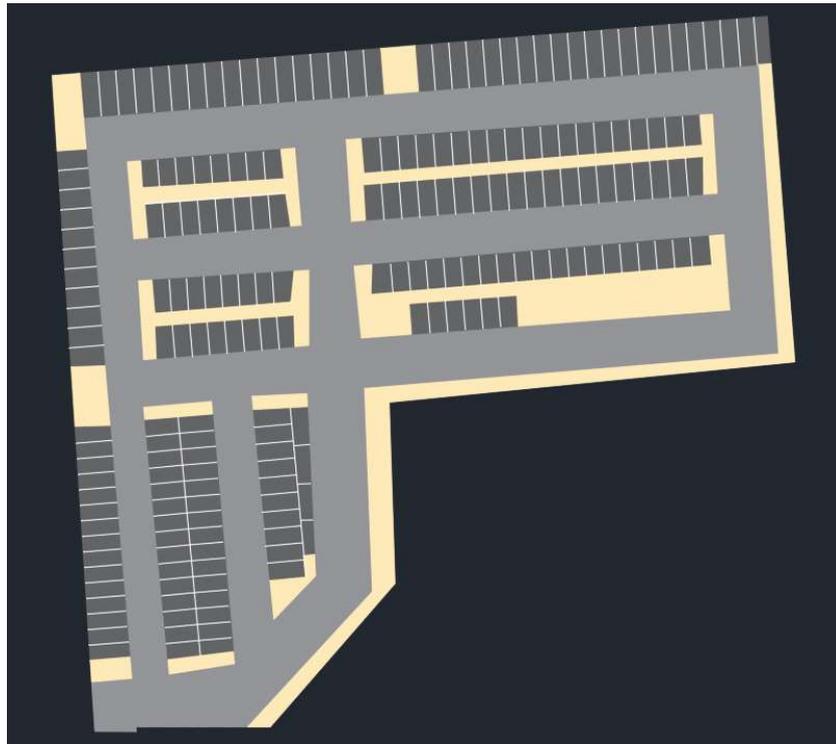


Ilustración 98 Distribución del aparcamiento actual.

Fuente: Elaboración propia a partir de AutoCad3D.

El nuevo aparcamiento para vehículos autónomos dispondrá de la misma superficie de 6500 m^2 que estaba ocupada antes por el aparcamiento disuasorio para vehículos

privados. De acuerdo con el estudio de Nourinejad M., Bahrami S. y Roorda M. (2018), podremos disponer de mayor eficiencia de estacionamiento de los vehículos autónomos. Según un modelo matemático de probabilidad, se pueden disponer de hasta tres filas de vehículos seguidos siempre que tengamos dos carriles para, en el caso de que tenga que salir el que se encuentra al fondo los otros dos coches que están delante se puedan mover a uno de los carriles y dejar paso a este (Ilustración 99).

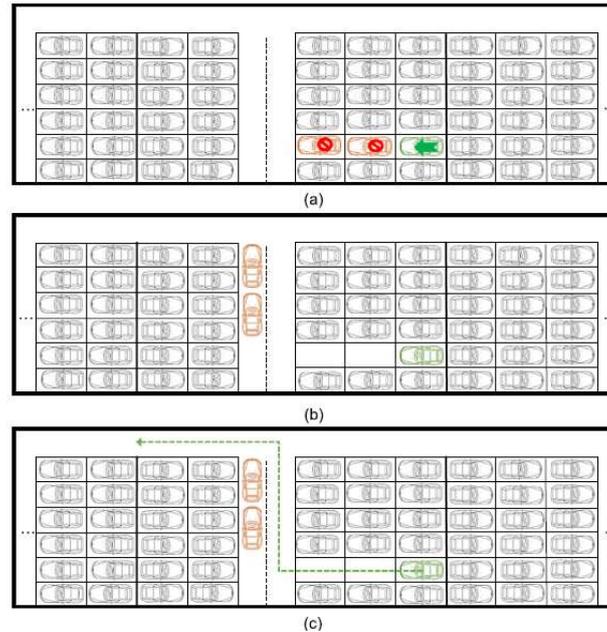


Ilustración 99 Funcionamiento del aparcamiento para vehículos autónomos.

Fuente: Nourinejad M., Bahrami S. y Roorda M., 2018.

Gracias a este funcionamiento, podemos disponer de grandes bloques de vehículos manteniendo dos carriles en todo su recorrido para poder realizar las maniobras sin problemas. Con la nueva reestructuración propuesta (Ilustración 100) podemos llegar a habilitar 356 plazas para vehículos normales, 7 plazas para vehículos de grandes dimensiones que necesitan más espacio para maniobrar (color rosa), y 8 plazas para vehículos de emergencias en la entrada para proporcionar facilidad de respuesta (color naranja). Cada aparcamiento tiene una dirección marcada previamente, y la carga de los vehículos se realizará mediante unos robots autónomos (Ilustración 11), que por sí solos cargan los coches y están interconectados con ellos para saber los niveles de carga y necesidades de cada vehículo.

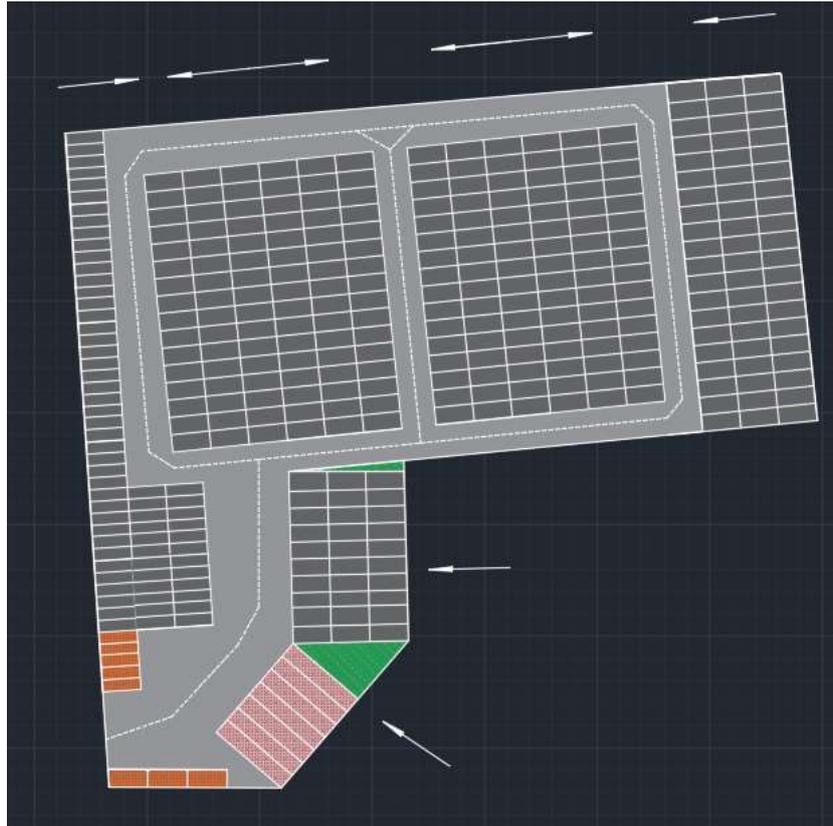


Ilustración 100 Distribución del aparcamiento para vehículos autónomos.

Fuente: Elaboración propia a partir de AutoCad3D.

Este nuevo parking disuasorio, adaptado a las características de los Vehículos Autónomos, permitirá atender a sus necesidades de estacionamiento, evitando largos desplazamientos o vehículos en vacío dando vueltas por las calles. De esta forma se palía en cierta medida los estacionamientos eliminados en el Paseo Zorrilla.

5. Conclusiones

Gracias al avance tecnológico en la automoción, los vehículos autónomos son una realidad cada vez más próxima. Esto es gracias a la incorporación de cámaras, sensores y radares que les permiten percibir el entorno, y a un sistema inteligente que lo maneja. La introducción de estos vehículos en la vida cotidiana puede conllevar grandes cambios, en el transporte, en la estructura urbana y en la calidad y forma de vida de los ciudadanos. Se cree, según la mayoría de los estudios recientes, que será un cambio a

mejor, que la incorporación de estos vehículos generará impactos positivos en la ciudad, mejorándolas con el objetivo de ser más sostenibles, seguras y saludables.

Estos vehículos tienen el potencial de generar muchos impactos, la mayoría positivos como la reducción de la contaminación en las ciudades, aunque la generación eléctrica puede seguir produciendo emisiones, aumento de seguridad y accesibilidad para todos los usuarios. Pero el impacto más beneficioso desde la perspectiva urbanística es la liberación de espacio que se puede generar al eliminar superficie innecesaria de los aparcamientos y carriles. Con todos estos cambios, los expertos proponen nuevas líneas de ordenación y diseño de las ciudades, que se han tenido en cuenta en la aplicación a nuestro caso particular.

En este caso hemos elegido la ciudad de Valladolid, capital de provincia y una ciudad que está evolucionando constantemente para conseguir ser una ciudad más segura, sostenible e inclusiva. El proceso de selección de la calle se ha realizado mediante un análisis multicriterio de alternativas, ponderando el valor de cada criterio con ayuda de expertos en la materia. Una vez conocida la valoración más alta, se ha elegido la calle con mayor puntuación, habiendo sido en este caso seleccionado el Paseo Zorrilla.

Este paseo tiene un recorrido centro-sur de poco más de cuatro kilómetros desde la Plaza Zorrilla hasta la carretera de Rueda. Es una arteria principal de la ciudad, conectando con las vías interurbanas y las entradas a la ciudad. Podemos ver, que en la zona norte existe más actividad comercial, sobre todo oficinas, hostelería y servicios, mientras que la zona sur es principalmente residencial de nueva construcción. A lo largo de toda la calle podemos encontrar grandes aceras, extensas zonas verdes y varios carriles por cada sentido de circulación. Existe una buena distribución de equipamientos en la zona céntrica, pero en las afueras hay déficit de estos. Hay carril bici a lo largo de todo el paseo, pero no tiene más conexiones con el resto de la ciudad, existiendo además tramos del carril compartido con vehículos lo que resta seguridad. Existen varias líneas de autobús, con muchas paradas situadas a lo largo de todo el trayecto. La calidad ambiental en la ciudad se encuentra por debajo del mínimo saludable recomendable, debido a las emisiones nocivas del vehículo de combustión.

El principal objetivo de la propuesta es potenciar la movilidad sostenible, es decir, de forma prioritaria la movilidad peatonal y ciclista. Además, se persigue la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos restaurando la calidad ambiental, y proporcionando accesibilidad y movilidad a todas las personas. Se intenta reducir al mínimo el uso del vehículo privado en ciudad, ya que está demostrado que es más perjudicial debido a sus externalidades negativas (congestión, contaminación y mayor accidentabilidad). Para ello se han hecho cinco propuestas de actuación. La primera es una propuesta de redistribución de la vía, la segunda relativa al establecimiento de nuevos usos, la tercera es una propuesta de implantación de glorietas en las glorietas, la cuarta de introducción de elementos auxiliares necesarios para los vehículos autónomos y la última se plantea la adaptación de un aparcamiento disuasorio para vehículos autónomos.

En primer lugar, se reestructura la sección principal de todo el Paseo Zorrilla, eliminando superficie de aparcamientos y carriles, ampliando aceras e introduciendo carril bici más seguro y cómodo. De esta forma se ha estimado una ganancia del 29,3-32,3% en la superficie dedicada a una movilidad más sostenible.

La segunda actuación trata de dar nuevos usos a la superficie de aparcamientos que encontramos en las vías de servicio. Dependiendo del momento del día estas zonas pueden ser usadas para diversas actividades, como por ejemplo: carga y descarga de mercancías, terrazas en las que desayunar, comer y cenar o como lugares de carga y descarga de personas. El mayor beneficio de este cambio es la optimización de la superficie liberada, ya que, si sólo estuviera dedicada para aparcamiento u otro uso, en otra parte del día estaría inutilizado.

La tercera actuación se plantea en las intersecciones, proponiendo en todas ellas una glorieta que es beneficiosa para la circulación de los vehículos autónomos y creando una continuidad para el carril bici.

La cuarta medida se basa en dotar a la ciudad de elementos, como las estaciones de carga y puntos de movilidad que son necesarios para el funcionamiento óptimo del vehículo autónomo.

Y, por último, la adaptación de un aparcamiento disuasorio para vehículos autónomos, que nos proporcionará más plazas de estacionamiento y la carga de las baterías de los vehículos.

A la vista está que la realidad de los vehículos autónomos puede darse en un futuro muy cercano transformando muchos aspectos de la vida cotidiana. Sin embargo, para evitar impactos negativos hay que ser previsores y anticiparse a los problemas que puede tener este cambio, para así poder conseguir el mejor resultado en el futuro. En este sentido, la urbanística toma un papel principal en la ordenación y diseño de las ciudades. Con este trabajo se ha pretendido aportar ideas de actuación posibles a partir del caso de estudio de una calle de Valladolid. La metodología utilizada podría aplicarse a otras calles y ciudades, realizando estudios más detallados para que en el día del mañana las ciudades puedan aprovechar al 100% de las ventajas derivadas de las nuevas tecnologías de conducción autónoma.

6. Referencias

Alessandrini A., Campagna A., Delle Site P., Filippi F. y Persia L. (2015). Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities. *Transportation Research Procedia, Elsevier*, 145-160. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.01.002>

Alonso L, Milane´s V, Torre-Ferrero C, Godoy J, Oria JP y De Pedro T. (2011). Ultrasonic sensors in urban traffic driving-aid systems. *Sensors* 11:661–673

Andreu M. (2021). Principales sistemas de asistencia a la conducción. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/motor/actualidad/20210126/6167494/sistemas-asistencia-conduccion-adas-tipos-como-funcionan.html>

Ayuntamiento de Valladolid (2020). Plan General de Ordenación Urbana del Ayuntamiento de Valladolid. Obtenido de <https://cloud.valladolid.es/index.php/s/vkil7KzVWVvKsdhn>

Ayuntamiento de Valladolid. (2021). Plan Integral de Movilidad Urbana Sostenible y Segura de la Ciudad de Valladolid (PIMUSSVA). Obtenido de <http://www.pimussva.es/wp-content/uploads/2021/05/16.-PIMUSSVA-Documento-estrat%C3%A9gico-diligenciado.pdf>

Barti R. (2016). El vehículo eléctrico y la reducción del ruido ambiente en ciudades. Obtenido de <http://www.sea-acustica.es/fileadmin/Oporto16/132.pdf>



Bejerano P. G. (2013) La desconocida historia de los coches autónomos. Obtenido de <https://blogthinkbig.com/historia-de-los-coches-autonomos>

CNAE. (2018). Coche Autónomo, seguridad vial y formación de conductores. Obtenido de https://www.cnae.com/ficheros/files/noticias/INFORME%20Coche%20auto%CC%81nomo%20seguridad%20vial%20y%20formacio%CC%81n%20de%20conductores_%20INTRAS-CNAE.pdf

Cohen, R. A. 2015. Self-driving Technology and Autonomous Vehicles: A Whole New World for Potential Product Liability Discussion. *Defense Counsel Journal*, 82, 3, 328-334.

Cohen, T., y Cavoli, C. (2019). *Automated vehicles: exploring possible consequences of government (non) intervention for congestion and accessibility*. *Transport Reviews*, 39:1, 129-151.

Costa Maia, S., Teicher, H., Meyboom, y AnnaLisa. (2015). Infrastructure as social catalyst: Electric vehicle station planning and deployment. *Technological Forecasting & Social Change*, 100, 53-65.

De Miguel B. (2021). La comisión europea fija para el 2035 el fin de la venta de los coches de combustión. Obtenido de <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2021-07-14/la-comision-europea-fija-para-2035-el-fin-de-la-venta-de-coches-de-combustion.html#:~:text=En%202030%2C%20los%20turismos%20que,circulaci%C3%B3n%20podr%C3%A1n%20seguir%20en%20activo>

DGT. (2015). Tráfico establece el marco de realización de pruebas con vehículos de conducción automatizada en vías abiertas a la circulación. Obtenido de <https://www.dgt.es/es/prensa/notas-de-prensa/2015/20151116-traffic-establece-marco-realizacion-pruebas-vehiculos-conduccion-automatizada-vias-abiertas-circulacion.shtml>

DGT. (2015). GM Asunto. Obtenido de <https://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/15.V-113-Vehiculos-Conduccion-automatizada.pdf>

DGT. (2016). Normativa vehículo autónomo. Obtenido de <https://revista.dgt.es/es/motor/noticias/2019/10OCTUBRE/1011-Congreso-Movilidad-Trafic-2019.shtml>

Díaz R. (2021). El futuro de la conducción autónoma. Obtenido de <https://www.atsistemas.com/blog/el-futuro-de-la-conduccion-autnoma>

Eurostat (2021). Estadísticas accidentes en Europa. Obtenido de <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/help/first-visit/tgm>

Finn E. Traducido por Díaz M. (2018). Así se transforman las ciudades con los vehículos autónomos. Obtenido de <https://www.technologyreview.es/s/10336/asi-se-transformaran-las-ciudades-con-los-vehiculos-autonomos>

García G. (2020). Así funciona la recarga de coches eléctricos con robots autónomos de Volkswagen. Obtenido de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/recarga-coches-electricos-robots-autonomos-volkswagen/20201229112151041188.html>

González-González, E., Nogués, S., y Stead, D. (2020). Parking futures: Preparing European cities for the advent of automated vehicles. *Land Use Policy*, 91, 104010.

INE (2020). Valladolid: Población por municipios y sexo. Obtenido de <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2904>

International Transport Forum. (2017). Obtenido de https://www.iru.org/system/files/pr-itf-driverless-trucks-es_0.pdf

Ministerio de trabajo y economía social. (2020). Obtenido de <file:///C:/Users/PARTICULAR/Downloads/mercado-de-trabajo-Valladolid-2020-Datos-2019.pdf>

Milakis, D., van Arem, B., y van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21:4, 324-348.

NACTO (2019). Blueprint for autonomous urbanism. Nueva York: National Association of City Transportation Officials.

Nourinejad M., Bahrami S. y Roorda M. (2018). Designing parking facilities for autonomous vehicles. *Transportation Research Part B* 109, Elsevier, 110–127 <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.12.017>

Nogués, S., González-González, E., y Cordera, R. (2020). New urban planning challenges under emerging autonomous mobility: evaluating backcasting scenarios and policies through an expert survey. *Land Use Policy*, 95, 104652.

Papa, E.; Ferreira, A. (2018). Sustainable accessibility and the implementation of automated vehicles: Identifying critical decisions. *Urban Sci.* 2, 5.

Qingquan, L. et.al. (2014). *Motion Field Estimation for a Dynamic Scene Using a 3D LiDAR. Sensors*, 14 (9): 16672-16691. 10.3390/s140916672.

Riggs, W., Appleyard, B., y Johnson, M. (2020). A design framework for livable streets in the era of autonomous vehicles. *Urban, Planning and Transport Research*, 8:1, 125-137. DOI: 10.1080/21650020.2020.1749123.

SAE. (2016). *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*.

SAE. (2014). Automated driving levels of driving automation SAE International Standard J3016.



Shladover, S. E. (2018). Connected and automated vehicle systems. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 22, 190–200.

Soteropoulos A., Berger M. y Ciari F. (2019) Impacts of automated vehicles on travel behaviour and land use: an international review of modelling studies, *Transport Reviews*, 39:1, 29-49, DOI: [10.1080/01441647.2018.1523253](https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1523253)

Stead, D., y Vaddadi, B. (2019). *Automated vehicles and how they may affect urban form: A review of recent scenario studies*. *Cities*, 92, 125-133.

StreetMix (2021). Obtenido de <https://streetmix.net/>

U.S. Department of Transportation. (2015). *Benefits Estimation Framework for Automated Vehicle Operations*, (August). Obtenido de <http://trid.trb.org/view.aspx?id=1370427>

Valladolid Web (2021). Monumentos y edificios. Obtenido de <https://www.valladolidweb.es/valladolid/imagesmagvall/127FuentedelaFama.htm>

Vela V. (2018). Descubre cuántos vecinos viven en cada una de las calles de Valladolid. Obtenido de <https://www.elnortedecastilla.es/valladolid/descubre-cuantos-vecinos-20180429211928-nt.html#>

Wang, S., Deng, Z. y Yin, G. (2016). An Accurate GPS-IMU/DR Data Fusion Method for Driverless Car Based on a Set of Predictive Models and Grid Constraints, *Sensors*, 16, (3): 280. <https://doaj.org/article/a2eedb4ddba74f83b88007e2f5a9adc9>

Waymo Driver (2021). Obtenido de <https://waymo.com/waymo-driver/>

Visitar Valladolid (2016). Obtenido de <http://www.visitarvalladolid.com/>

Visitar Valladolid (2016). Obtenido de <http://www.visitarvalladolid.com/bus-turistico/>

Wikipedia (2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Casa_Mantilla

Wikipedia (2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Casa_del_Pr%C3%ADncipe

Wikipedia (2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Academia_de_Caballer%C3%ADa_de_Valladolid

Wikipedia (2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Plaza_de_toros_de_Valladolid

Wikipedia (2021). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Plaza_de_Col%C3%B3n_\(Valladolid\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Plaza_de_Col%C3%B3n_(Valladolid))

Wikipedia (2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Colegio_Nuestra_Se%C3%B1ora_de_Lourdes

Work and Track (2019). Obtenido de <https://www.workandtrack.es/camiones-autonomos-futuro-del-transporte>

Yigitcanlar, T., Wilson, M., y Kamruzzaman, M. (2019). Disruptive Impacts of Automated Driving Systems on the Built Environment and Land Use: An Urban Planner’s perspective. *Journal of Open Innovation*, 5, 1-17. DOI: 10.3390/joitmc5020024.

Zapata, A. (2018). ¿Cuál fue el primer vehículo autónomo? Obtenido de <https://noticias.autocosmos.com.ar/2018/08/08/cual-fue-el-primer-vehiculo-autonomo>

Fuentes

AUVASA (2019). Obtenido de http://www.auvasa.es/opendata/inf_gestion/Informe_de_Gestion_2019.pdf

Cadena de suministro (2018). Obtenido de <https://www.cadenadesuministro.es/noticias/con-los-vehiculos-autonomos-se-intensificara-aun-mas-el-traffic-urbano/>

Cadena Ser (2020). Obtenido de https://cadenaser.com/emisora/2020/04/27/radio_valladolid/1588015113_342875.html

Deviant Art (2012). Obtenido de <https://www.deviantart.com/okamikun93/art/Parque-de-las-Norias-de-Santa-Victoria-Valladolid-295441420>

Diario de Valladolid (2020). Obtenido de <https://diariodevalladolid.elmundo.es/articulo/valladolid/hospital-recoletas-lidera-proyecto-tratamiento-cancer-prostata/20201111211800389498.html>

Diario de Valladolid (2020). Obtenido de <https://diariodevalladolid.elmundo.es/articulo/valladolid/renuncia-empresa-retrasa-meses-obras-colector-zorrilla/20200226213708374660.html>

El Día de Valladolid (2021). Obtenido de <https://www.eldiadevalladolid.com/noticia/Z1330D5C1-C80A-212D-8C774CC466EAD6E/202008/Casa-del-Barco-y-plaza-del-Ejercito-cerca-del-confinamiento>

El Norte de Castilla (2015). Obtenido de <https://www.elnortedecastilla.es/valladolid/201505/23/pisuerga-estrena-senda-inedita-20150522101049.html>

El Norte de Castilla (2018). Obtenido de <https://www.elnortedecastilla.es/valladolid/parque-juan-austria-20180423205259-nt.html>

El Norte de Castilla (2019). Obtenido de <https://www.elnortedecastilla.es/palencia/sacyl-cumple-acuerdo-20190718135103-nt.html>

Idealista (2020). Obtenido de <https://www.idealista.com/venta-terrenos/valladolid/area-metropolitana-valladolid/mapa>

Iqair (2021). Obtenido de <https://www.iqair.com/es/air-quality-map?lat=41.64555556&lng=-4.73027778&zoomLevel=10&placeld=5bac864324b967f0b5307aa8>

Mi nube (2021). Obtenido de <https://www.minube.com/rincon/paseo-zorrilla-a4110>

Motor (2021). Obtenido de <https://www.motor.es/noticias/google-waymo-coche-autonomo-201632625.html>

National Geographic (2018). Obtenido de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/futuro-coches-autonomos-y-conectados_13619

Tesla (2021). Obtenido de https://www.tesla.com/es_ES/supercharger

Tribuna Valladolid (2018). Obtenido de <https://www.tribunavalladolid.com/noticias/el-corte-ingles-de-valladolid-cumple-30-anos-este-26-de-febrero/1519380288>

Ocio Valladolid (2020). Obtenido de <https://ociovalladolid.com/bus-turistico-valladolid-precio-horarios-y-recorrido/>

Oficina de Turismo de Valladolid (2021). Obtenido de <https://www.info.valladolid.es/en/oficinas-de-turismo>

Pinterest (2021). Obtenido de <https://www.pinterest.es/pin/23503229276322698/>

La vanguardia (2019). Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/motor/innovacion/20191228/472551041499/volkswagen-robot-recarga-autonomo.html>

Vallabici (2021). Obtenido de <https://www.valladolid.com/vallabici>

Valladolid ORA (2021). Obtenido de <http://valladolidora.com/es>

Vallsur (2021). Obtenido de <https://vallsur.com/historia/>

Visitar Valladolid (2016). Obtenido de <http://www.visitarvalladolid.com/>

Wikipedia (2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Casa_Mantilla

Wikipedia (2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Casa_del_Pr%C3%ADncipe

Wikipedia (2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Academia_de_Caballer%C3%ADa_de_Valladolid



Wikipedia (2021). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Plaza_de_toros_de_Valladolid

Wikipedia (2021). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Plaza_de_Col%C3%B3n_\(Valladolid\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Plaza_de_Col%C3%B3n_(Valladolid))

Work and Track (2019). Obtenido de <https://www.workandtrack.es/camiones-autonomos-futuro-del-transporte>