

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Análisis de la accidentalidad ciclista

Autor: Francisco José Ruiz Ferrete

Tutor: Nils Peter Johan Ingemar Wideberg

Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte
Ingeniería e Infraestructura de los Transportes
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla



Sevilla, 2019



Trabajo Fin de Máster
Máster en Ingeniería Industrial

Análisis de la accidentalidad ciclista

Autor:

Francisco José Ruiz Ferrete

Tutor:

Nils Peter Johan Ingemar Wideberg

Profesor titular

Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte

Ingeniería e Infraestructuras de los Transportes

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019

Trabajo Fin de Máster: Análisis de la accidentalidad ciclista

Autor: Francisco José Ruiz Ferrete

Tutor: Nils Peter Johan Ingemar
Wideberg

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal

*A todas las víctimas de la
accidentalidad ciclista*

Agradecimientos

Este proyecto tiene especial interés en mi vida académica y personal ya que con el mismo, y tras un gran esfuerzo y el paso de una serie de acontecimientos, se culmina el máster y por tanto un ciclo completo, de Ingeniería Industrial. Este hecho marca uno de los momentos que más recordaré durante toda mi vida.

Por todo ello y por otros tantos motivos, me gustaría dedicarlo a mi familia más cercana, que han sido los principales actores en todos estos momentos y cuyo apoyo y soporte no ha cesado ni un segundo.

Por otro lado, no me puedo olvidar de todo aquel que ha contribuido de una forma u otra en el camino; mi tutor Johan, todos los profesores del máster, mis amigos más cercanos, mi compañera y, por último, especial dedicación a dos personas que no podrán vivir este acontecimiento; a Tere y a mi abuelo.

Resumen

En este trabajo fin de máster se realiza un análisis integral sobre la accidentalidad ciclista en la actualidad centrándose en nuestra ciudad, Sevilla, y haciendo un estudio cuantitativo sobre las lesiones y consecuencias que tienen los accidentes en bicicleta a partir de una base de datos proporcionada por uno de los hospitales más prestigiosos de la ciudad. Así mismo, en este proyecto se ha llevado a cabo una actualización del estado del arte de diversos puntos de relación entre bicicleta y accidentalidad ciclista.

El presente documento está estructurado en cinco capítulos principales; en el primero de ellos se realiza una introducción sobre el uso de la bicicleta en Sevilla a través de diferentes datos de vital importancia y relacionándolo con los motivos que han llevado a la elección de esta temática para el proyecto, además se expone una breve revisión de diferentes artículos y estudios científicos sobre la accidentalidad ciclista.

El segundo capítulo servirá de revisión general sobre la accidentalidad ciclista a través de un análisis centrado en los tipos de vías, entornos, causas y tipología de accidentes más comunes, principales elementos de seguridad y avances tecnológicos más importantes. Además, se muestra a modo de resumen la situación actual en los diferentes marcos geográficos: Europa, España y Andalucía.

A continuación, y como el nombre del capítulo indica, se realiza el análisis de datos recogidos por el Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla. A partir de dicha base de datos se hace un análisis basado en diferentes características de manera similar a los mostrados y realizados en Europa: edad, sexo, localización geográfica y temporal y finalmente un estudio sobre los propios diagnósticos y nivel de severidad de los mismos.

Antes del capítulo final, en el que se enumerarán las conclusiones de todo el estudio, nos encontramos con el cuarto; La infraestructura ciclista en Sevilla, en el que se expondrán las principales características, puntos a mejorar y modificaciones sugeridas y en curso de la red ciclista sevillana, todo ello apoyándonos en el Programa de la Bicicleta 2020 realizado por la Gerencia de Urbanismo y en un estudio propio a pie de campo.

Índice

Agradecimientos	9
Resumen	11
Índice	13
Índice de Tablas	15
Índice de Figuras	16
1 Introducción y objetivos.....	23
1.1 Motivación: el uso de la bicicleta en nuestra ciudad.....	23
1.2 Antecedentes.....	26
1.3 Objetivos principales.....	28
2 La accidentalidad en la bicicleta.....	31
2.1 Tipos de vía y entorno.....	31
2.1.1 Señalización.....	34
2.1.2 Intersecciones	39
2.2 Causas y accidentes más comunes	44
2.3 Tecnologías y elementos existentes en seguridad	51
2.3.1 Persona.....	51
2.3.2 La bicicleta.....	55
2.3.3 Entorno.....	60
2.4 Situación actual de la accidentalidad en bicicleta	62
2.4.1 Europa.....	62
2.4.2 Situación actual en España	66
2.4.3 Lesiones ciclistas en España.....	70
3 Análisis de datos recogidos en Sevilla	74
3.1 Fuente de datos	74
3.2 Sexo	74
3.3 Edad.....	75
3.4 Año, mes y día.....	76

3.5	Diagnósticos.....	78
4	Infraestructura ciclista en la ciudad de Sevilla.....	87
4.1	La bicicleta pública.....	89
4.1.1	Sevici.....	89
4.1.2	Bus+bici.....	91
4.2	La vía ciclista.....	91
4.2.1	Cobertura de la red ciclista.....	92
4.2.2	Diseño y construcción.....	92
4.2.2.1	Diseño del trazado.....	92
4.2.2.2	Intersecciones.....	96
4.2.2.3	Anchura y separaciones.....	98
4.2.3	Mantenimiento y otros.....	99
4.2.3.1	Deterioro.....	99
4.2.3.2	Problemas con la vegetación.....	101
5	Conclusiones.....	102
	Bibliografía.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Anchura y separación mínima en vías ciclistas.....	34
Tabla 2-2. Ejemplos de señalización vertical propuestos por la DGT.....	39
Tabla 2-3. Tipos de lesiones sufridas por accidentes en bicicleta y porcentaje que representa frente al total.....	65
Tabla 2-4. Matriz de Barrell: distribución porcentual en ciclistas fallecidos en accidente de tráfico.....	73
Tabla 3-1. Distribución de accidentes según la edad del paciente.....	75
Tabla 3-2. Clasificación de accidentes según tipología y parte del cuerpo.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Evolución del carril bici en Sevilla entre los años 2006 y 2017.....	20
Figura 1-2. Evolución de los desplazamientos diarios en bicicleta en Sevilla entre los años 2006 y 2017.....	21
Figura 1-3. Titular del periódico digital “La información”.....	21
Figura 1-4. Titular del periódico “elCorreo”.....	22
Figura 2-1. Carril bici.....	28
Figura 2-2. Aceras-bici.....	28
Figura 2-3. Pistas-bici.....	28
Figura 2-4. Sendas ciclables.....	29
Figura 2-5. Ciclo carril con velocidad limitada a 30 km/h.....	29
Figura 2-6. Semáforos con fase específica para ciclistas.....	31
Figura 2-7. Ejemplo de señalización horizontal en una vía ciclista.....	35
Figura 2-8. Ejemplos de Intersecciones en T.....	36
Figura 2-9. Ejemplos de cruces con carril de giro a derecha.....	37
Figura 2-10. Ejemplos de intersecciones con giro ciclista a la izquierda indirectamente (arriba) y con semaforización (abajo).....	38
Figura 2-11. Glorieta con carril bici exterior.....	39
Figura 2-12. Intersección de vía ciclista con vía motorizada con isleta central.....	39
Figura 2-13. Intersección de vía ciclista con ramal de enlace.....	40
Figura 2-14. Incorporación de vehículo a rotonda en la que circula un ciclista (izquierda) y viceversa (derecha).....	43

Figura 2-15.Situación de cruce entre ciclista y vehículo a motor cuando el primero se incorpora a la vía principal (derecha) o viceversa (izquierda).....	44
Figura 2-16.Giro a la izquierda de vehículo motorizado frente a ciclista que circula en sentido contrario (izquierda) y viceversa (derecha).....	44
Figura 2-17.Ejemplos de corte de trayectoria de un vehículo motorizado a una bicicleta (izquierda) y viceversa (derecha).....	45
Figura 2-18.Situación de alcance de un automóvil a un ciclista (arriba) y viceversa (abajo).....	45
Figura 2-19.Situación de invasión inminente del espacio de circulación del ciclista por parte de un automóvil.....	46
Figura 2-20.Situación de invasión inminente del espacio de circulación en un adelantamiento en sentido contrario.....	46
Figura 2-21.Casco ciclista de competición antiguo frente al actual.....	48
Figura 2-22.Modelos de impactos lineales y transversales realizados mediante elementos finitos...	49
Figura 2-23.Estructura de un casco con tecnología AIM y comportamiento frente a un impacto....	49
Figura 2-24.Hövdning o casco airbag.....	50
Figura 2-25.Estructura de un neumático de bicicleta actual.....	52
Figura 2-26.Tipos de carcasa de neumático de bicicleta.....	52
Figura 2-27.Esquema sobre los tipos de cajas de dirección.....	54
Figura 2-28.Partes de una horquilla con suspensión.....	55
Figura 2-29.Sistema Blaze laserlight en funcionamiento.....	56
Figura 2-30.Guardarraíles modificados con barreras (izquierda) y recubriendo los postes (derecha).....	57
Figura 2-31. Evolución del número del número de fallecidos en accidentes de tráfico y en accidentes de bicicleta entre los años 2006 y 2015.....	59
Figura 2-32. Representación del ratio de fallecidos en accidente de bicicleta por millón de habitantes en los países de la UE.....	59

Figura 2-33. Representación del número de fallecidos en accidentes de tráfico en bicicleta en función de la edad en la UE en los años 2006 y 2015.....	60
Figura 2-34. Uso de la bicicleta en España.....	61
Figura 2-35. Accidentes de ciclistas y resto de usuarios entre los años 2007 y 2016.....	63
Figura 2-36. Porcentaje de ciclistas fallecidos y heridos hospitalizados en 2016 sobre el total por provincia.....	64
Figura 2-37. Fallecidos y heridos hospitalizados por accidente ciclista según el tipo de accidente y trazado.....	65
Figura 2-38. Evolución de los accidentes ciclistas en vías urbanas entre los años 2007 y 2016.....	66
Figura 2-39. Evolución de las altas hospitalarias por accidente de tráfico entre los años 2006 y 2015.....	67
Figura 2-40. Distribución de accidentes ciclistas por mecanismo y zona en el año 2015. Hospitalizados.....	67
Figura 2-41. Distribución de accidentes ciclistas por mecanismo y zona en el año 2015. Fallecidos.....	68
Figura 3-1. Distribución de accidentes según el sexo del paciente.....	71
Figura 3-2. Distribución de accidentes según la edad del paciente.....	72
Figura 3-3. Distribución de accidentes ciclistas entre los años 2007 y 2014.....	73
Figura 3-4. Distribución de accidentes ciclistas según el mes.....	73
Figura 3-5. Distribución de temperatura media y precipitaciones medias mensuales a lo largo de los últimos 30 años.....	74
Figura 3-6. Distribución de accidentes ciclistas según el día de la semana.....	74
Figura 3-7. Ejemplo de diagnóstico y codificación CIE.....	75
Figura 3-8. Clasificación de accidentes según tipología y parte del cuerpo.....	77
Figura 3-9. Matriz de Barrell de pacientes atendidos en el Hospital Virgen del Rocío.....	78
Figura 3-10. Distribución de fracturas maxilofaciales.....	79
Figura 3-11. Distribución de nivel de severidad MAIS según el número de pacientes.....	81

Figura 3-12. Número de pacientes con nivel de severidad MAIS3+ por año.....	81
Figura 3-13. Distribución de la duración del ingreso según el número de pacientes.....	82
Figura 4-1. Red de vías ciclistas actual (Junio 2017): tramos existentes (color verde), en construcción (color rojo) y en planificación (color rosa).....	84
Figura 4-2. Estaciones Sevici en la ciudad de Sevilla.....	86
Figura 4-3. Distribución de los abonados de larga duración (izquierda) y de los alquileres anuales (derecha) de SEVICI.....	86
Figura 4-4. Ejemplo de vandalismo en el sistema SEVICI.....	87
Figura 4-5. Mapa de cobertura de la red ciclista de Sevilla en función de la accesibilidad y la densidad de población.....	89
Figura 4-6. Ejemplos de alta sinusoidad en las vías ciclistas de Sevilla en Avda. Sánchez Pizjuan, Avda. Manuel del Valle, Ronda del Tamarguillo y Avda. Menéndez Pelayo.....	90
Figura 4-7. Ejemplos de deficiencias debidas a una mala planificación en Avda. Coria (superior izquierda), Isla de La Cartuja (superior e inferior derecha) y Avda. José Laguillo (inferior izquierda).....	91
Figura 4-8. Carril bici ocupando la mayor parte del acerado en la zona de la Isla de La Cartuja.....	91
Figura 4-9. Ejemplos de intersecciones que suponen recorrido extra en las zonas de Plaza de Cuba, Avda. de Miraflores y Carretera de Carmona.....	92
Figura 4-10. Ejemplos de mala planificación del recorrido de la vía ciclista en pasos a distinto nivel en las zonas de Puente de Barqueta, Calle Alfonso Lasso de la Vega (paso bajo la vía del tren) y puente de Triana.....	93
Figura 4-11. Vía ciclista en la zona del Puente de San Telmo y Plaza de Cuba.....	94
Figura 4-12. Diferentes elementos de separación en la red ciclista de Sevilla.....	95
Figura 4-13. Grietas en el carril bici en la zona de Isla de la Cartuja.....	96
Figura 4-14. Grietas y socavones en el carril bici en la Avenida Kansas City (superior izquierda), en la Avenidad de la Palmera (superior derecha), zona Prado de San Sebastián (abajo izquierda) y barrio El Porvenir (abajo derecha).....	96

Figura 4-15. Ejemplos de problemas con vegetación y elementos naturales en la zona de la Isla de La Cartuja y en Ronda de Triana (inferior izquierda).....	97
Figura 5-1. Titular del periódico digital Europapress.....	101
Figura 5-2. Avenida de la Constitución, Sevilla.....	102

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Este capítulo introducirá al lector en el proyecto poniéndolo en situación y llevándolo al marco donde se centrará el estudio. Se partirá de una breve introducción sobre el uso de la bicicleta en Sevilla, localización de los datos usados para el análisis estadístico de accidentes en bicicleta, la cual servirá a su vez como argumento de la motivación que ha llevado a la realización de este trabajo, continuando por un análisis de antecedentes sobre este tipo de estudios y finalizando con una enumeración de los principales objetivos del mismo.

1.1 Motivación: el uso de la bicicleta en nuestra ciudad.

El uso de la bicicleta como medio de transporte está cada vez más extendido a nivel mundial por diferentes motivos, centrándonos en nuestro país y más concretamente en Sevilla (ciudad en la que se basará el estudio principal de este proyecto) la bicicleta tiene un papel fundamental en la vida diaria de miles de ciudadanos.

El bajo coste de este medio, el ahorro que supone frente a otras formas de transporte, el nulo impacto ambiental que conlleva, los beneficios para la salud y la cada vez mayor equipación de las ciudades con infraestructuras y redes de movilidad diseñadas para la bicicleta son sólo algunas de las ventajas que hacen que estos vehículos estén cada vez más integrados en nuestro día a día y que actualmente se consideren el medio de transporte más eficiente en vías urbanas en desplazamientos de corta distancia.

Volviendo a nuestra ciudad y sirviendo como ejemplo a otros muchos lugares del territorio nacional e internacional, Sevilla destaca por su bajo desnivel a lo largo de toda su extensión y por su buen clima, características que favorecieron en el año 2006 el comienzo de la ampliación de la red de carriles bici desde los 12 km que la formaban hasta los alrededor de 180 km actuales, además de la creación de *Sevici*, un servicio de préstamo de bicicletas públicas con estaciones repartidas a lo largo de toda la ciudad con un total de más de 2500 bicicletas. Por otro lado, también se crearon nuevas infraestructuras tales como aparcamientos y se comenzó a fomentar este medio de transporte a través de campañas dirigidas por el ayuntamiento.

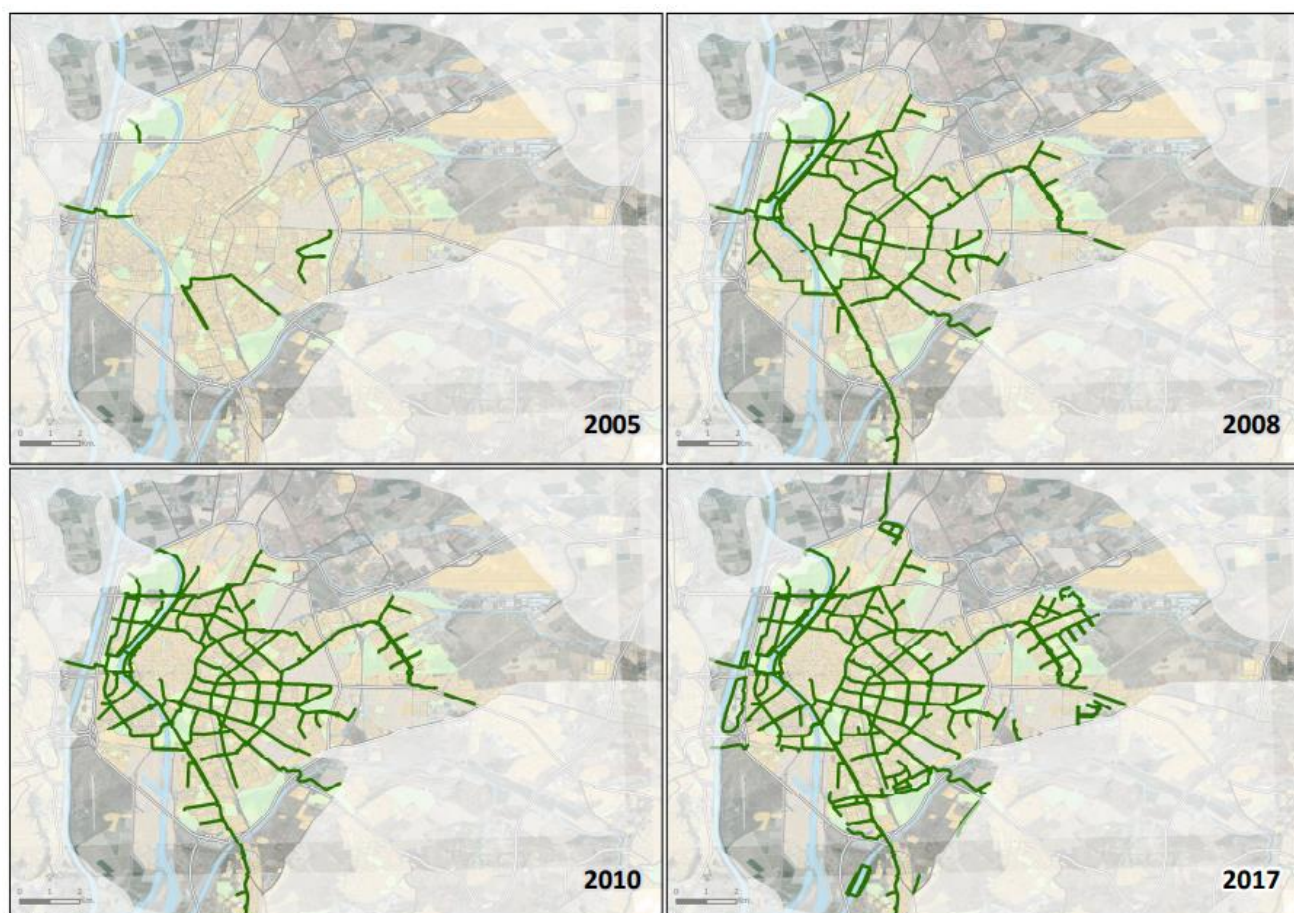


Figura 1-1. Evolución del carril bici en Sevilla entre los años 2006 y 2017. Fuente: Gerencia de Urbanismo de Sevilla, Oficina de la Bicicleta.

Entre estas medidas, destaca la creación de la Oficina de la Bicicleta de Sevilla, dentro de la Gerencia de Urbanismo y en dependencia del Servicio de Sostenibilidad e Innovación Urbana, organismo creado con el principal objetivo de mantener y mejorar toda la infraestructura ciclista de la ciudad y fomentar e impulsar el uso de la bicicleta. Uno de los proyectos más importantes desarrollados por el organismo es el nuevo Programa de la Bicicleta, actualización aprobada a finales de 2017 del anterior Plan Director de la Bicicleta aprobado en 2007, en esta nueva versión se expone claramente la intención de llegar al objetivo de superar 15% de los desplazamientos en el reparto entre todos los medios mecánicos de transporte en el año 2020 mediante diferentes líneas de actuación que estudiaremos más adelante.

En línea con lo anterior y mediante el Decreto 9/2014, de 21 de Enero, el Consejo de Gobierno de la Junta de Andalucía aprobó el Plan Andaluz de la Bicicleta, mediante el cual se desarrollan diversas líneas de actuación e inversión de manera que se apoye un mayor uso de la bicicleta en la movilidad urbana e interurbana en nuestra comunidad con el fin de conseguir los objetivos territoriales y ambientales planteados en Andalucía. Dicho plan se divide en una serie de líneas estratégicas

generales de inversión que conllevan un coste total planificado de más de 420 millones de euros entre las que destacan la intermodalidad con el transporte público, mejora del conocimiento sobre la movilidad en bicicleta mediante campañas de formación, promoción y concienciación, desarrollo de normativa favorecedora a su uso, definición y construcción de vías de ampliación, o la creación o aumento de diferentes servicios complementarios tales como aparcamientos o servicios públicos de bicicleta eléctrica.

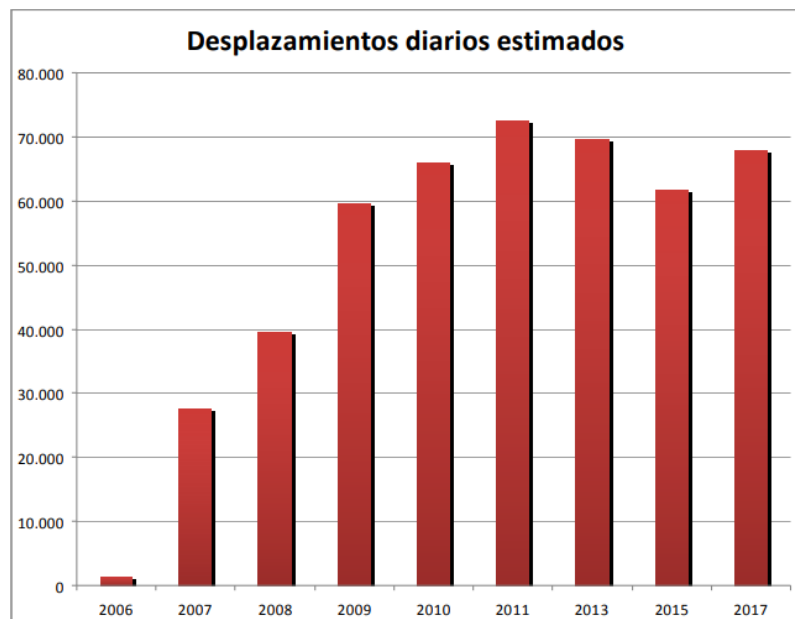


Figura 1-2. Evolución de los desplazamientos diarios en bicicleta en Sevilla entre los años 2006 y 2017. Fuente: Gerencia de Urbanismo de Sevilla.

Situados en este marco inmejorable, no es extraño que en nuestra tierra haya cada vez más aficionados a la bicicleta, ya sea como medio de transporte al uso o en cualquiera de sus modalidades deportivas; de hecho numerosas fuentes citan Sevilla como la ciudad española más segura para el uso de este medio de transporte o incluso la sitúan como la cuarta mejor del mundo.

Sevilla, con más de 160 km de carril bici, es la ciudad española más segura para los ciclistas

La capital andaluza fue reconocida como la cuarta mejor del mundo por su destacable carril para bicicletas.

Figura 1-3. Titular del periódico digital “La información”.

Aún teniendo en cuenta todas las ventajas mencionadas anteriormente, sigue habiendo un 38,7% de los españoles que prefiere viajar en coche frente al 14% que elige la bicicleta, dato estrechamente relacionado con otra información declarada en el Informe Anual de Medición de Tráfico de Inrix; casi 18 horas perdidas sin poder circular con fluidez en su vehículo por cada español de media. Además, cabe destacar que la inversión y mejora de todas las infraestructuras, servicios y formación dedicados a este medio de transporte conseguirán disminuir el número de accidentes y fallecidos mientras hacían uso del mismo, es por ello de vital importancia echar la vista atrás y analizar hasta el día de hoy los sistemas de seguridad presentes en la bicicleta, así como realizar un estudio estadístico sobre los ingresos por accidente en uno de los hospitales más importantes de nuestra ciudad, todo ello acompañado de un breve estudio de campo de la situación de las infraestructuras existentes actualmente en Sevilla y las diferentes posibilidades de mejora y prevención.

Sevilla se convierte en la cuarta mejor ciudad mundial para la bici

Sólo se sitúan por delante de la andaluza Ámsterdam, Utrecht y Copenhague. Es el  emblema de las nuevas tendencias según la web de diseño 'copenhagize.eu'

Figura 1-4. Titular del periódico “elCorreo”.

1.2 Antecedentes

La ingeniería del transporte es una rama de la ingeniería que trata todo lo referente al diseño, gestión, desarrollo e investigación de todos los medios e instalaciones de transporte existentes. Dentro de esta área tan extensa, y especialmente desde hace unos años, viene cobrando especial importancia el estudio de los medios de seguridad existentes en la movilidad urbana, entre los que se encuentran los relacionados con la bicicleta.

A nivel europeo y mundial se vienen desarrollando proyectos y líneas de investigación de diferentes organismos y grupos tecnológicos en colaboración con departamentos de neurociencia y otras áreas de medicina de diversas universidades de prestigio; por ejemplo en Depreitere et al. (2004) se realiza un estudio estadístico a partir de una base de datos de víctimas de accidentes de bicicleta que se vieron sometidas a intervenciones neuroquirúrgicas, todo ello enmarcado en un proyecto de investigación y desarrollo de cascos para bicicleta en la Universidad de Leuven, Bélgica. En dicho análisis se concluye con una serie de recomendaciones para el diseño de cascos basado en los tipos

de impactos, los cuales fueron determinados a partir de las diferentes lesiones y diagnósticos.

Por otro lado, en Beck et al. (2016), estudio realizado por la Universidad de Monash, Australia, se hace un análisis similar de las consecuencias hospitalarias y quirúrgicas de 186 ciclistas pero mayormente centrado en los diferentes tipos de accidentes; distintos escenarios de circulación, vehículos implicados y tipo de vía en la que sucede. En este artículo se concluye que dependiendo de cada escenario las características del diagnóstico son muy diferentes, además se destaca que una quinta parte de los casos analizados ocurrieron en vías ciclistas perfectamente delimitadas, por lo que se invita a realizar un mayor análisis de dichos caminos para mejorar en la prevención de accidentes en bicicleta.

En Dhondt et al. [1] se parte de una base médica de Bruselas y Flandes pero se amplía el análisis a usuarios de todo tipo de tráfico rodado y también a peatones. Sin embargo, se realiza un enfoque mayor en la variedad de diagnósticos detectados y su relación con la edad y tipo de vehículo.

Si ponemos el foco en las lesiones maxilofaciales, que también serán analizadas de manera más profunda en este proyecto, existen diversos proyectos de investigación, entre los cuales podemos destacar los recogidos en artículos como van den Bergh et al. [2], van Hout et al. [3] o Lindqvist et al. [4], donde se analizan estadísticamente las diferentes lesiones en la zona maxilofacial exponiendo los resultados por edades y por tipo de accidente, ya que sólo es el último de los mencionados el que se centra en el caso de los accidentes ciclistas.

Desde el punto de vista de un análisis ingenieril de los accidentes cabe destacar que la biomecánica también juega un papel importante en el desarrollo de medidas de seguridad y prevención; en Syed et al. [5] se usa metodología de videocorrelación para indagar en parámetros físicos y mecánicos. Por otro lado, en van der Horst et al. [6] se usan también técnicas de grabación de imágenes, en este caso para observar caminos y trazadas en zonas conflictivas y de alta tasa de accidentalidad en varias ciudades de Holanda.

A nivel político y de legislación, la *European Road Safety Observatory, ERSO*, es un organismo cofinanciado por la Comisión Europea a través de la Dirección General de Transporte y Energía y está especializado en las prácticas y políticas de seguridad vial en los países de la Unión Europea. En cuanto al medio de transporte en el que aquí nos centramos, este organismo recopila una serie de información y datos proporcionados por los diferentes países, todos ellos se pueden encontrar en la publicación anual *Traffic Safety Basic Facts [20]*, en el apartado de ciclistas.

Así mismo, cabe destacar la existencia del *European Transport Safety Council, ETSC*, organismo independiente de financiación privada que desde su fundación en 1993 trabaja por intentar reducir el nivel de accidentes de tráfico a través de numerosos proyectos y campañas, como por ejemplo el

BIKE PAL, que se centra en mejorar la seguridad vial de los usuarios de bicicleta mediante, incluso, la creación de manuales de buenas prácticas como en el caso del *Manual de ciclista*.

En nuestro país se han realizado diferentes estudios centrados en la seguridad del ciclista, por ejemplo en Monclús et al. [7] se hace una revisión de estudios nacionales e internacionales sobre la eficacia del uso del casco en los ciclistas; en este también se aportan algunos datos estadísticos de la reducción estimada de lesiones de diferente tipo a causa de accidente.

Sin embargo, la posibilidad de acceder a datos reales y diferentes estadísticas relacionadas con el uso de la bicicleta y siniestralidad en España es aún bastante escasa; uno de los documentos que recoge mayor nivel de información sobre ello son el *Barómetro de la Bicicleta en España* [22], informe elaborado por la Red de Ciudades por la Bicicleta y la Dirección General de Tráfico y con una periodicidad no establecida ya que sólo ha habido seis ediciones en los últimos años. Otro ejemplo es la publicación que lleva como título *Las principales cifras de la siniestralidad de los ciclistas* [23] también realizado por la Dirección General de Tráfico y publicada cada ciertos años, informe en el cual se realizan numerosas clasificaciones distintas de los datos.

Bajando a un nivel aún más local, centrándonos en Sevilla, el nivel de estudios y número de análisis es aún menor, y es sólo en casos como en *Análisis sobre la movilidad ciclista en Sevilla* [25], publicado en el año 2016 por el SIBUS (Sistema Integral de la Bicicleta en la Universidad de Sevilla), se realiza un estudio estadístico de los accidentes y se presentan algunos resultados, pero partiendo de datos policiales y de tráfico. Por otro lado, en Castillo-Manzano et al. [8] se trata otro punto importante que mencionaremos más adelante en las diferentes medidas de seguridad relacionadas con el entorno: la “peatonalización” y el acondicionamiento también para ciclistas de diferentes zonas de nuestra ciudad que se encuentran fuera del casco histórico y su impacto en la economía.

1.3 Objetivos principales

Este proyecto tiene como objetivo principal la realización de un análisis estadístico de accidentes en bicicleta a partir de registros sanitarios proporcionados por uno de los hospitales más importantes de Sevilla; se realizarán clasificaciones según diferentes características tales como edad, sexo, época del año, etc además de un estudio de tipos de lesiones y diagnósticos, entre ellas las maxilofaciales. Se llevará a cabo así mismo un estudio de campo en la ciudad de Sevilla en el que se estudiarán las infraestructuras existentes, sus defectos más comunes y posibles medidas de mejora para la prevención de accidentes, acompañado de un análisis comparativo sobre las principales líneas de avance y desarrollo previstas en las vías ciclistas de la ciudad, especialmente en el Programa de la

Bicicleta de Sevilla 2020 [18].

Por otro lado, se pretende hacer una revisión de toda la literatura existente relacionada con la accidentalidad en el transporte en bicicleta: cifras actuales, causas y tipos de accidentes, tecnologías y medios de seguridad, y tipos de vías y entornos, tanto en Europa como en España.

Todo ello tiene a su vez un objetivo principal: esclarecer, a través de datos reales hospitalarios y mediante el ejemplo claro de nuestra ciudad, las posibles causas de la siniestralidad en este medio de transporte, los medios de seguridad que existen y hacia dónde debemos dirigirnos para mejorar la prevención y la seguridad. Se pretende así mismo demostrar y recalcar la importancia que tienen este tipo de registros sanitarios en los análisis y estudios sobre accidentalidad, ya que ayudan a mejorar el conocimiento sobre las causas y consecuencias con respecto al análisis básico que se venía haciendo en la mayoría de casos hasta ahora a partir de registros policiales únicamente.

2 LA ACCIDENTALIDAD EN LA BICICLETA

En este segundo capítulo se realizará una revisión general sobre la accidentalidad vial en la bicicleta: primeramente nos centraremos en analizar los tipos de vías y entornos existentes, las causas y los tipos de accidentes más comunes, y tras ello se expondrán los principales elementos y avances en seguridad en la bicicleta. Por otro lado, recorreremos la situación actual en Europa, España y Andalucía a través de cifras y estadísticas elaboradas por diversos organismos que se citarán en el correspondiente apartado.

2.1 Tipos de vía y entorno

En reglas generales y abarcando la circulación de todo tipo de vehículos y no exclusivamente de bicicletas, diferenciaremos de aquí en adelante entre vías urbanas y vías interurbanas. Según el Reglamento General de Circulación aprobado por el Real Decreto 1428/2003, de 21 de Diciembre [29] se define como vía urbana toda vía pública situada dentro de poblado, excepto travesías, mientras que la vía interurbana sería toda aquella vía pública situada fuera de poblado. Es decir, las vías urbanas formarán la red interior de comunicaciones de una población, excluyendo las travesías, y las interurbanas comunicarán diferentes poblaciones y ciudades entre sí.

Según el Real Decreto 6/2015, de 30 de octubre por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, se define como vía ciclista aquella específicamente acondicionada para el tráfico de ciclos, con la señalización correspondiente y cuyo ancho permite el paso seguro de dichos vehículos. Los cuatro tipos de vías ciclistas a considerar y sus respectivas definiciones según la Ley mencionada son los siguientes:

- Carril-bici: vía ciclista que discurre adosada a la calzada, en un solo sentido o en doble sentido. El carril-bici protegido será aquel separado físicamente del resto de la calzada y de la acera mediante elementos laterales.



Figura 2-1. Carril bici. Fuente: Manual de Recomendaciones de Diseño para Vías Ciclistas de Andalucía [26].

- Acera-bici: vía ciclista señalizada sobre la acera.



Figura 2-2. Aceras-bici. Fuente: Manual de Recomendaciones de Diseño para Vías Ciclistas de Andalucía [26].

- Pista-bici: vía ciclista segregada del tráfico motorizado, con trazado independiente de las carreteras.



Figura 2-3. Pistas-bici. Fuente: Manual de Recomendaciones de Diseño para Vías Ciclistas de Andalucía [26].

- Senda ciclable: vía para peatones y ciclos, segregada del tráfico motorizado, y que discurre por espacios abiertos, parques, jardines o bosques.



Figura 2-4. Sendas ciclables. Fuente: Manual de Recomendaciones de Diseño para Vías Ciclistas de Andalucía [26].

Además, en algunas regiones se considera también un quinto tipo de vía ciclista diferenciada: la ciclo calle o ciclo carril; se trata de aquella vía ciclista especialmente acondicionada y destinada en primer lugar a las bicicletas y en la que los vehículos motorizados deberán circular a cierta velocidad máxima que estará específicamente señalizada.



Figura 2-5. Ciclo carril con velocidad limitada a 30 km/h. Fuente: www.cronicamadrid.com.

El diseño de estas vías ciclistas será de vital importancia en la seguridad de sus futuros usuarios y por tanto tendrá un impacto directo en la accidentalidad, es por esto que desde diferentes plataformas y organizaciones han realizado diferentes tipologías de manual de recomendaciones de diseño, por ejemplo la DGT publicó en el año 2000 el *Manual de Recomendaciones de Diseño, Construcción, Infraestructura, Señalización, Balizamiento, Conservación y Mantenimiento del Carril Bici* [27]. Por su parte la Junta de Andalucía, a través del mencionado Plan Andaluz de la Bicicleta, desarrolló el *Manual de Recomendaciones de Diseño para Vías Ciclistas de Andalucía* [26]. Estas publicaciones definen una serie de criterios para el diseño: parámetros geométricos en función de la velocidad, anchuras mínimas y resguardos, secciones, radios de curvatura y pendientes longitudinales y

transversales. A modo de ejemplo, en la siguiente tabla se expone la anchura mínima necesaria de las vías para las diferentes configuraciones según la DGT:

Anchura mínima sentido único	1,5 m
Anchura mínima doble sentido sin bordillos	2,5 m
Anchura mínima doble sentido con bordillos	3,0 m
Resguardo aparcamiento	0,8 m
Separación entre carril-bici y carril de tráfico motorizado	0,8 m (0,5 m para zonas urbanas)

Tabla 2-1. Anchura y separación mínima en vías ciclistas. Fuente: DGT.

Por otro lado, se exponen diferentes criterios constructivos relacionados con el firme, el pavimento y el drenaje de las vías. La elección del tipo de firme irá en función de distintas consideraciones técnicas y económicas: capacidad de carga de la vía, regularidad superficial, adherencia, drenaje, durabilidad, costes de ejecución y costes de mantenimiento. Atendiendo a estas características y consideraciones, se recomienda el uso de diversos materiales para el firme: zahorras artificiales, suelos de cemento, hormigón, y otros materiales referenciados en diferentes Pliegos de Especificaciones Técnicas del organismo regulador de cada comunidad. Para el pavimento, además de los materiales anteriores, también existen otras alternativas tales como mezclas bituminosas, lechadas bituminosas, tratamientos superficiales de riego con gravilla, adoquines, baldosas y otros tipos de pavimentos especiales. Para el drenaje, la solución más generalizada es la dotación de pendiente para permitir la evacuación del agua; normalmente se recomienda una pendiente transversal del 2%, para las zonas interurbanas se dan otra serie de recomendaciones relacionadas con sumideros, cunetas y con la instalación de sistemas de drenaje profundo más complejos para casos puntuales en los que exista peligro de infiltración de agua.

2.1.1 Señalización

Teniendo como funciones principales la regulación de la circulación y la orientación e información de los usuarios, deberán seguir unos principios básicos tales como dotar al usuario de seguridad vial y de la prevalencia que este tiene sobre el tráfico motorizado, además deberán caracterizarse por su claridad, sencillez y uniformidad en cuanto a los criterios de implantación. Los principales elementos de señalización aplicables a las vías ciclistas son los siguientes:





- Semáforos: especialmente necesarios en las intersecciones con otros usuarios o con otro tipo








de tráfico, pueden requerir de una fase específica para las bicicletas como los de la siguiente figura:





Figura 2-6. Semáforos con fase específica para ciclistas. Fuente: Manual de Recomendaciones de Diseño para Vías Ciclistas de Andalucía [26].

- Señalización vertical: a continuación se muestran las señales propuestas por la DGT para el caso de las vías ciclistas e intersecciones.

P-1 Señalización de advertencia de peligro	Intersección con prioridad	
P-3 Señalización de advertencia de peligro	Semáforos	
P-13a Señalización de advertencia de peligro	Curva peligrosa hacia la derecha	
P-13b Señalización de advertencia de peligro	Curva peligrosa hacia la izquierda	

<p>P-16a Señalización de advertencia de peligro</p>	<p>Bajada con fuerte pendiente</p>	
<p>P-16b Señalización de advertencia de peligro</p>	<p>Subida con fuerte pendiente</p>	
<p>P-20 Señalización de advertencia de peligro</p>	<p>Peatones</p>	
<p>R-1 Señalización de prioridad</p>	<p>Ceda el paso</p>	
<p>R-2 Señalización de prioridad</p>	<p>Detención obligatoria o stop</p>	
<p>S-13 Señalización de indicación</p>	<p>Situación de un paso para peatones</p>	
<p>S-17 Señalización de indicación</p>	<p>Estacionamiento</p>	

S-123 Señalización de indicación	Área de descanso	
S-124 Señalización de indicación	Estacionamiento para usuarios del ferrocarril	
S-125 Señalización de indicación	Estacionamiento para usuarios del ferrocarril inferior	
S-126 Señalización de indicación	Estacionamiento para usuarios de autobús	
P-15a Señalización de advertencia de peligro	Resalto	
P-20 Señalización de advertencia de peligro	Peatones	
P-22 Señalización de advertencia de peligro	Ciclistas	

<p>P-22 Señalización de advertencia de peligro</p>	<p>Ciclistas (doble sentido)</p>	
<p>R-1 Señalización de prioridad</p>	<p>Ceda el paso</p>	
<p>R-2 Señalización de prioridad</p>	<p>Detención obligatoria o stop</p>	
<p>R-102 Señalización de prohibición</p>	<p>Entrada prohibida a vehículos de motor</p>	
<p>R-407a Señalización de obligación</p>	<p>Vía reservada para ciclos o vía ciclista</p>	
<p>R-505 Señalización de prohibición</p>	<p>Fin de vía reservada para ciclos</p>	
<p>S-13 Señalización de indicación</p>	<p>Situación de un paso para peatones</p>	



Señalización de indicación (propuesta)	Itinerario ciclista	
Señalización de indicación (propuesta)	Fin de itinerario ciclista	

Tabla 2-2. Ejemplos de señalización vertical propuestos por la DGT. Fuente: Manual de Recomendaciones de Diseño para Vías Ciclistas de Andalucía [26].

Además de esta señalización vertical, deberá existir señalización horizontal formada por marcas pintadas sobre el pavimento de la vía: marcas longitudinales de separación de carriles y delimitación de la vía, marcas transversales para indicar zona de detención o precaución, flechas y otros símbolos para regulación de tráfico.



Figura 2-7. Ejemplo de señalización horizontal en una vía ciclista. Fuente: web del ayuntamiento de Vitoria.

2.1.2 Intersecciones

El diseño y posterior uso de las intersecciones tendrá un papel fundamental, ya que se trata de las zonas con mayor accidentalidad en las vías ciclistas. En los manuales y recomendaciones de diseño de vías ciclistas se indican una serie de criterios básicos que se deberán cumplir, entre los cuales destacan:

- Necesidad de superficie suficiente de acceso a la intersección de forma segura.

- Debe haber visibilidad y espacio suficiente para todos los usuarios de la intersección.
- Señalización clara, legible y coherente.
- Las velocidades de todos los usuarios deberán ser compatibles y deberán estar correctamente señalizadas.
- Las vías ciclistas deben tener continuidad en la intersección y debe ser claramente identificable; mediante sobreelevación, uso de colores, texturas, etc.
- Se deben minimizar los tiempos de espera y los recorridos de los ciclistas.
- Se deberá aumentar todo lo posible la distancia de la vía ciclista de los puntos de conflicto de la intersección.

En cuanto a la circulación de los usuarios en la intersección, se deberá tener en cuenta el *Reglamento General de Circulación [29]*, un punto de vital importancia será la prioridad de paso, en dicho reglamento se establece que los conductores de bicicleta tendrán prioridad con respecto al resto de vehículos cuando circulen por una vía ciclista o un arcén debidamente señalizado, cuando para entrar en otra vía el vehículo a motor gire en cualquier dirección y haya un ciclista en sus proximidades, cuando circulando en grupo, el primer ciclista haya emprendido ya el cruce o haya entrado en una glorieta. En el resto de casos y cuando no exista señalización que regule la prioridad se deberá respetar la regla de la mano derecha: se cederá el paso a los vehículos que se aproximen en dicha dirección.

A modo de resumen, se presentan a continuación los tipos de intersecciones más comunes:

- Intersección en T: son aquellas en las que una vía secundaria desemboca en una vía principal. Los usuarios de la vía principal tienen preferencia sobre los de la secundaria.

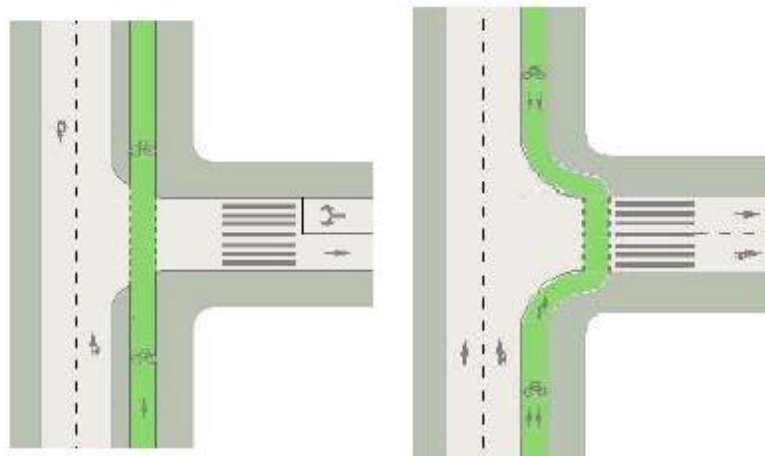


Figura 2-8. Ejemplos de Intersecciones en T. Fuente: Manual de Recomendaciones de Diseño para

Vías Ciclistas de Andalucía [26].

En la figura anterior podemos ver dos ejemplos típicos de configuraciones de intersección en T; en la primera el carril ciclista se mantiene recto acomodando la trayectoria del ciclista pero perjudicando su seguridad en caso de giro de un vehículo desde la vía principal, para alejar a dicho usuario de esta posible situación se puede modificar el trazado de la vía con el inconveniente de perderse cierta claridad en cuanto a la preferencia del paso.

- Cruces con carril de giro a la derecha independiente: se dan cuando existe una isleta triangular para realizar un giro a derecha. Las dos soluciones más usuales son las siguientes:

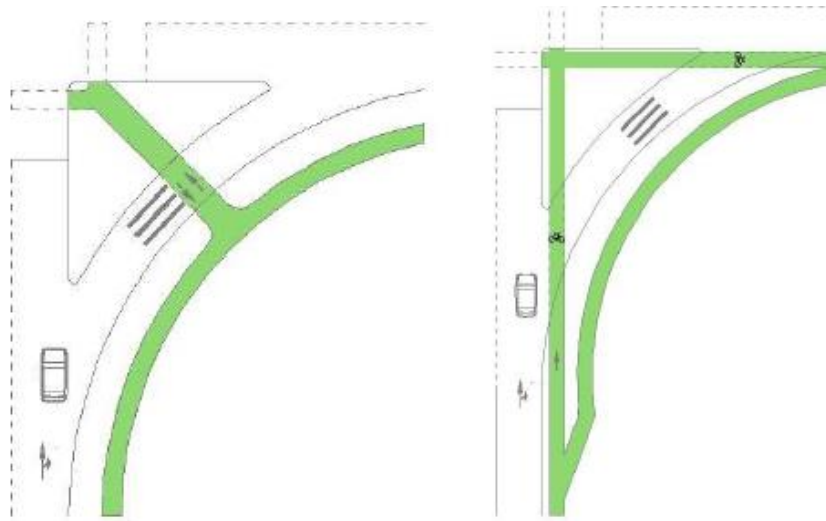


Figura 2-9. Ejemplos de cruces con carril de giro a derecha. Fuente: Manual de Recomendaciones de Diseño para Vías Ciclistas de Andalucía [26].

- Intersección con giro ciclista a la izquierda: en este tipo de intersecciones comúnmente encontraremos dos configuraciones diferentes que serán las que mayor seguridad vial representen; en primer lugar nos encontraremos con un giro indirecto que se realizará desde una zona de espera de la vía ciclista situada delante del paso de peatones, ya sea a la izquierda o a la derecha de la vía, en segundo lugar y orientado a mayores intensidades de tráfico se suelen colocar semáforos que sirven para separar en fases la circulación de los distintos tipos de usuarios de la intersección; el uso de semáforos específicos para la vía ciclista facilitará la circulación.

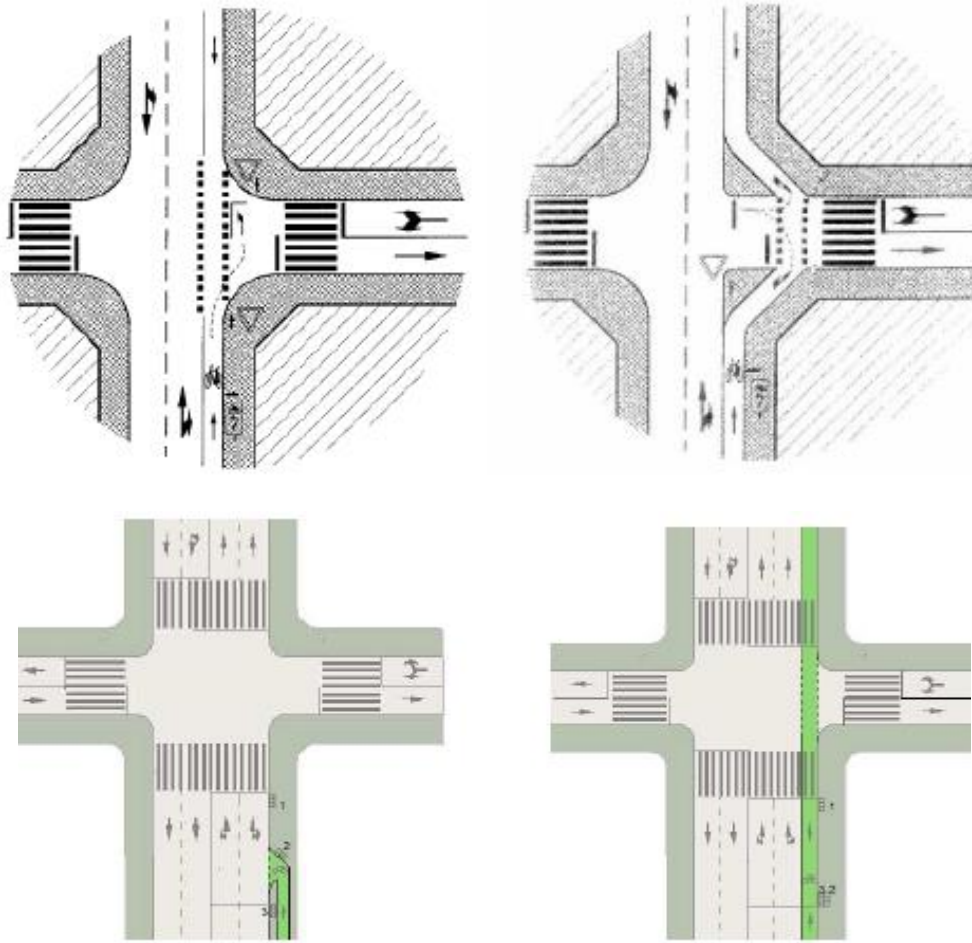


Figura 2-10. Ejemplos de intersecciones con giro ciclista a la izquierda indirectamente (arriba) y con semaforización (abajo). Fuente: Manual de Recomendaciones de Diseño para Vías Ciclistas de Andalucía [26].

- Zonas adelantadas para ciclistas: aplicable a cualquier tipo de giro (tanto a derecha como a izquierda), se basa en una zona adelantada alrededor de 5 metros con respecto a la línea de stop del resto de vehículos a motor; así, los ciclistas tendrán cierta ventaja en cuanto a tiempo y recorridos sobre los demás usuarios de la vía.
- Glorieta con carril exterior como carril bici o acera bici: se trata de aquellas glorietas que aprovechan el carril segregado exterior como carril para bicicletas. El principal problema de estas intersecciones se da en forma de conflicto de prioridades ya que, por ejemplo, el vehículo que circula en su interior interrumpirá el paso de las bicicletas al abandonar la glorieta. Por ello este será un caso especial donde la señalización deberá establecer de forma unívoca la prioridad de cada usuario. Así mismo una posible solución a esta problemática residiría en llevar los carriles o aceras bici hasta el paso de cebra y en dicho punto establecer el cruce de los mismos.

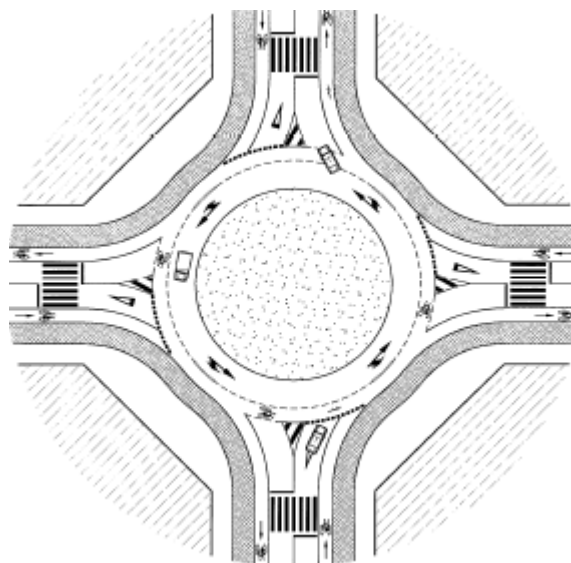


Figura 2-11. Glorieta con carril bici exterior Fuente: DGT.

- Intersecciones de vía ciclista con vía motorizada: debido a la especial peligrosidad que tienen este tipo de intersecciones, será de nuevo de vital importancia una correcta señalización, además se deberá garantizar la disminución de velocidad de todos los usuarios y siempre que el ancho de la vía lo permita se instalará una isleta intermedia para que el ciclista pueda cruzar la calzada en dos fases, tal y como se puede observar en la siguiente figura.

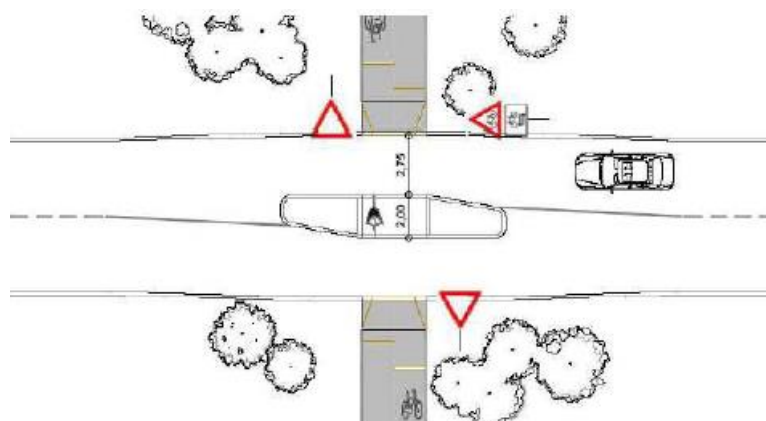


Figura 2-12. Intersección de vía ciclista con vía motorizada con isleta central. Fuente: Manual de Recomendaciones de Diseño para Vías Ciclistas de Andalucía [26].

- Intersecciones con ramales de enlace: se trata de una configuración similar a la anterior pero con el agravante de que el vehículo motorizado circula por la intersección guardando especial atención a la vía principal a la que se incorpora.

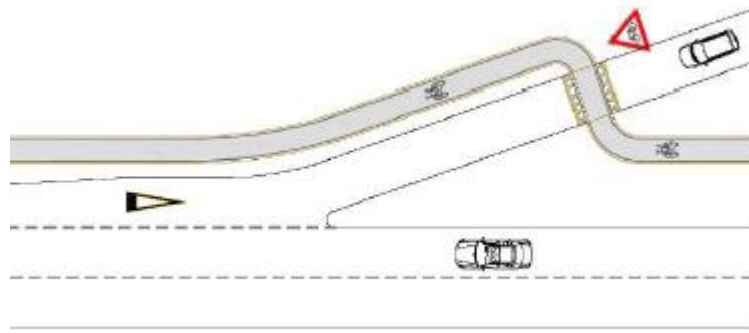


Figura 2-13. Intersección de vía ciclista con ramal de enlace. Fuente: *Manual de Recomendaciones de Diseño para Vías Ciclistas de Andalucía* [26].

- Pasos a distinto nivel: en muchos casos la única solución posible es la instalación de pasos a distinto nivel para salvar la intersección entre las diferentes vías. En esta configuración uno de los puntos de mayor importancia será la implantación de rampas con la menor pendiente posible para que tanto usuarios con bicicleta como a pie puedan acceder sin dificultad.
- Paso de peatones sobre vía ciclista: en este caso la principal característica que deberá guardar dicha intersección será el favorecimiento del cruce en condiciones de seguridad; salvo señalización expresa, la prioridad corresponderá al peatón. Los elementos de señalización serán de nuevo de vital importancia.

2.2 Causas y accidentes más comunes

Según la *European Safety Road Observatory, ERSO*, en su publicación ya mencionada anteriormente *Traffic Safety Basic Facts 2017 – Cyclists* [20], existen una serie de eventos críticos que provocan los accidentes de ciclistas entre ellos o con otros vehículos motorizados:

- Iniciación del movimiento de manera prematura.
- Ausencia de reacción ante una situación peligrosa inminente.
- Circulación en dirección incorrecta.
- Prolongación excesiva de acción o movimiento (llevado demasiado lejos).
- Respuesta llevada a cabo de manera tardía.
- Velocidad excesiva.
- Aceleración o frenado excesivos.

- Distancia de seguridad demasiado corta.

Pudiendo darse en algunas situaciones varios de estos eventos y elevando por tanto la probabilidad de sufrir un accidente e incluso de la gravedad del mismo.

Existen numerosas causas posibles que pueden provocar un accidente, en la mayoría de casos sucediendo varias simultáneamente, pero la mayor parte de las publicaciones y estudios realizados sobre este tema coinciden en las más importantes y concurrentes. A continuación se muestran los factores concurrentes ordenados de mayor a menor asiduidad según el estudio *Análisis de la siniestralidad en ciclistas* [24] realizado por el Centro de Estudios de Seguridad Vial y la Universidad de Valencia:

Distracción

Tanto por parte del ciclista como del conductor del vehículo a motor, se dan cada vez con mayor frecuencia accidentes ocasionados por situaciones de distracción durante la conducción: uso de móvil y diferentes aparatos electrónicos, realización de actividades totalmente ajenas, o simplemente falta de atención en la vía y en el entorno de la misma. En este último caso, en muchas ocasiones viene provocado por la fatiga, cansancio o enfermedad, factor que veremos más adelante.

Inexperiencia del conductor

La falta de experiencia es otro factor bastante común entre algunos ciclistas. Dado que no es necesario realizar ninguna prueba ni obtener ninguna acreditación para poder circular con la bicicleta, esta causa se encuentra en el segundo lugar. Así mismo, la falta de conocimiento sobre la señalización y la legislación vigente referente a la circulación en bicicleta juega a favor de ello.

Alcohol o drogas

Debido a que no es tan común la realización de controles de alcoholemia y drogas a ciclistas, muchos conductores optan por usar la bicicleta como medio de transporte después de haber consumido dichas sustancias. Es por ello que se trata de un factor bastante que se da con cierta frecuencia cuando sucede un accidente.

Cansancio, fatiga o sueño

En esta ocasión, hablamos de un estado físico o mental de cansancio o fatiga, provocado en muchos casos por el propio sueño, aunque no siempre es así. Por otro lado, el hecho de tratarse de un medio de transporte propulsado por el usuario directamente, hace que el cansancio se de con bastante más frecuencia que en los vehículos autopropulsados, especialmente conforme aumentamos la distancia o la complejidad del trazado. Este factor estará directamente relacionado con el primero; a mayor

sensación de cansancio, fatiga o sueño también habrá mayor distracción.

La velocidad

La velocidad es otro factor con cierta recurrencia: la diferencia de velocidad con respecto a los vehículos a motor, especialmente en vías interurbanas, provoca que exista un gran riesgo de accidente. En las vías interurbanas, éste estará también estrechamente asociado al hecho de llevar una velocidad inadecuada y, por tanto, hacer que la probabilidad de que muchos de los eventos mencionados anteriormente suba exponencialmente; tiempo de reacción insuficiente, respuesta tardía, distancia de seguridad demasiado corta, etc.

Infracciones

Cometer infracciones supone otra de las causas más comunes de accidente entre los ciclistas, las más frecuentes según *Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23]* son: no respetar la señal de STOP, no respetar el paso para peatones, circular en sentido contrario o por un lugar prohibido, invadir parcialmente el sentido contrario, adelantar de forma antirreglamentaria y no mantener la distancia de seguridad.

Factores externos

Relacionados en muchas ocasiones con las causas mencionadas anteriormente, algunos de los factores externos más importantes son los siguientes:

- Tipo y diseño de la vía: hay tipologías de vía o intersecciones que por su propia configuración suelen tener más riesgo de accidente que otras, especialmente si el diseño de esta no se ha hecho siguiendo las pautas recomendadas para el mismo y también para su señalización. En general las vías urbanas suelen conllevar mayor accidentalidad, debido en parte a la mayor afluencia de tráfico y usuarios, aunque las vías interurbanas las superan en letalidad como veremos posteriormente. En cuanto al tipo de trazado, cabe destacar que en las rectas es donde mayor accidentalidad hay, debido a la falta de atención y distracciones que puede provocar la relativa facilidad de la vía, pero es en las curvas con señal y sin velocidad señalizada donde existe la mayor letalidad.
- Estado de la superficie: un buen diseño teniendo en cuenta los requisitos y guías mencionados anteriormente influye en gran medida en el estado de la calzada y por tanto en el riesgo de que suceda algún accidente.
- Luminosidad de la vía: la falta de luz provoca una disminución de visibilidad en algunos casos y puede por tanto perjudicar a la seguridad del usuario.

- Factores atmosféricos: la niebla, el viento o la lluvia son solo algunos ejemplos de factores meteorológicos que pueden dificultar la buena circulación por una vía ciclista y por consiguiente la seguridad del conductor.
- Densidad de la circulación: en este caso nos podemos referir tanto a la densidad de circulación de ciclistas como a la de vehículos a motor; ambos pueden suponer un factor de riesgo extra.

Un análisis de la colisión sucedida puede ser fundamental para analizar las causas y poder actuar en la prevención de accidentes; desde el diseño de cascos y protecciones hasta la señalización de las diferentes vías. Es por ello que es de vital importancia conocer los tipos de colisiones o accidentes más comunes en los usuarios de bicicletas:

- Incorporación a una glorieta: existen dos distinciones en este caso; cuando el vehículo a motor se incorpora a la rotonda por la que va circulando el ciclista o por el contrario, el ciclista es el que se incorpora a la misma y colisiona con el vehículo. El primer caso es el que se da con mayor frecuencia. En este caso la colisión más común es la lateral o la frontolateral.

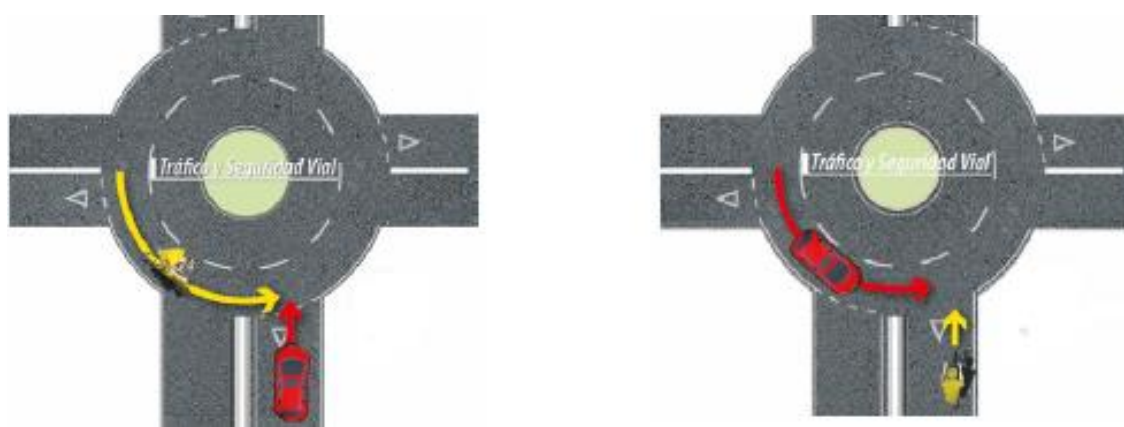


Figura 2-14. Incorporación de vehículo a rotonda en la que circula un ciclista (izquierda) y viceversa (derecha). Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

- Accidentes en intersecciones (cruces): igual que en el caso anterior, se dan dos configuraciones dependiendo de si el vehículo que circula por la vía principal es el motorizado o la bicicleta, la primera de ellas representa mayor porcentaje de accidentalidad según las diferentes publicaciones. En la siguiente figura se expone uno de los casos más comunes: el cruce. Al igual que la tipología anterior, esta configuración supone una colisión lateral o frontolateral normalmente.

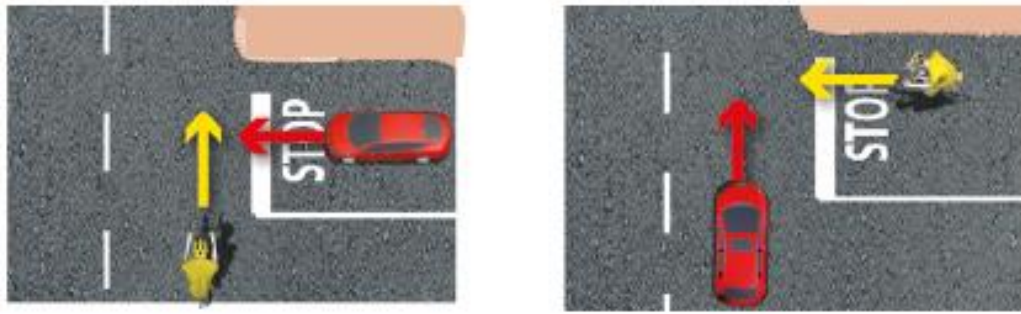


Figura 2-15. Situación de cruce entre ciclista y vehículo a motor cuando el primero se incorpora a la vía principal (derecha) o viceversa (izquierda). Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

- Giro a la izquierda frente a vehículo en sentido contrario: debido a la falta de visibilidad o a diferentes distracciones, este escenario de colisión lateral o frontolateral se produce con mayor frecuencia cuando el vehículo gira a la izquierda para tomar otra vía y colisiona con el ciclista, el cual recorre la misma vía en sentido contrario. También se da el caso contrario: el ciclista es el que gira a la izquierda, pero debido a que la capacidad de control es mayor y la velocidad más baja, este se da con menor frecuencia.

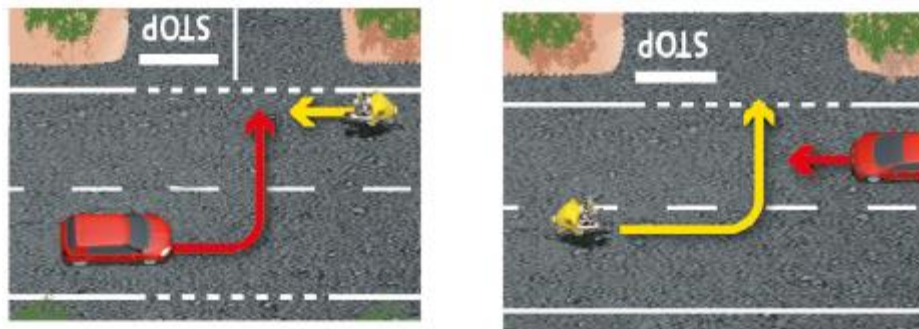


Figura 2-16. Giro a la izquierda de vehículo motorizado frente a ciclista que circula en sentido contrario (izquierda) y viceversa (derecha). Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

- Corte de trayectoria entre vehículos durante un giro: este tipo de colisión sucede cuando el conductor del vehículo motorizado o el ciclista realizan un cambio de dirección de manera que este incide en la trayectoria del otro usuario. Es más común que el accidente suceda cuando el usuario que realiza el giro es el ciclista.

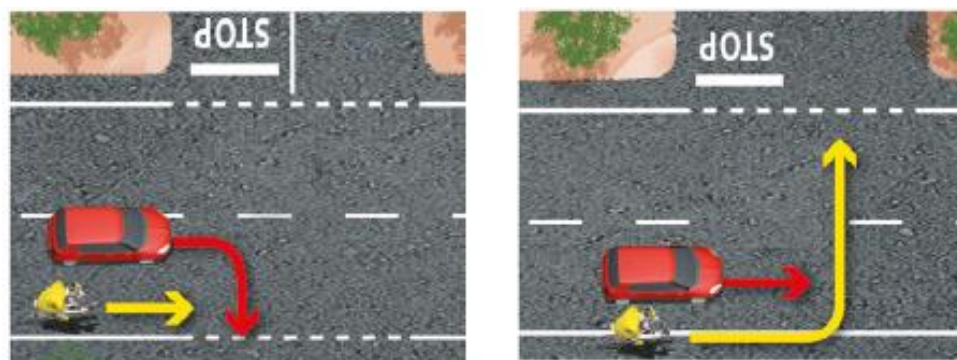


Figura 2-17. Ejemplos de corte de trayectoria de un vehículo motorizado a una bicicleta (izquierda) y viceversa (derecha). Fuente: *Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas* [23].

- Colisión por alcance: mayoritariamente es el vehículo a motor el que alcanza al ciclista debido a la gran diferencia de velocidad posible que existe entre ambos, sin embargo, también existen casos en los que debido a una frenada brusca, sea el ciclista el que colisione contra el automóvil.

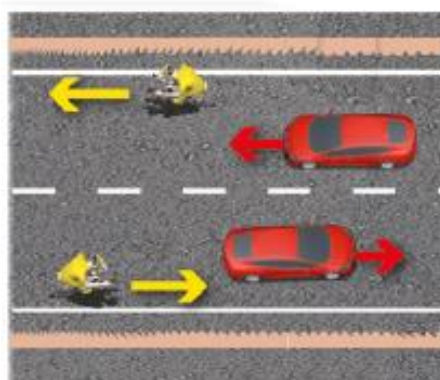


Figura 2-18. Situación de alcance de un automóvil a un ciclista (arriba) y viceversa (abajo). Fuente: *Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas* [23].

- Circulación en paralelo, cambio de carril y adelantamiento: muchas de las colisiones y accidentes ciclistas están ocasionados por una invasión del carril por parte de otros automóviles o por un adelantamiento de los mismos sin mantener la distancia de seguridad legal: invasión de arcenes, carriles o espacios adyacentes.

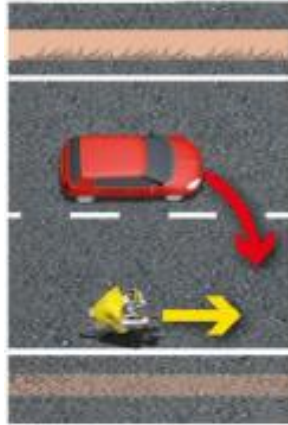


Figura 2-19. Situación de invasión inminente del espacio de circulación del ciclista por parte de un automóvil. Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

- Cambio de carril de vehículos en sentido contrario: al igual que en el caso anterior, la situación de invasión de carril o espacio adyacente por parte del automóvil o del ciclista es el caso más representativo también cuando ambos vehículos circulan en sentido contrario.

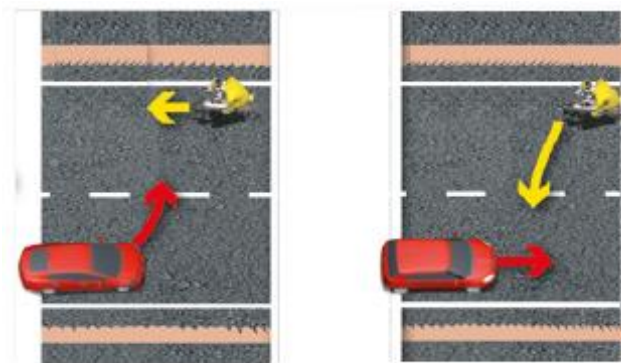


Figura 2-20. Situación de invasión inminente del espacio de circulación en un adelantamiento en sentido contrario. Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

- Colisión con vehículo estacionado al abrir la puerta: otra configuración de accidente con cierta frecuencia es la sucedida entre un ciclista y un vehículo aparcado cuando se abre la puerta del mismo. A pesar de que se puede evitar fácilmente cerciorándose de que no hay ningún ciclista próximo, es crucial en el diseño de las vías tener en cuenta las distancias necesarias entre calzada y aparcamientos para que esto no suceda.
- Colisión entre ciclista y peatón: dado que en muchos casos, especialmente en vías urbanas, ciclistas y peatones comparten espacio, existe cierto riesgo de colisión entre ambos usuarios. Habrá que tener en cuenta también estos casos en el diseño de vías, dando al peatón una mayor preferencia sobre el resto.

2.3 Tecnologías y elementos existentes en seguridad

Con el objetivo de reducir en la medida de lo posible las consecuencias de los accidentes en bicicleta y su letalidad, muchas organizaciones y compañías investigan y desarrollan sistemas y tecnologías de seguridad para el ciclista. Bien es cierto que, a pesar de no ser la única vía necesaria para la seguridad del usuario (también habrá que tener en cuenta la señalización, diseño de la vía ciclista, etc), es la que primero actúa protegiendo directa e inmediatamente al mismo.

En primer lugar, comentaremos las principales tecnologías o elementos de seguridad que existen para la persona, tras esto nos centraremos en las existentes en la bicicleta y finalmente en el entorno.

2.3.1 Persona

A continuación pasamos a comentar las principales medidas de seguridad existentes para el usuario de la bicicleta y algunos de los avances que se están llevando a cabo en los mismos.

El casco: sin duda, este es el elemento de seguridad pasiva más importante del ciclista y el que puede prevenir lesiones más severas en caso de accidente. En cuanto a la regulación vigente, la DGT distingue entre tipo de vía y edad para referirse a su obligatoriedad: el uso del casco sólo es obligatorio para menores de 16 años o si se circula por una vía interurbana; dentro de la ciudad la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial sólo se centra en su recomendación.

Según la publicación *Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23]*, se ha incrementado la utilización del casco de tal forma que en 2007 un 45% de los heridos hospitalizados no lo usaba, mientras que en 2016 ese porcentaje se vio reducido hasta el 13%. En el caso de los heridos no hospitalizados el porcentaje pasa del 25% al 9%. En el caso de los fallecidos por accidente de bicicleta en España, las cifras son pequeñas y por tanto incapaces de mostrar una tendencia clara.

Según Monclús et al. [7] el casco previene entre un 40% y un 90% de todas las lesiones graves en la cabeza y el cerebro a nivel internacional. Este estudio realiza un breve resumen sobre las revisiones más relevantes sobre el uso del casco internacionalmente, entre las que destaca la realizada por la Colaboración Cochrane en 2009, formada por una red internacional de expertos reconocida por la ONU sobre la efectividad de diferentes aspectos de la salud y la prevención de lesiones y en la que se concluían los siguientes puntos:

- Las lesiones en la cabeza son la causa de alrededor de un 75% de las muertes en accidentes ciclistas.

- El casco reduce entre el 60% y el 90% las lesiones graves de cabeza y cerebro.
- Reducen en un 65% las lesiones en la parte media y superior de la cara.

Por su parte, otras muchas organizaciones y asociaciones de ciclistas se oponen a la obligatoriedad del uso del casco argumentando que una de las principales desventajas que ello conlleva es la disminución del uso de la bicicleta, especialmente de forma recreativa, debido a sus inconvenientes logísticos o falta de comodidad para algunos ciclistas. La Organización Mundial de la Salud, OMS, apoya en parte esta posición ya que a pesar de promocionar su uso, declara que su obligatoriedad desincentivaría el uso de la bicicleta y se posicionaría en contra de la movilidad sostenible y la mejora de hábitos saludables. La OMS se basa en el hecho de que, según dicen, si se promociona el uso de la bicicleta, se aumentaría el número de usuarios y esto disminuiría la accidentalidad del colectivo. Queda por ello latente la necesidad de realizar estudios que, basados en casos reales, indaguen sobre las consecuencias en términos de lesiones de los accidentes ciclistas.

Para que el casco esté homologado, y por tanto tenga el marcado correspondiente según la normativa europea EN 1078, debe superar ciertas pruebas basadas principalmente en asegurar la protección del ciclista frente a impactos del mismo a velocidades no superiores a 30 km/h.

En cuanto a los avances y desarrollos, muchos han ido enfocados al diseño del mismo y la mejora de la comodidad del usuario al usarlo: mayor ventilación, uso de materiales resistentes pero con poco peso como fibra de carbono u otros materiales compuestos, integración por partes, etc. Dependiendo del tipo de uso y especialmente en las modalidades deportivas del ciclismo de montaña, existen cascos que ofrecen mayor protección, a veces incluso en las partes bajas de la cara; se trata de cascos integrales cada vez más similares a los usados en la motocicleta.



Figura 2-21. Casco ciclista de competición antiguo frente al actual.

Otros estudios científicos se centran en analizar los esfuerzos a los que se somete el casco en una

colisión típica, ya que, la contrario que en las pruebas realizadas para su homologación bajo la EN 1078 en la que sólo se tiene en cuenta un impacto exterior lineal, lo más frecuente será la combinación de impactos tangenciales y lineales. Por ejemplo, en Milne et al. [9] se analiza numéricamente mediante modelos de elementos finitos el comportamiento de un casco frente a estos impactos y se compara con el comportamiento real obtenido experimentalmente.



Figura 2-22. Modelos de impactos lineales y transversales realizados mediante elementos finitos.

Fuente: Milne et al. [9].

En relación a estos esfuerzos reales y centrándose en la aceleración como parámetro, en Hansen et al. [10] se realizan diferentes análisis experimentales y numéricos sobre la novedosa tecnología conocida como AIM (Angular Impact Mitigation), la cual se basa en la construcción del casco mediante una estructura de aluminio de tipo panel de abeja de tal forma que se demuestra que, gracias a la reducción de la máxima aceleración a la que se ve sometido el cráneo del ciclista durante el impacto, se conseguiría disminuir el riesgo de conmoción cerebral alrededor de un 40%.

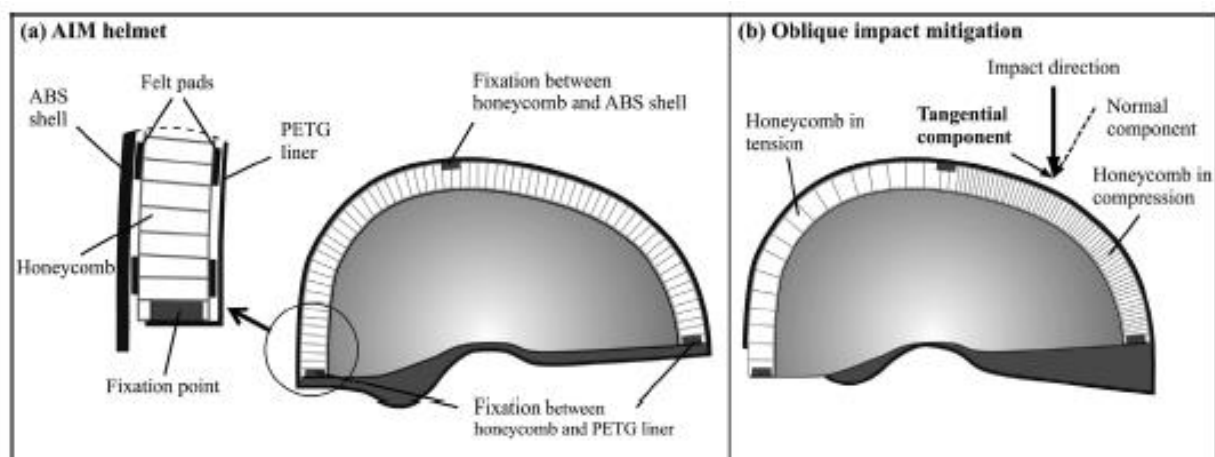


Figura 2-23. Estructura de un casco con tecnología AIM y comportamiento frente a un impacto.

Fuente: Hansen et al. [10].

Otra tecnología reciente y en cuya línea se están llevando a cabo nuevos estudios es la relacionada con los cascos con airbag o *Hövdings* [37]. Este desarrollo nació en Suecia en el año 2005 y fue diseñado por dos estudiantes suecas, dicho invento se basa en los sistemas de airbag de los coches; se trata de un cinturón parecido a una bufanda que abraza el cuello y que, mediante la señal recogida por una serie de sensores y acelerómetros a una frecuencia de 200 veces por segundo aproximadamente, infla en 0,1 segundos una coraza que rodea la cabeza y que es capaz de proporcionar una absorción que puede llegar a ser el triple que la de un casco usual. En 2015 nació el *Hövding* 2.0, el cual incorpora diversas mejoras ergonómicas y de materiales basadas en las opiniones de los usuarios que lo usaron durante los diez primeros años.

Cabe destacar que se han llevado a cabo diferentes tests y estudios acerca del funcionamiento de este sistema, sometiéndolo a distintos tipos de pruebas y en las que los resultados siempre han sido sorprendentemente satisfactorios; el último de ellos fue realizado por el profesor de bioingeniería e ingeniería mecánica de la Universidad de Stanford, David Camarillo, y se basaba en la realización de diferentes impactos a determinadas velocidades, como resultado se determinó que este invento proporciona una mejora sustancial en determinadas lesiones cerebrales, especialmente en la concusión.



Figura 2-24. Hövding o casco airbag. Fuente: Hovding.com [37].

Por otro lado, el *hövding* tiene algunas limitaciones como el hecho de necesitar ser cargado, ya que como hemos mencionado anteriormente su funcionamiento se basa en la señal recibida por una serie de sensores, o el tamaño del mismo; está destinado a usuarios con una edad mínima alrededor de 15 años.

Protecciones corporales: usadas más comúnmente en el ciclismo de montaña de competición o en prácticas urbanas, las protecciones más frecuentes que podemos encontrar son rodilleras y coderas,

otras menos comunes son las espalderas y los petos. Debido al gran riesgo de caída del ciclista en estas prácticas y a la alta probabilidad de colisión contra el terreno o contra cualquier elemento externo, su uso es cada vez más indispensable para proteger las articulaciones ante fracturas y abrasiones. Sus avances principales se centran, al igual que en muchos casos del casco, en un desarrollo estético y ergonómico: mejorar la comodidad del ciclista disminuyendo el peso y adaptándose mejor a sus articulaciones de manera que se permita su movimiento casi sin restricciones.

Gafas: además de disminuir el riesgo de accidente por pérdida de visibilidad o deslumbramiento, las gafas actúan como protección directa de los ojos ante agentes externos tales como polvo, ramas, insectos, etc. Debido al riesgo de que las gafas se caigan, en algunas categorías se utilizan las conocidas como “máscaras” que se sujetan a la cabeza del ciclista mediante una cinta elástica.

Chaleco, prendas y objetos reflectantes: esta prenda resulta imprescindible para que los demás vehículos o usuarios nos vean adecuadamente y a una mayor distancia. La Ley de Tráfico obliga al ciclista a llevar alguna prenda reflectante homologada en el caso de que el mismo circule por una vía interurbana y sea obligatorio el uso del alumbrado. Además de los típicos chalecos, existen otras prendas reflectantes tales como las cintas que se colocan en el tobillo. Por otro lado, existen otros accesorios reflectantes que comúnmente se colocan en las ruedas de la bicicleta o incrustados en los propios pedales o sillín.

2.3.2 La bicicleta

Los elementos de seguridad de la bicicleta, al contrario que la mayoría de los referentes a la persona, son de carácter activo, es decir, su función es prevenir una situación de colisión o accidente o minizar el riesgo de que esta suceda. A continuación vamos a resumir los sistemas más importantes sin entrar en gran detalle en los mismos, ya que cada uno de ellos requeriría un proyecto individual si se quisiera conocer todos los avances y tecnologías.

Neumáticos: su importancia reside en el hecho de que son los elementos que mantienen en contacto la bicicleta con la superficie por donde vamos circulando, por tanto serán estos los que proporcionen la adherencia adecuada en cada situación. En el siguiente esquema observamos las partes más importantes de un neumático convencional en la actualidad.



Figura 2-25. Estructura de un neumático de bicicleta actual. Fuente: Web de la Escuela de Mecánica de la Bicicleta.

El talón es el componente encargado de acoplar el neumático a la llanta de manera segura y evitando que éste se separe cuando se infle. Existen dos tipos de talón principalmente: los de kevlar y los de acero; los primeros son los que se ven frecuentemente en neumáticos de gama media-baja y se caracterizan por poderse plegar, los de acero en cambio suelen ir incorporados en cubiertas de competición o de gama alta y no se pueden plegar.

La carcasa consiste en el recubrimiento interior del neumático y su densidad se mide en TPI o *Threads Per Inch* (hilos por pulgada); cuanto más alto sea el TPI, más hilos formarán la carcasa y por tanto más ligera ya que necesitaremos menos goma para cubrirlo. Esto por otro lado conllevará menos resistencia ante un pinchazo y ante el desgaste. Dependiendo del uso que demos a la bicicleta y en consecuencia al neumático, nos interesará elegir una u otra.

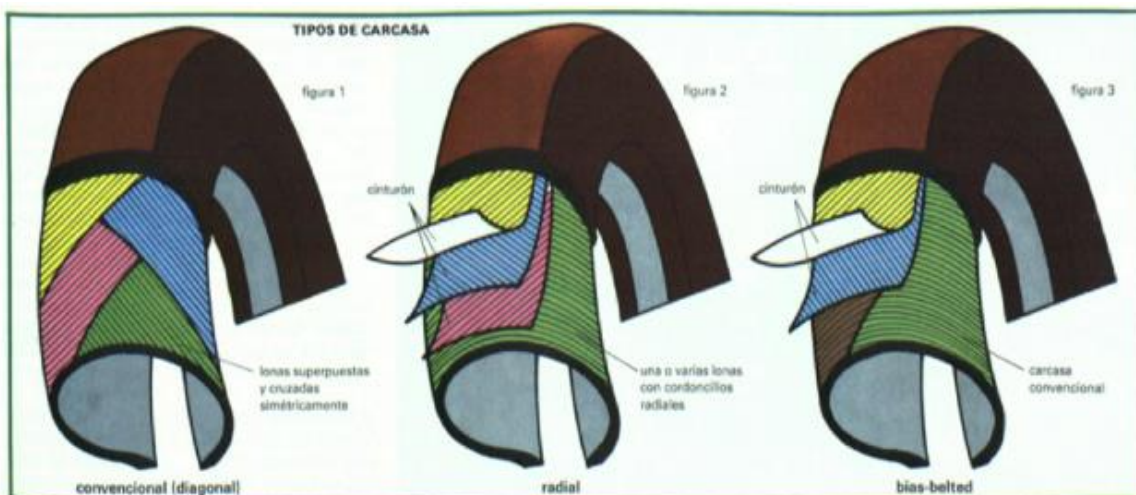


Figura 2-26. Tipos de carcasa de neumático de bicicleta. Fuente: Web de la Escuela de Mecánica de la Bicicleta.

Finalmente, el componente del neumático más importante y también con mayor espectro de variaciones es la banda de rodadura; es el elemento que está en contacto directamente con la superficie y por tanto el que más desgaste sufre. En líneas generales hay dos grandes distinciones: para neumáticos de carretera suelen tener una anchura fina y sin apenas ranuras o tacos, en cambio para el caso de cubiertas de montaña la anchura suele ser mucho mayor al igual que las ranuras o tacos. Al igual que en los neumáticos de coche o moto, existirán diferentes durezas, aumentando la durabilidad proporcionalmente a esta, pero disminuyendo el agarre y la tracción. En el flanco de la cubierta encontraremos todas las características necesarias: ancho de rueda, diámetro interior del neumático, dureza del compuesto y número de TPI. Además en muchos casos también datos sobre la presión idónea o máxima y posición del mismo (sentido de la marcha y rueda delantera o trasera).

Uno de los avances más importantes en el campo de los neumáticos de bicicleta ha sido el desarrollo de cubiertas aptas para usar sin cámara o ruedas *tubeless*, siguiendo la tecnología de los neumáticos usados en el automóvil. Las principales ventajas que aportan las cubiertas sin cámara son la posibilidad de circular con menor presión y por tanto teniendo mayor adherencia y la menor probabilidad de pinchazo (además de disminuirse por la propia tecnología debido a la inexistencia de cámara interior, normalmente se rellenan con cierta cantidad de líquido antipinchazo), en definitiva se trata de un neumático con una fiabilidad bastante superior.

La dirección: es el componente mediante el cual dirigimos la bicicleta hacia el camino deseado, junto con el sistema de transmisión conforman las principales partes de interacción entre esta y el ciclista. Está formada principalmente de: manillar, potencia, tubo de dirección, dirección y horquilla. Existen diversas tipologías de manillar o manubrio dependiendo del tipo y uso de la bicicleta de modo que se adecuen de la mejor forma posible; en los extremos consta de los puños, donde el ciclista agarra el manillar. La potencia es el componente que sirve de unión entre manillar y tubo de dirección; el poste de la propia dirección se introduce en el tubo y a través de la potencia, la cual se cierra a presión mediante un juego de tornillos. Por otro lado, el tubo de dirección forma parte del cuadro de la bicicleta y sirve de alojamiento para el poste de dirección, el cual gira dentro gracias a la caja de dirección, la cual puede ser de diferentes formas: en primer lugar la dirección roscada se caracteriza por unir poste y tubo a través de un juego de espaciadores y tuercas que se ajustan en la rosca del propio poste y existen de varios diámetros, por otro lado, la dirección no roscada tiene a su vez diferentes variantes dependiendo de cómo se alojen dentro del tubo de dirección; convencionales, integradas o semi-integradas. Finalmente, la horquilla une el cuadro y la dirección a la rueda delantera y puede tener suspensión integrada como veremos más adelante.

Por su seguridad, será esencial que la dirección esté bien ajustada y lubricada.

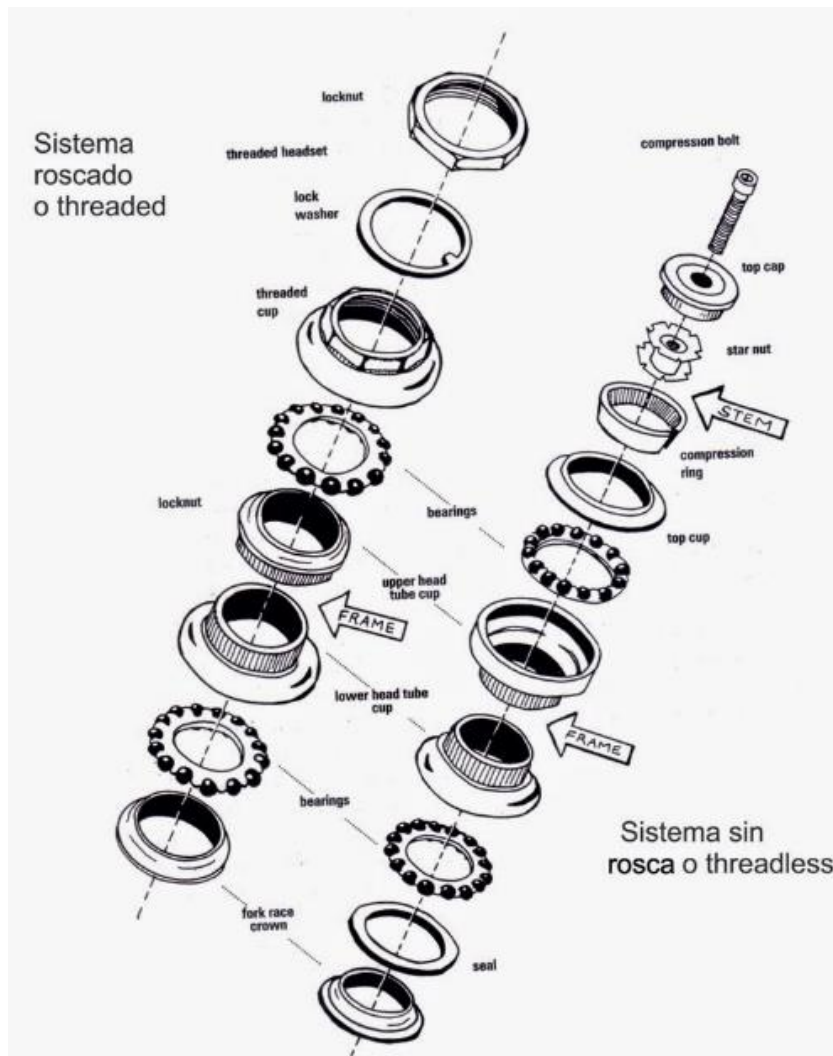


Figura 2-27. Esquema sobre los tipos de cajas de dirección. Fuente: www.mimundoenbici.com.

La suspensión: existen dos configuraciones de suspensión principalmente: la suspensión delantera y la trasera. Normalmente la mayoría de bicicletas de montaña tienen al menos suspensión delantera, mientras que en los modelos para ciclismo no es habitual encontrar ninguna de las dos. La suspensión se encarga de absorber las irregularidades del terreno de forma que se conserve la estabilidad durante el trazado. El sistema de suspensión delantero va integrado directamente en la horquilla y están formados por unas barras que se desplazan por el interior de lo que se conoce como botellas; dentro de cada barra existirá un mecanismo de muelles o bien directamente aire, que será el agente que actuará amortiguando. Existen diferentes diámetros de barras y botellas y varios recorridos dependiendo del uso al que se destine la bicicleta, siendo mayores estos parámetros cuanto más agresivo es el terreno en el que nos desenvolveremos.



Figura 2-28. Partes de una horquilla con suspensión. Fuente: www.brujulabike.com.

En cuanto a la suspensión trasera, esta suele estar presente en bicicletas destinadas al descenso o al enduro. El mecanismo de funcionamiento es el mismo que en la delantera pudiendo existir también un muelle o simplemente una botella de aire a presión, pero en este caso tenemos un solo bloque. Dependiendo de la configuración cinemática se consideran principalmente: pivote virtual, monopivote, monopivote articulado, horst link, amortiguador flotante, split pivot, switch y aos. En el campo de la suspensión se dan una serie de avances basados principalmente en la funcionalidad y en la mejora del comportamiento del sistema, haciéndolo más seguro y robusto. Por otro lado también se han desarrollado otras nuevas configuraciones que buscan una reducción de peso de manera estética, entre esto destaca la suspensión delantera monobloque “LEFTY” de Cannondale.

Frenos: el sistema de frenos es uno de los principales componentes de la bicicleta relacionados con la seguridad del ciclista ya que su función es detenerla por acción del mismo. Actúan directamente sobre cada una de las ruedas y son independientes entre sí. Actualmente existen principalmente dos tipos: los frenos de zapata y los frenos de disco, que a su vez pueden ser accionados mediante circuito mecánico o hidráulico. El primer tipo se compone de dos resortes que albergan las zapatas y que se acercan al pulsar la palanca de freno y tensar el propio cable. Otra clase de freno de zapata o V son los conocidos como frenos Cáliper, configuración en la cual los dos brazos giran en torno a un único tornillo que actúa de pivote. Finalmente, los frenos de disco se han impuesto ante el resto en bicicletas convencionales y de montaña tomando el ejemplo de los sistemas de frenado de motocicletas y coches ya que poseen una mayor potencia de frenado; se basan en un disco metálico unido a la rueda y un conjunto independiente en el que van albergadas las pinzas, al apretar la

palanca las pinzas se acercan y acaban frenando el disco y por tanto la rueda.

Luces y sistemas de alumbrado: estos componentes son de vital importancia ya que actualmente la ley vigente obliga a llevar sistema de alumbrado en condiciones de baja visibilidad: por la noche, pasos inferiores y túneles. En estos casos la bicicleta deberá llevar obligatoriamente una luz de posición de color blanco en la parte delantera y una luz de posición de color rojo en la parte trasera, además de los reflectantes indicados en el apartado anterior. Referente a estos sistemas de seguridad, los avances han acompañado al desarrollo de la propia tecnología electrónica en general; sistemas de batería con carga por usb, leds de bajo consumo, aumento del ratio potencia/peso, etc. Uno de los sistemas de alumbrado más novedoso en la actualidad es el llamado *Blaze laserlight*, este dispositivo se basa en un sistema de proyección de una figura (normalmente una bicicleta) a una distancia regulable por delante del ciclista que ronda los 5 metros, de manera que los vehículos, peatones o ciclistas estén avisados con antelación de la circulación de la bicicleta que incorpora el sistema. Este componente es ideal para condiciones de baja luminosidad como en salidas nocturnas.



Figura 2-29. Sistema *Blaze laserlight* en funcionamiento. Fuente: www.bikecitizens.net.

Otro dispositivo de iluminación que ya está al alcance de cualquier usuario en muchas tiendas es el denominado como *Proyector de carril* y que de una manera similar al sistema anterior, proyecta un carril por donde va circulando la bicicleta de forma que, además de aumentar la visibilidad del ciclista, advierte de la distancia de seguridad mínima.

2.3.3 Entorno

Además de las medidas de seguridad relacionadas con el entorno y la vía que son inherentes directamente al correcto diseño y construcción de las vías ciclistas, como por ejemplo las dimensiones del carril o la señalización, a continuación se mencionarán algunas de las medidas que se están llevando a cabo o desarrollando en diferentes países.

Calles con prioridad peatonal y ciclista: son las conocidas en los países nórdicos como zonas *Traffic calming*, y suelen situarse en las zonas más céntricas de nuestra ciudad en las que la circulación de vehículos a motor está parcial o completamente prohibido con el fin de dar la mayor prioridad posible al peatón y al propio ciclista. En muchas de estas calles existen incluso elementos disuasorios para evitar la entrada de los vehículos. Cabe destacar que en algunos países se lleva a cabo toda una metodología de diseño y gestión para la creación de dichas zonas en los espacios públicos. En Sevilla tenemos algunos ejemplos en la zona centro y se está empezando a extender a zonas fuera del casco histórico tal y como se expone en Castillo-Manzano et al [8].

Guardarraíles: también conocidos como quitamiedos, son los responsables de muchas lesiones y muertes, especialmente de ciclistas y motoristas. En el 2018 se aprobó en el Congreso de los Diputados la modificación de estas barreras para hacerlas más seguras en caso de accidente en aquellos puntos negros. Existen diversas opciones que consisten simplemente en recubrir los postes tapando las aristas vivas de los mismos o en eliminar el hueco existente entre la bionda y el asfalto mediante la instalación de una barrera, esta extensión podría estar construída con chapas de menor espesor con el objetivo de provocar un impacto menor en el accidentado. Hay que mencionar que estas medidas ya se están llevando a cabo en algunas carreteras de nuestro país.



Figura 2-30. Guardarraíles modificados con barreras (izquierda) y recubriendo los postes (derecha).

Fuente: Asociación de Motoristas de Aragón.

Existen otras numerosas propuestas que se encuentran en desarrollo en las que la base principal consiste en usar elementos que proporcionen una mayor absorción ante impacto y que, colocándose como barrera en la zona más baja del guardarrail, tengan la capacidad de deformarse de manera que no devuelvan al accidentado a la carretera tras el impacto. Es el caso de la propuesta del guardarraíl *Dáragon*.

Tecnología V2V: aunque los sistemas V2V o *Vehicles to vehicles* aún estén muy lejos de implantarse en la mayoría de los vehículos al uso, cualquier avance en dicha línea ayudará en la prevención de

accidentes y por tanto también en disminuir las cifras de la accidentalidad ciclista. Estos sistemas permitirán la comunicación entre vehículos y con diversas infraestructuras tales como semáforos de manera que el conductor sea avisado sobre densidad de tráfico, vehículos parados en el arcén, situaciones de prioridad por emergencia, usuarios situados en el ángulo muerto, circulación y proximidad a intersecciones, etc.

Otras medidas: existen otras muchas medidas de seguridad de nivel más básico basadas en la iluminación de los laterales de los carriles o vías ciclistas, la incorporación de elementos brillantes o de colores fosforitos o el cambio del color de la vía cuando esta pasa por una intersección. Muchas de estas medidas, aunque sean a veces insuficientes, deberían comenzar a ser requisito en el diseño de las vías ciclistas.

2.4 Situación actual de la accidentalidad en bicicleta

Para entender en qué situación nos encontramos en cuanto a la accidentalidad ciclista y poder compararla con respecto a la del resto de Europa, es esencial analizar el estado actual existente en la comunidad y también en nuestro propio país.

2.4.1 Europa

En este subapartado nos basaremos principalmente en información disponible en la publicación realizada por el organismo europeo *ERSO: Traffic Basic Safety Facts 2017 – Cyclists*. Como se ha comentado en el primer capítulo esta es una publicación anual realizada por la organización pertinente de la Comisión Europea y que toma datos de los diferentes países de la unión principalmente a través de la base de datos CARE, una fuente de información comunitaria en accidentes de tráfico.

La accidentalidad vial en bicicleta en Europa mantiene una tendencia relativamente decreciente en los últimos años; en el 2015 las muertes ocasionadas por accidente en bicicleta representaron el 7,8% del total de fallecidos en accidente de tráfico en los países de la Unión Europea, este porcentaje se traduce en 2043 personas.

Entre el 2006 y el 2015 el número de fallecidos en accidente de bicicleta ha disminuido aproximadamente un 27%, en cambio el porcentaje que ello supone del total de fallecidos en accidente vial ha aumentado un 1%.

Como podemos observar en la *Figura 2-29* Hungría, Rumanía y Croacia tienen el mayor ratio de fallecidos en accidente de bicicleta por millón de habitantes, mientras que Estonia, Luxemburgo y

Grecia representan el lado opuesto de la tabla.

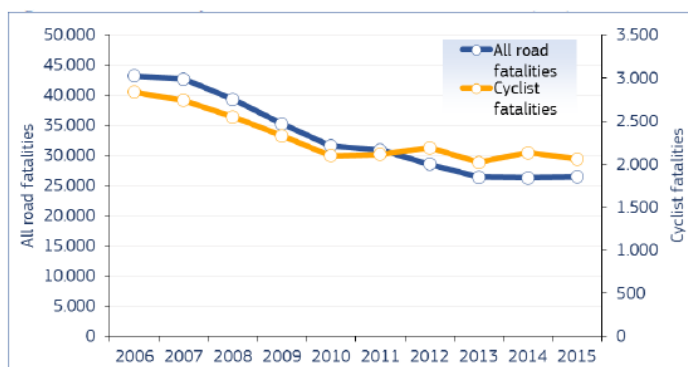


Figura 2-31. Evolución del número del número de fallecidos en accidentes de tráfico y en accidentes de bicicleta entre los años 2006 y 2015. Fuente: Traffic Safety Basic Facts 2017 – Cyclists [20].



Figura 2-32. Representación del ratio de fallecidos en accidente de bicicleta por millón de habitantes en los países de la UE. Fuente: Traffic Safety Basic Facts 2017 – Cyclists [20].

Entrando en un análisis estadístico más profundo podemos descubrir que, según la base de datos sobre accidentes de tráfico, *CARE*, la mayoría de los fallecidos fueron hombres, cubriendo un 78% del total de los casos, sin embargo hay otros puntuales bastante dispares tal y como representan Dinamarca y Croacia; países en los que el sexo masculino representa el 65% de las muertes por accidente de tráfico en bicicleta frente al 90% en otros lugares como España, Portugal, Bulgaria o Rumanía. En la siguiente figura podemos ver otro análisis distinto, en este caso se expone la distribución de fallecidos en este tipo de accidentes según la edad en los años 2006 y 2015, en la misma se observa un pico alrededor de los 15 y los 65 años, así mismo también es notable la reducción de la mortalidad en la mayoría de edades conforme más nos acercamos a la actualidad.

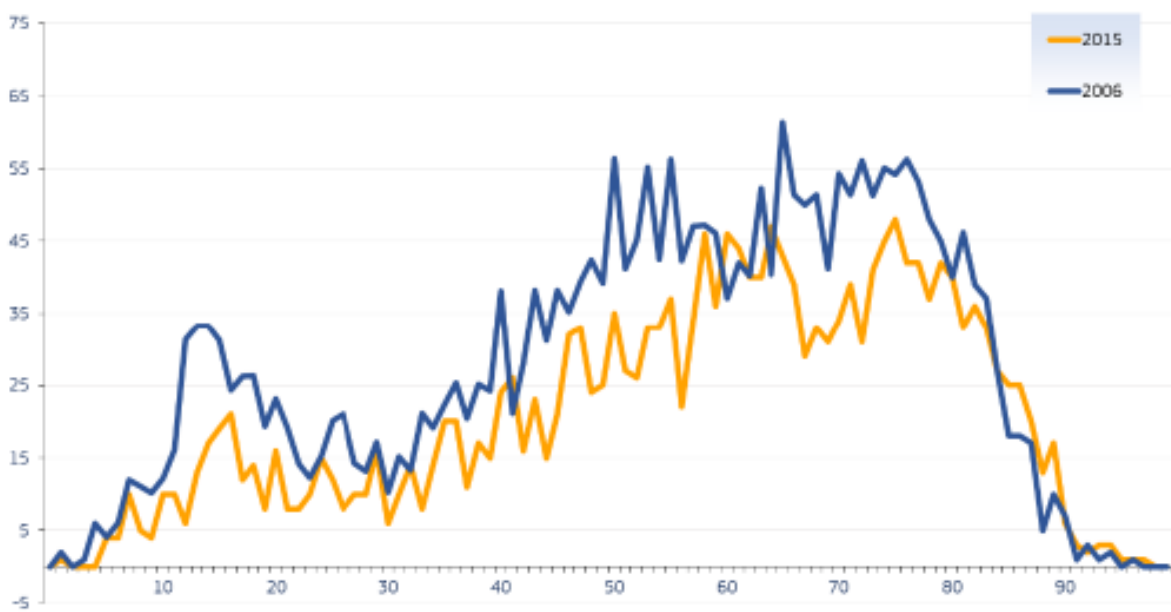


Figura 2-33. Representación del número de fallecidos en accidentes de tráfico en bicicleta en función de la edad en la UE en los años 2006 y 2015. Fuente: Traffic Safety Basic Facts 2017 – Cyclists [20].

En cuanto al tipo de vía en los que ocurren estos accidentes, predominan los sucedidos dentro del área urbana ya que representan alrededor del 60% del total, no obstante hay que tener en cuenta las diferencias entre los distintos países de la UE.

Otro aspecto de cierta curiosidad e importancia en el análisis estadístico de este tipo de siniestros será la estacionalidad; para los países europeos el pico se da entre los meses de Julio y Septiembre mientras que los meses con menor accidentalidad son Enero y Febrero, un dato estrechamente relacionado con el hecho de que en los meses de buen clima en Europa se usa más este medio de transporte.

Como se ha comentado anteriormente, uno de los principales objetivos del proyecto será analizar estadísticamente una base de datos hospitalarios y exponer diferentes resultados. En la UE un total de trece países miembros realizan este tipo de recolección de datos en diferentes hospitales y la ceden a la Comisión Europea; este sistema es llamado *EU Injury Database (EU IDB)*. Entre otras muchas características, una de las analizadas es la duración media del ingreso hospitalario del accidentado, que según dicho sistema se establece alrededor de los 8 días de media.

Otro punto de gran importancia es el tipo de lesión sufrida por el ciclista hospitalizado, en la siguiente tabla podemos observar el porcentaje que supone cada uno de los diferentes tipos según los datos ofrecidos por el *EU IDB*:

Tipo de lesión	Porcentaje (%)
Contusión, magulladura	31%
Fractura	34%
Herida abierta	13%
Esguince, torcedura	6%
Concusión	6%
Otra lesión cerebral específica	2%
Luxación, dislocación	3%
Lesión muscular	1%
Abrasión, quemadura	1%
Lesión interna, órganos	0%
Otros tipos de lesiones	3%

Tabla 2-3. Tipos de lesiones sufridas por accidentes en bicicleta y porcentaje que representa frente al total. Fuente: Traffic Safety Basic Facts 2017 – Cyclists [20].

Finalmente, destacar que dicho estudio también muestra que las partes del cuerpo más afectadas son, ordenadas de mayor a menor frecuencia de afección por accidente, extremidades superiores, cabeza y extremidades inferiores.

2.4.2 Situación actual en España

En este caso, para exponer la situación española nos hemos centrado en las dos publicaciones ya mencionadas anteriormente: *Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas* [23], informe elaborado por la DGT en el año 2016 y *Barómetro de la bicicleta en España* [22], realizado igualmente por la DGT en unión con la Red de Ciudades por la Bicicleta, análisis que sin centrarse exclusivamente en la accidentalidad ciclista, abarca un nivel mucho más extenso de características de usuarios de la bicicleta a nivel estadístico.

A pesar de que en la mayoría de ciudades españolas aún falta mucho para llegar al nivel de uso de otras capitales europeas ya mencionadas anteriormente, nos encontramos en continuo crecimiento en cuanto al uso de la bicicleta se refiere: casi seis de cada diez españoles dispone de una para uso personal.

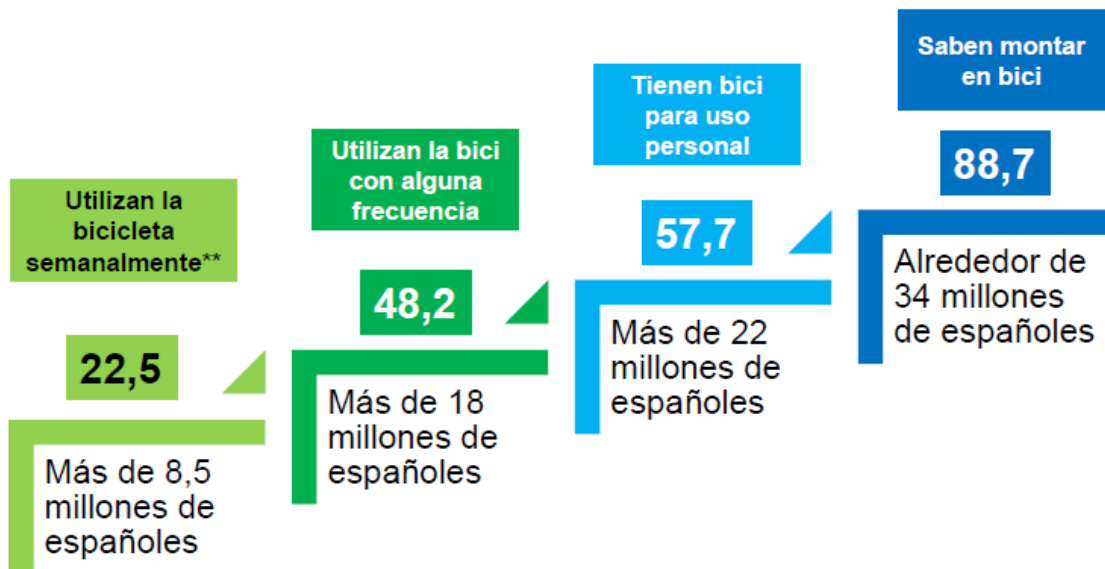


Figura 2-34. Uso de la bicicleta en España. Fuente: *Barómetro de la Bicicleta en España* [22].

Entre los usuarios que la usan con mayor frecuencia, el 14,6% lo hace para ir diariamente al trabajo y el 14% para ir a su respectivo centro de estudios, mientras que casi un 40% la usan para practicar deporte o de forma recreativa. Teniendo en cuenta estos porcentajes se concluye que en nuestro país este medio de transporte está sustituyendo a otros tipos particulares de vehículos a motor más que a los desplazamientos a pie.

A continuación nos centraremos en los datos de accidentes y siniestralidad en nuestro país, para ello cabe destacar que el informe *Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas* [23], en el que basamos los datos aquí expuestos, se publicó en 2016 (como ya se comentó no tiene una periodicidad establecida).

En 2016, los accidentes de bicicleta llegaron a sumar la cifra de 7673, entre ellos hubo 67 fallecidos y 736 heridos hospitalizados; en la siguiente gráfica podemos observar cómo el número de accidentes con algún ciclista implicado aumenta anualmente a un ritmo mayor que el resto de accidentes viales: en 2016 aumentaron un 6,8% con respecto al año anterior, mientras que se aprecia igualmente un aumento interanual medio del 12%.

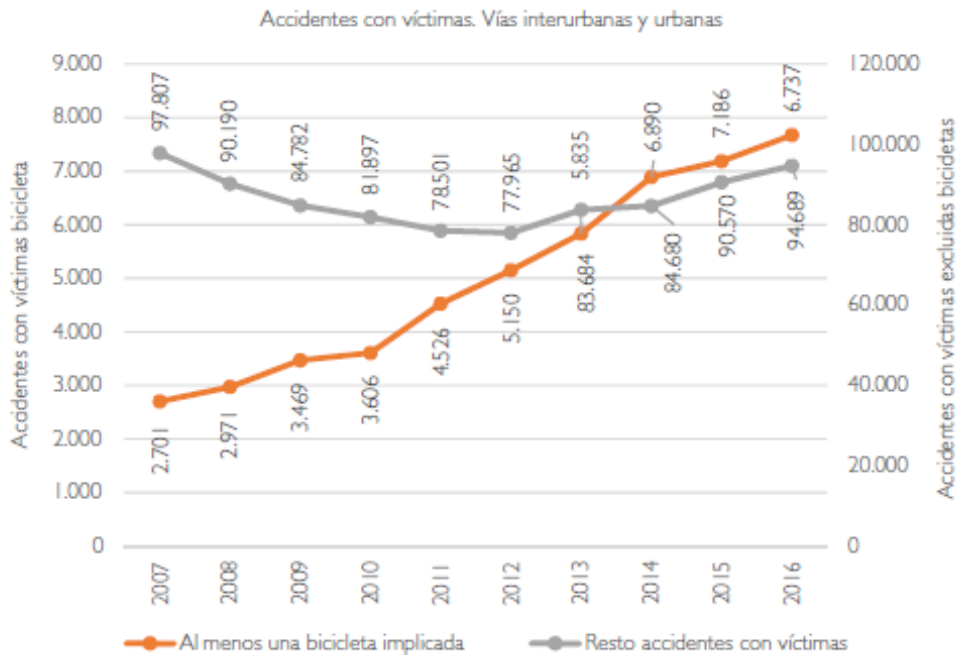


Figura 2-35. Accidentes de ciclistas y resto de usuarios entre los años 2007 y 2016. Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

Esto supone que la tasa de ciclistas fallecidos en 2016 fuese de 1 por cada millón de habitantes, mientras que de 38 en el caso de los no ciclistas. En cuanto a letalidad (fallecidos por cada 100 lesionados), la cifra aumenta y es de 0,9 frente a 1,3 en ambos casos considerados. Ambas tasas mantienen una pendiente decreciente bastante baja tanto para ciclistas como para el resto de usuarios.

En cuanto a la distribución por comunidades autónomas, Cataluña tuvo 17 ciclistas fallecidos, Comunitat Valenciana 13, Andalucía 7 e Illes Balears 6. El resto de comunidades no sobrepasaron los 5 fallecidos, mientras que alguna como Cantabria o Asturias no tuvieron ninguno. En el siguiente mapa se expone el porcentaje de ciclistas fallecidos y heridos hospitalizados sobre el total por provincia.

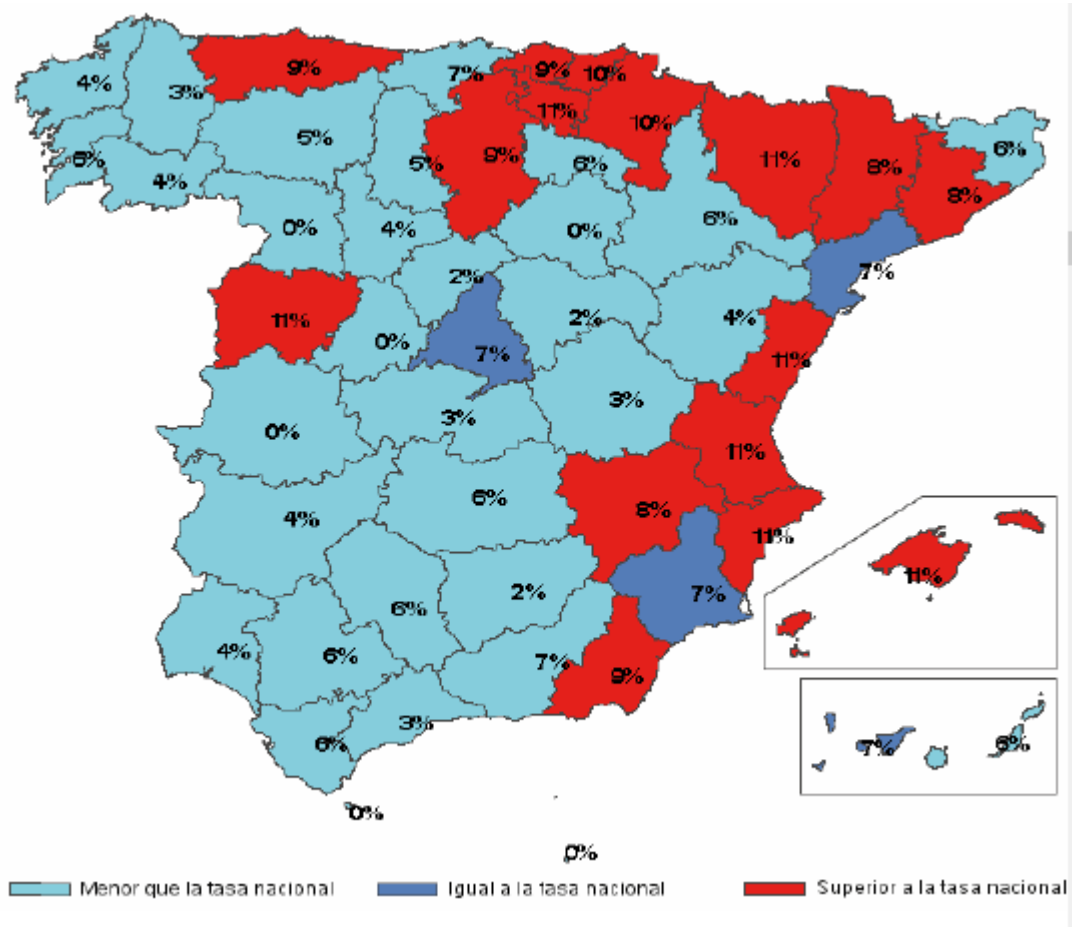


Figura 2-36. Porcentaje de ciclistas fallecidos y heridos hospitalizados en 2016 sobre el total por provincia. Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

Si diferenciamos por tipo de vía, la urbana supera en gran porcentaje a la interurbana en cuanto a número de accidentes con ciclistas implicados con un 74%. En cambio, la balanza se invierte si miramos el número de fallecidos; en vías interurbanas la letalidad es 4 veces mayor que en vías urbanas, con 40 fallecidos frente a 27 durante el año 2016.

En dicho año, más de 2000 accidentes en vías interurbanas tuvieron alguna bicicleta implicada, suponiendo el 6% del total de accidentes con víctimas, 356 heridos fueron hospitalizados. A lo largo de los últimos años el número de accidentes en este tipo de vía ha aumentado alrededor de un 2% anual, lo que supone entre 2007 y 2016 más de 1000 accidentes.

Por otro lado, cabe destacar que la mayoría de casos de ciclistas fallecidos o heridos hospitalizados se produce entre los meses de Marzo y Octubre y mayoritariamente entre las 10 y las 13 horas, predominando los fines de semana. Es curioso observar como para el resto de accidentes en vías interurbanas (sin ciclistas implicados) la concentración es mucho más dispersa y está en torno a los meses de Julio y Agosto aunque compartiendo horario y día predominante.

El 73% de los casos de fallecidos y heridos hospitalizados sucedieron como consecuencia de un accidente fuera de intersección, más concretamente el 44% de esta franja se dio en una recta y el 27% en alguna curva, normalmente por colisión trasera o múltiple. En la siguiente figura se recogen los fallecidos y heridos hospitalizados por accidente ciclista según el tipo de accidente y trazado.

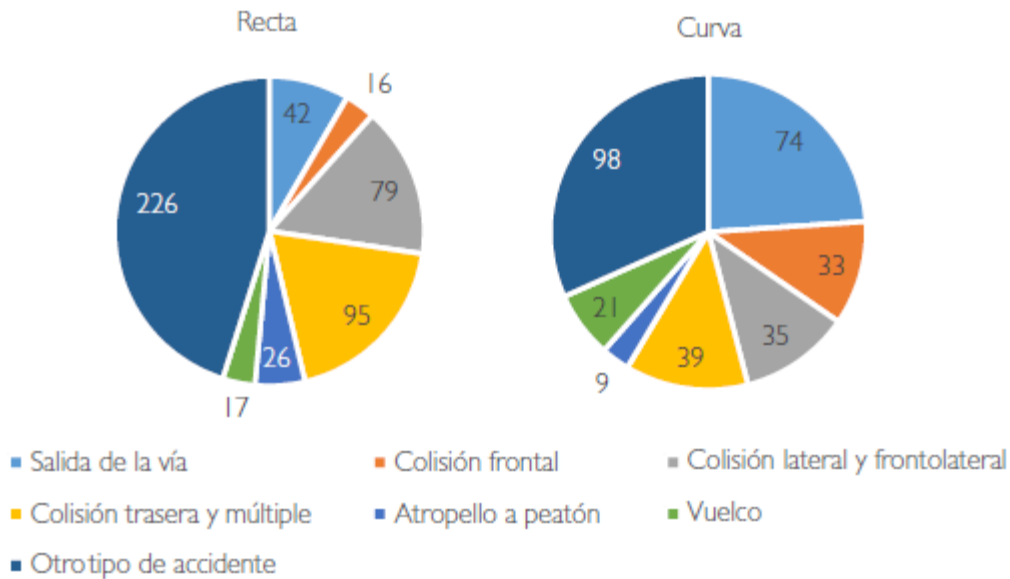


Figura 2-37. Fallecidos y heridos hospitalizados por accidente ciclista según el tipo de accidente y trazado. Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

En cuanto al sexo y edad, el 93% de los fallecidos o heridos hospitalizados entre el año 2014 y el 2016 fueron hombres y el 7% restante mujeres. El 21% tenía entre 35 y 44 años y el 22% entre 45 y 54.

La infracción más común fue no mantener la distancia de seguridad, seguida de no respetar cierta señalización como la de STOP e invadir el sentido contrario. Cabe destacar que el 55% de los ciclistas implicados en accidente en 2016 no habían cometido ninguna infracción.

Pasando a analizar ahora los datos sobre la accidentalidad en vías urbanas, en 2016 hubo un total de 5649 accidentes con algún ciclista implicado, cifra que supone el 9% del total de accidentes en este tipo de vías. Fallecieron 27 ciclistas y 380 fueron hospitalizados, mientras que un total de 4852 fueron heridos leves sin hospitalizar.

Durante estos últimos años, el número de accidentes ciclistas en vías urbanas también ha notado una tendencia creciente aumentando de media un 2% anual, lo que ha supuesto desde 2007 a 2016 15000 casos de accidente. En la siguiente figura se observa de forma clara esta evolución.

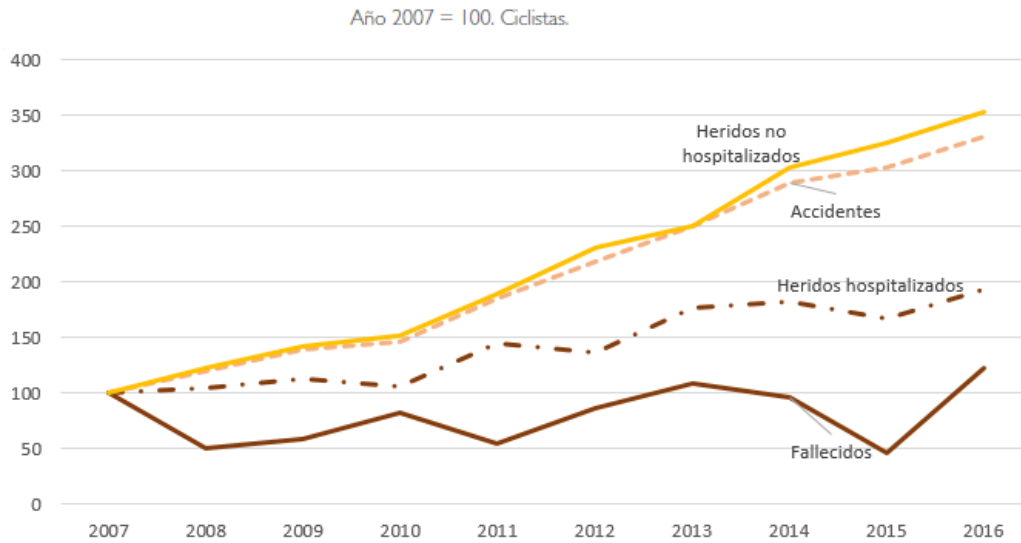


Figura 2-38. Evolución de los accidentes ciclistas en vías urbanas entre los años 2007 y 2016.

Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

De forma similar a los accidentes interurbanos, la mayor parte de los ocurridos en vías urbanas sucedieron entre las 10 y las 14 horas en los meses de Junio a Agosto y entre las 18 a 21 horas en los meses de Mayo a Octubre, los fines de semana concentraron sucesos entre las 10 y las 13 horas y los días laborales de 18 a 20.

Entre el 2014 y el 2016 el 45% de los heridos hospitalizados y fallecidos ciclistas fueron a causa de un accidente ocurrido en una intersección, el 55% restante fuera de estas. El 43% de los casos se trató de una colisión lateral y frontolateral, al igual que en los accidentes interurbanos esta fue la primera configuración.

Analizando sexo y edad, el 84% de los fallecidos o heridos hospitalizados entre dichos años fueron hombres y el 16% restante mujeres, el 19% eran personas de entre 35 y 44 años y el 17% de entre 15 y 24 y de 45 a 54 años; en este caso se aprecia la entrada de un grupo de edad menor entre las edades más comunes de accidentados.

En este caso la infracción más común fue no respetar alguna regulación de prioridad: circular en sentido contrario o por algún lugar prohibido, el 35% de los ciclistas implicados en algún accidente no había cometido ninguna infracción; un 20% menos que en los interurbanos.

2.4.3 Lesiones ciclistas en España

Durante los últimos años, se ha observado un aumento relativamente constante de los ingresos hospitalarios por accidente de bicicleta; en la siguiente figura se observa este crecimiento en comparación con el caso de los no ciclistas.

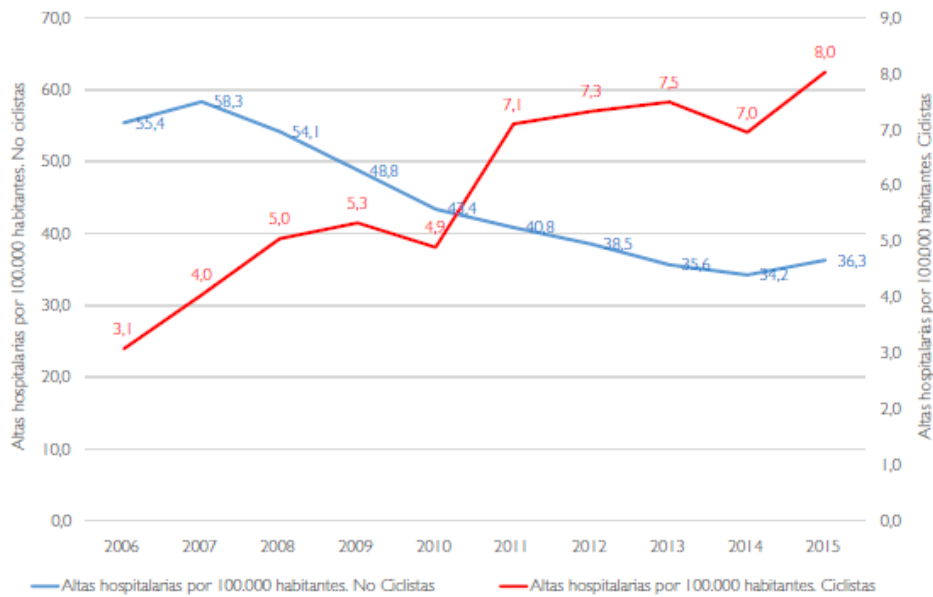


Figura 2-39. Evolución de las altas hospitalarias por accidente de tráfico entre los años 2006 y 2015. Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

En el año 2015 hubo un total de 3723 altas hospitalarias por accidente ciclista y 7418 lesiones; 2 lesiones por herido hospitalizado en el país. Para analizar el tipo o mecanismo de la lesión y la zona en la que se da la misma usaremos los siguientes gráficos de distribución, en el cual podemos observar para el caso de los ciclistas que las extremidades superiores fueron la parte del cuerpo con mayor porcentaje de lesiones: 25,6%, seguida por el torso con un 21,3%, extremidades inferiores con un 14,7% y lesiones cerebrales con un total del 12,3%. Las fracturas son la causa de lesión más frecuente tanto en ciclistas como en el resto de usuarios y presentan en ambos casos alrededor del 55% del total, las lesiones internas son la segunda causa en el caso de los accidentes en bicicleta y representan un 18,3%.

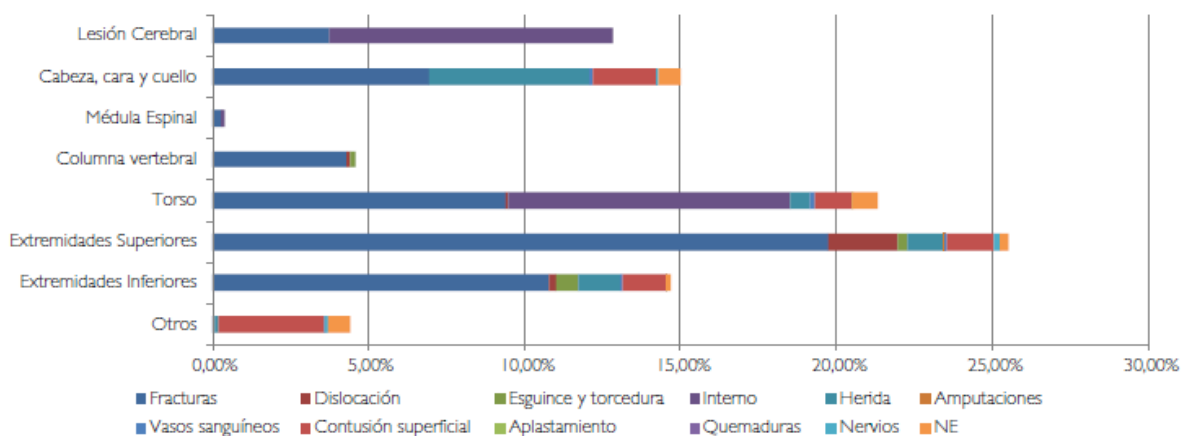


Figura 2-40. Distribución de accidentes ciclistas por mecanismo y zona en el año 2015. Hospitalizados. Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

En el caso de los fallecidos, la lesión más frecuente fue la cerebral con un 30,8% del total, seguida por las lesiones cerebrales con fractura que supusieron el 15,7%, las lesiones cerebrales con lesión interna fueron el 15,1% del sumatorio. Las fracturas fueron también para este grupo la causa más frecuente con un 52,3%, seguida por las lesiones internas con un 31,5%. A continuación se expone la distribución total.

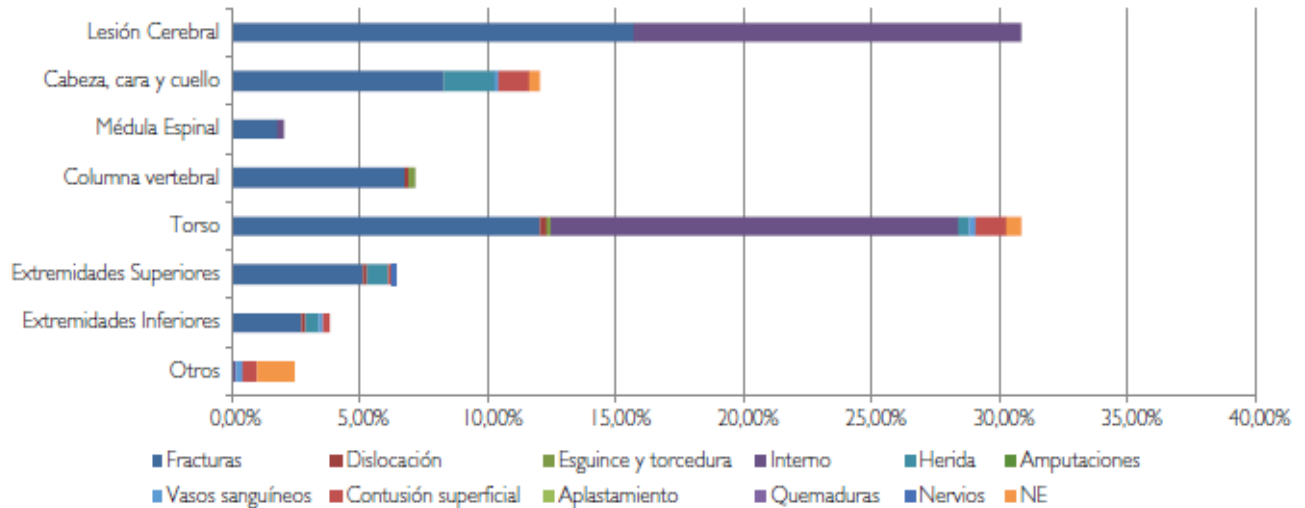


Figura 2-41. Distribución de accidentes ciclistas por mecanismo y zona en el año 2015. Fallecidos.

Fuente: Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas [23].

Otra forma de exponer los resultados de una manera más detallada consiste en la Matriz de Barrell, la cual muestra el número o porcentaje de lesiones de cada tipo y zona del cuerpo según la Clasificación Internacional de Enfermedades, CIE, en este caso en su novena edición: CIE-9-MC [15]. Este código será usado en el siguiente capítulo para realizar nuestro análisis, donde detallaremos más sobre el método. A continuación se muestra la Matriz de Barrell para el caso de los ciclistas fallecidos por accidente de tráfico.

Inclasificable por localización	Fractura	Dislocación	Esguince y torcedura	Interno	Herida	Amputación	Vasos sanguíneos	Contusión	Aplastamiento	Quemadura	Nervios	NE	Total	
														Todo el sistema y efectos tardíos
Cabeza y cuello	Lesión cerebral	15,1%	0,0%	0,0%	14,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	29,7%	
	Tipo 1	0,5%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	
	Tipo 2	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	Tipo 3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	Cabeza	8,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	
	Cara	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	Ojo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	
	Cuello	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	
	Cabeza, cara y cuello NE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,9%
	Medula espinal y espalda	1,2%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%
Medula espinal y espalda	Medula espinal	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	
	Cervical	2,2%	0,1%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,6%	
	Torácico/dorsal	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,3%	
	Lumbar VCI	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%	
	Sacrococigeo	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	
	Medula/espalda NE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	Columna vertebral	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	
	Pecho (tórax)	8,0%	0,1%	0,0%	11,5%	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,1%
	Abdomen	0,0%	0,0%	0,0%	4,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%
	Pelvis y urogenital	4,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,7%
Torso	Torso	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,7%	
	Tronco	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	
	Espalda y nagas	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	
	Hombro y brazo	4,6%	0,1%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%	
	Antebrazo y codo	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	
	Carpio, manos y dedos	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	
	Otros NE	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%	
	Cadera	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	
	Muslo	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	
	Rodilla	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	
Extremidades	Pierna y tobillo	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%	
	Pie y dedos de pie	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%	
	Otros NE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	
	Otros/múltiple	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
	Localización NE	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,3%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	
	Todo el sistema y efectos tardíos	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,6%	
	Total	52,3%	0,7%	0,4%	31,5%	3,8%	0,0%	0,8%	3,4%	0,0%	0,0%	0,1%	7,0%	100,0%

Tabla 2-4. Matriz de Barrell: distribución porcentual en ciclistas fallecidos en accidente de tráfico. Fuente: Las principales cifras de la siniestralidad de los ciclistas [23].

3 ANÁLISIS DE DATOS RECOGIDOS EN SEVILLA

A continuación nos centraremos en una serie de bases de datos proporcionadas por el Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla, uno de los centros médicos más importantes de la comunidad. A partir de estos datos recogidos por el hospital, realizaremos una serie de clasificaciones y análisis estadísticos similares a los expuestos anteriormente para el caso de Europa, España y algunos artículos científicos. En este capítulo observaremos la importancia de los registros sanitarios en este tipo de estudios en los que en la mayoría de casos sólo se cuenta con datos policiales.

3.1 Fuente de datos

Para realizar el análisis partiremos de una base de datos recogidos entre los años 2008 y 2014 en formato Excel [14] con gran cantidad de información médica y personal sobre el paciente; NHC (número de hoja clínica), fechas de ingreso y alta, estancia en días, sexo, edad, tipo de ingreso, fecha, localidad y provincia de nacimiento, fecha de procedimiento quirúrgico si lo hay, servicio y sección de ingreso y de alta, procedencia, motivo de alta, GRD (Grupos Relacionados por el Diagnóstico), y uno de los datos que más información nos dará y que detallaremos en su correspondiente apartado: el código de diagnóstico según la codificación CIE-9-MC [15] (Clasificación Internacional de Enfermedades, 9ª Revisión modificación clínica). Cabe destacar que en nuestro caso, parte de estos datos no nos proporcionarán ninguna información útil y podremos obviarlos.

3.2 Sexo

Para el total de los 308 pacientes, 245 fueron hombres y 63 mujeres; el sexo masculino representa el 80% de los casos. Este dato va en concordancia, aunque en menor diferencia entre sexos, con el expuesto anteriormente para el caso de España, donde los hombres hospitalizados y fallecidos representaban el 93% del total.

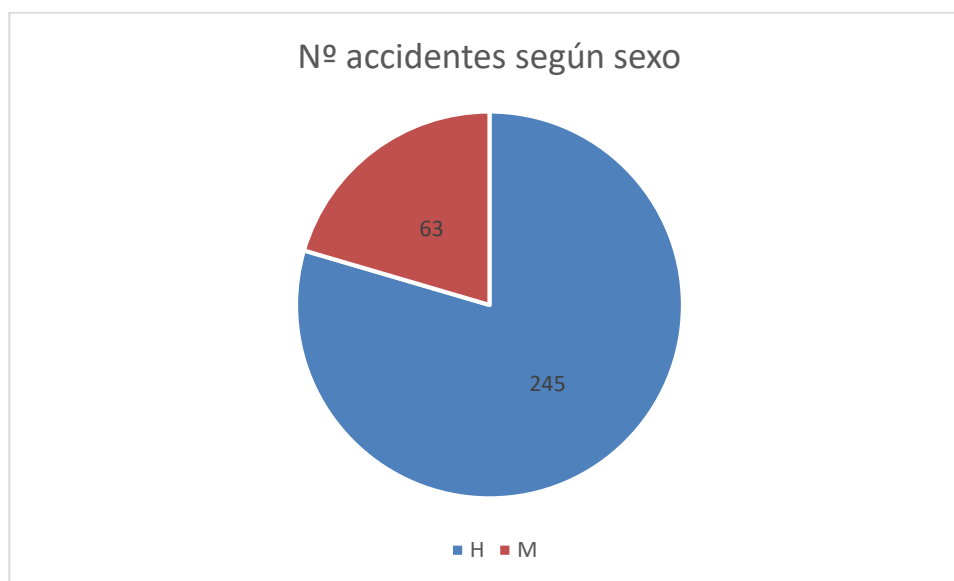


Figura 3-1. Distribución de accidentes según el sexo del paciente. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

3.3 Edad

Si realizamos ahora el análisis de la edad de los pacientes, observamos que la mayoría se encuentra repartida en las franjas existentes entre los 11 y los 50 años, notándose un pico especial en los adolescentes de entre 11 y 20 años, representando el 21,4% del total. Este grupo está seguido de cerca por los ciclistas con edad correspondida entre los 31 y 40 años (casi el 20%). En estos resultados se observa la coincidencia entre las edades con mayor accidentalidad y las edades con mayor uso de la bicicleta: niños de a partir de unos 10 años y adolescentes, y adultos que la usan como medio de transporte y/o como medio recreativo.

Edad	Nº pacientes	Porcentaje
0 a 10	20	6,5%
11 a 20	66	21,4%
21 a 30	44	14,3%
31 a 40	61	19,8%
41 a 50	59	19,2%
51 a 60	35	11,4%
61 a 70	12	3,9%
71 a 80	7	2,3%
81 a 90	4	1,3%
Total	308	

Tabla 3-1. Distribución de accidentes según la edad del paciente. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

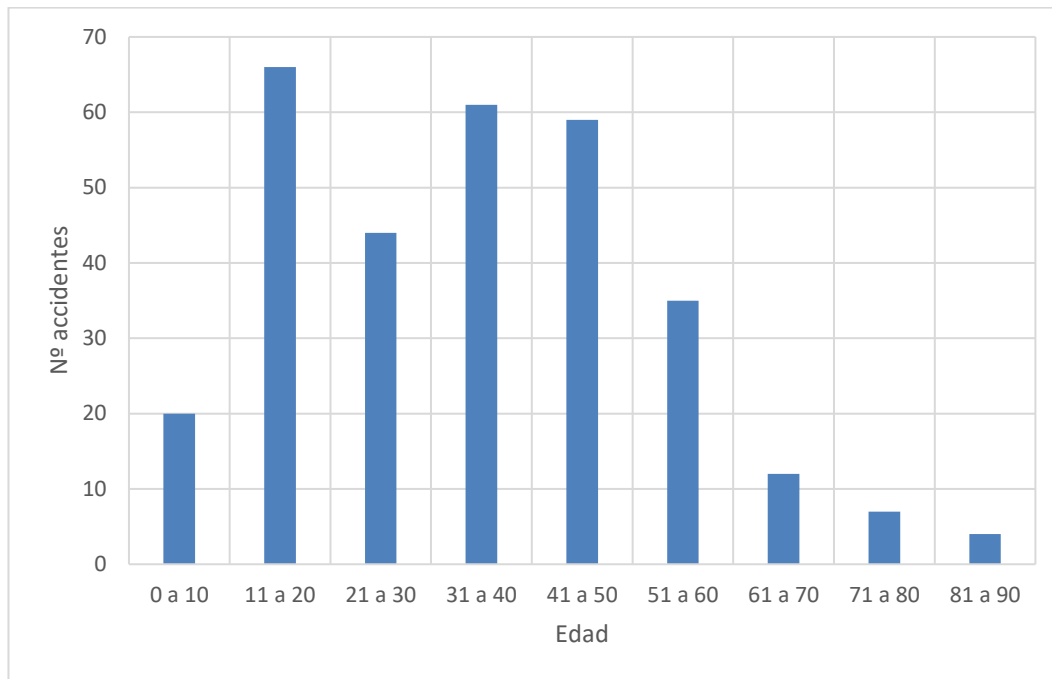


Figura 3-2. Distribución de accidentes según la edad del paciente. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

Cabe destacar la gran similitud existente con los resultados expuestos anteriormente sobre las estadísticas en España, donde existían también tres grandes grupos divididos en casi exactamente las mismas edades y con porcentajes alrededor del 20% cada uno.

3.4 Año, mes y día

En la siguiente gráfica podemos observar la evolución del número de ingresos hospitalarios por accidente ciclista, se ve cómo aumenta con el paso de los años habiendo un máximo en 2013 con 60 casos, mientras que en 2014 la tendencia comienza a ser decreciente y vuelve a haber prácticamente el mismo número de ingresos que en 2012.

En la *Figura 2-32* comprobamos como había un crecimiento interanual medio del número de accidentes ciclistas en España alrededor del 12%, sin observarse en ningún momento ningún descenso. En nuestro caso, la pendiente media de la gráfica también suele ser creciente a pesar de los dos puntos de descenso en el valor registrado. En la *Figura 2-36* observamos una similitud casi exacta de nuestra evolución con la correspondiente a las altas hospitalarias de pacientes por accidentes ciclistas, observándose en los años 2010 y 2014 dos valles.

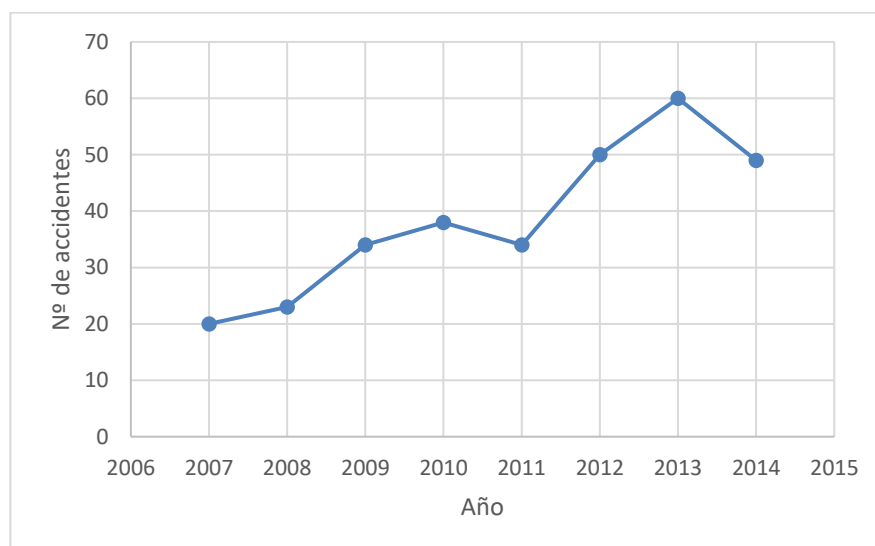


Figura 3-3. Distribución de accidentes ciclistas entre los años 2007 y 2014. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

De nuevo y en concordancia con las estadísticas mostradas anteriormente, la mayor parte de los casos registrados se concentran entre los meses de Mayo y Septiembre; temporada en la que el uso de la bicicleta aumenta debido a las buenas condiciones meteorológicas en nuestra ciudad. En concreto, en los meses de Mayo y de Septiembre se localizan dos picos con alrededor de 40 accidentes ciclistas, cifras que suponen más del doble que los sucedidos en otros meses como los situados entre Noviembre y Marzo.

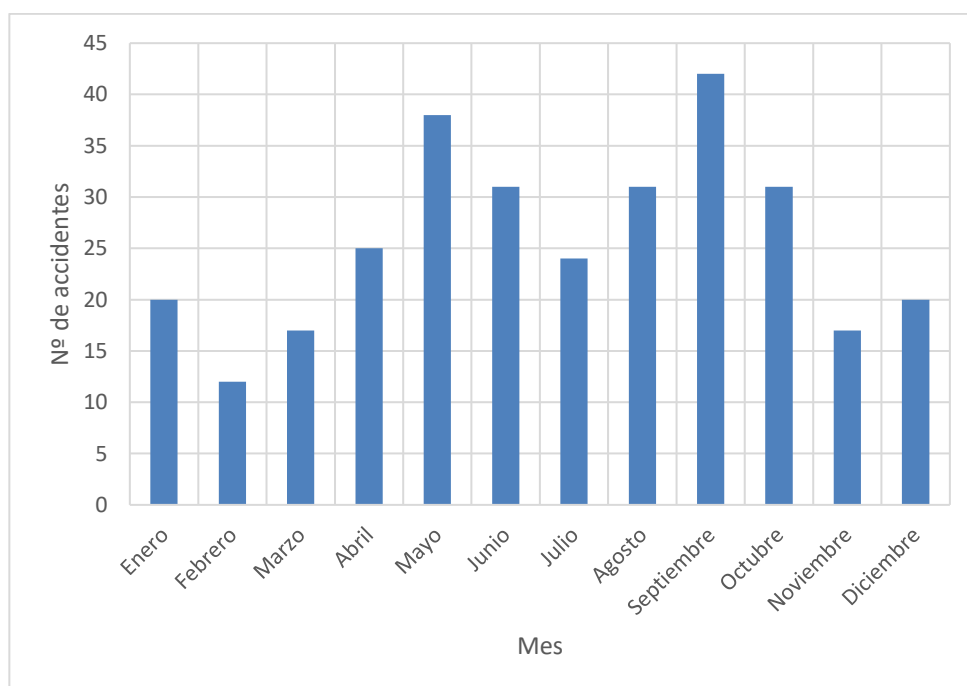


Figura 3-4. Distribución de accidentes ciclistas según el mes. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

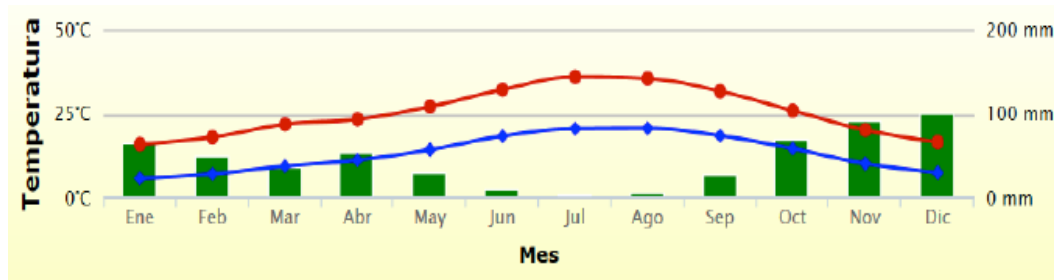


Figura 3-5. Distribución de temperatura media y precipitaciones medias mensuales a lo largo de los últimos 30 años. Fuente: AEMET.

Por otro lado y curiosamente, a diferencia de lo mostrado en *Las principales cifras de la Siniestralidad de los Ciclistas* [23], no se observa ningún día de la semana en el que haya una gran diferencia con respecto al resto; el día que menos pacientes acudieron al hospital por consecuencia de un accidente ciclista fue el Domingo con un total de 35 casos, mientras que el día más accidentado es el Martes con un total de 55, el resto de días concentran una media de 44 ingresos.

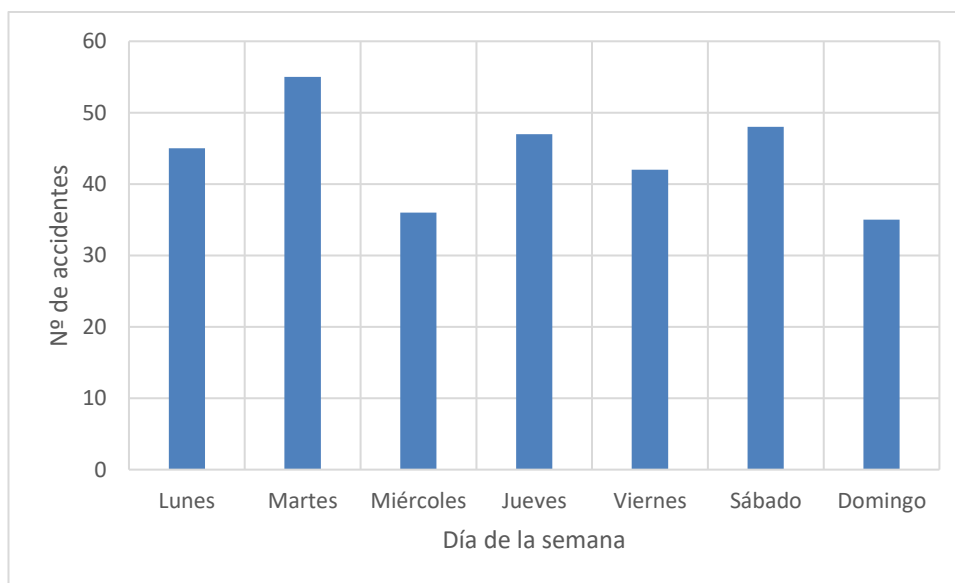


Figura 3-6. Distribución de accidentes ciclistas según el día de la semana. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

3.5 Diagnósticos

Para realizar el análisis de los diagnósticos se ha partido de la ya mencionada base de datos del hospital Virgen del Rocío entre los años 2008 y 2014 [14], de la misma se han desechado las columnas que no aportan ninguna información útil en nuestro proceso y se ha tenido en cuenta que, en primer lugar, existen hasta un máximo de 14 diagnósticos diferentes para cada paciente; 14

columnas en las que cierto número de las mismas contendrán información, y en segundo lugar, se tiene en cuenta la hipótesis de que durante el procedimiento de ingreso el servicio médico registra toda la información observada y relacionada con su estado de salud; es decir, existirán diagnósticos que en algunos casos podrán no tener ninguna relación con el accidente en sí, o en caso de tenerla, no serán relevantes en este análisis, se expone el ejemplo de pacientes cuyos principales diagnósticos en el ingreso son diferentes traumatismos y contusiones y otros de ellos son sinusitis, alergias, o cualquier otra dolencia a priori no relacionada con el accidente. Estos diagnósticos tampoco se han tenido en cuenta en este estudio.

Teniendo en cuenta que estos diagnósticos presentes en nuestra base de datos aparecen codificados según la Clasificación Internacional de Enfermedades, se ha realizado la conversión de dicho código alfanumérico con la ayuda del *Manual de Codificación en CIE-9-MC [15], Capítulo 17: Lesiones y Envenenamientos, Edición 2012*. En la siguiente imagen se expone un ejemplo de un diagnóstico partiendo de la exploración y descripción del mismo y su posterior codificación CIE:

Ejemplo:
 Fractura abierta con herida anfractuosa de diáfisis radial que secciona la arteria radial.
813.31 Fractura de radio. Diáfisis abierta. Radio (exclusivamente)
903.2 Lesión de vasos sanguíneos de extremidad superior.
Vasos sanguíneos radiales

Figura 3-7. Ejemplo de diagnóstico y codificación CIE. Fuente: *Manual de Codificación en CIE-9-MC [15], Capítulo 17: Lesiones y Envenenamientos, Edición 2012*.

De manera previa a exponer la matriz de Barrell, se muestra en forma de tabla los diagnósticos más comunes en función de la zona del cuerpo afectada agrupados según las tipologías más comunes en accidentes.

	Fractura	Dislocación	Esguince y torcedura	Interno	Herida	Amputaciones	Vasos sanguíneos	Contusión	Aplastamiento	Quemadura	Nervios
Lesión cerebral	22 (3,6%)	0	0	2 (0,3%)	8 (1,3%)	0	1 (0,2%)	3 (0,5%)	1 (0,2%)	0	0
Cabeza, cara y cuello	156 (25,3%)	0	1 (0,2%)	5 (0,8%)	40 (6,5%)	0	3 (0,5%)	9 (1,5%)	0	2 (0,3%)	1 (0,2%)
Medula espinal	2 (0,3%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 (0,5%)
Columna vertebral	16 (2,6%)	3 (0,5%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Torso	37 (6%)	18 (2,9%)	0	14 (2,3%)	11 (1,8%)	0	2 (0,3%)	13 (2,1%)	0	0	0
Extremidades superiores	83 (13,5%)	8 (1,3%)	1 (0,2%)	1 (0,2%)	1 (0,2%)	0	0	9 (1,5%)	0	1 (0,2%)	1 (0,2%)
Extremidades inferiores	90 (14,6%)	0	8 (1,3%)	1 (0,2%)	7 (1,1%)	1 (0,2%)	4 (0,6%)	2 (0,3%)	1 (0,2%)	3 (0,5%)	0
Otros	0	1 (0,2%)	0	2 (0,3%)	2 (0,3%)	0	6 (1,0%)	8 (1,3%)	0	3 (0,5%)	0

Tabla 3-2. Clasificación de accidentes según tipología y parte del cuerpo. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

Tal y como se observa en la tabla y en la Figura 3-8, en el que se muestran dichos resultados de manera más visual, las fracturas en cabeza, cara y cuello componen el grupo con mayor número de pacientes de nuestra base de datos con alrededor de un 25% del total, seguido por las fracturas localizadas en extremidades inferiores y extremidades superiores, abarcando aproximadamente un 15% y un 13,5% respectivamente. El siguiente grupo de diagnósticos en orden de importancia según el número de casos dados se compone de las heridas, especialmente en la cabeza, cara y cuello donde suman el 6,5% del total. Dada la importancia de las fracturas en esta última zona (también conocidas como maxilofaciales), se realizará un posterior análisis que se centrará en estos diagnósticos en concreto.

En la Figura 3-9 se muestra la Matriz de Barrell basada en estos datos, en la cual se recoge de manera más profunda la localización de cada diagnóstico. En esta matriz podemos puntualizar lo que ya adelantábamos con los gráficos anteriores: las fracturas maxilofaciales son las que mayor número de casos recogen, seguidas por las fracturas de cabeza o cráneo, muy cerca de estas se sitúan las localizadas en antebrazo y codo y en pierna y tobillo. Estos diagnósticos concentran casi el 40% del total, lo que reconoce a dichas localizaciones como las más vulnerables y dañadas del cuerpo humano como consecuencia de un accidente en bicicleta. En la Matriz de Barrell mostrada en la Figura 2-4, correspondiente a los fallecidos en accidente ciclista en España en el año 2015, los casos de fractura sumaban un total de alrededor del 50% del total, pero se distribuían de manera más uniforme en las distintas partes del cuerpo.

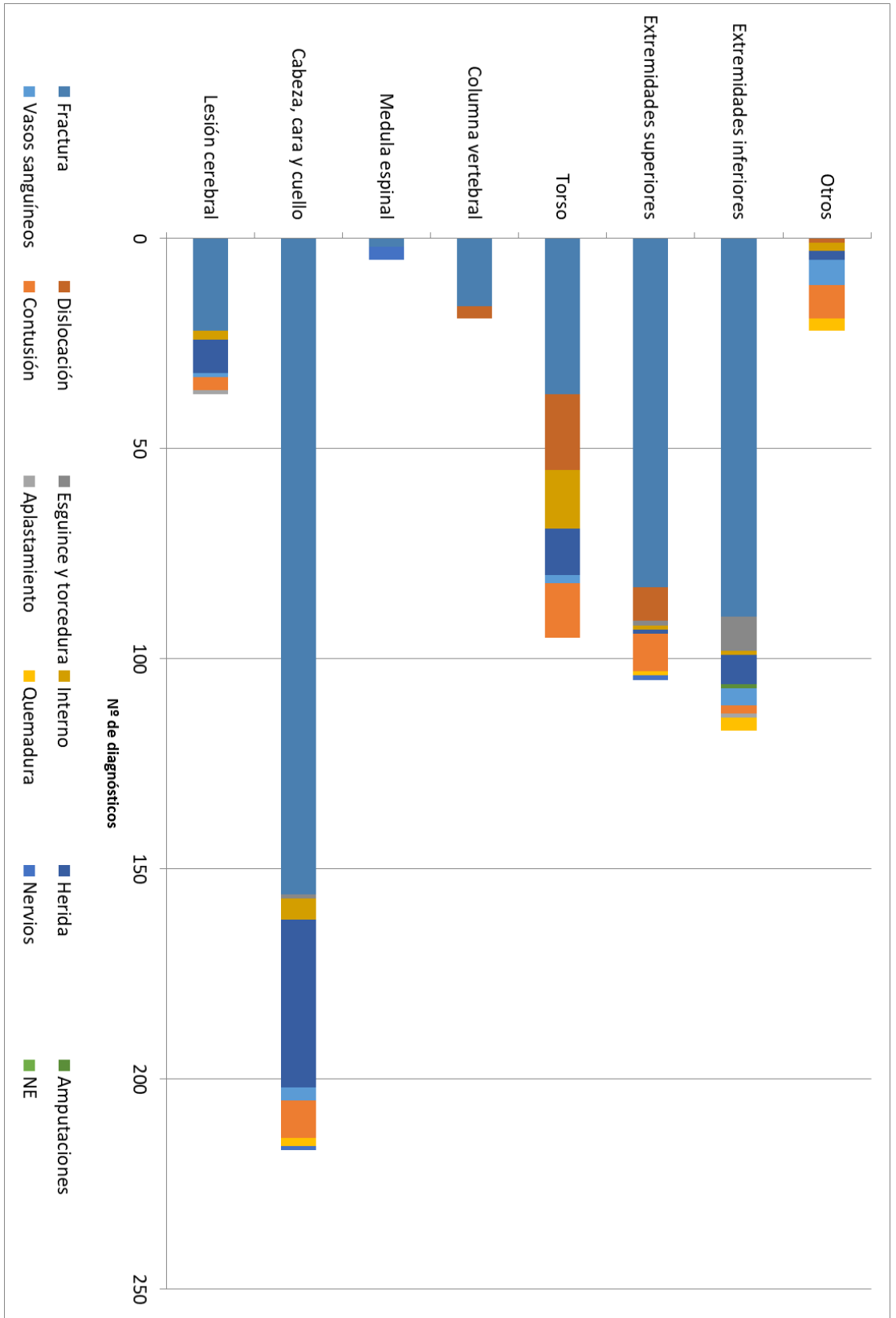
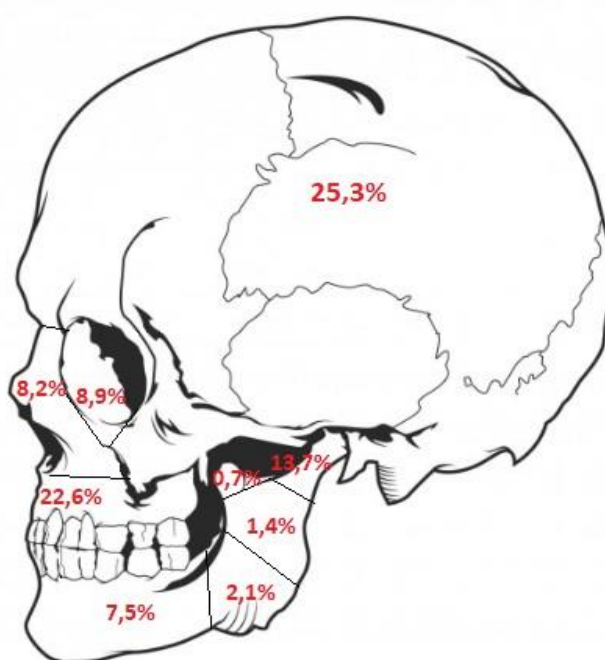


Figura 3-8. Clasificación de accidentes según tipología y parte del cuerpo. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

Lesión cerebral	Fractura	Dislocación	Esguince y torcedura	Interno	Herida	Amputación	Vasos sanguíneos	Contusión	Aplastamiento	Quemadura	Nervios	NE	Total
Cabeza	22	0	0	2	8	0	1	3	1	0	0	0	37
Cara	50	0	0	4	17	0	1	5	0	0	1	0	78
Ojo	89	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	108
Cuello	13	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	16
Cabeza, cara y cuello NE	0	0	1	0	1	0	1	4	0	2	0	0	2
Cervical	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	13
Torácico/dorsal	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Lumbar VCI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sacrocoágneo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Médula/espalda NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Cervical	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Torácico/dorsal	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Lumbar VCI	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Sacrocoágneo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Médula/espalda NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pecho (torax)	10	18	0	5	7	0	0	7	0	0	0	0	47
Abdomen	0	0	0	9	3	0	1	4	0	0	0	0	17
Pelvis y urogenital	5	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	7
Tronco	18	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	20
Espalda y nalgas	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Hombro y brazo	21	1	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	29
Antebrazo y codo	47	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	53
Carpio, manos y dedos	15	3	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	22
Otros NE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Cadera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Muslo	29	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	32
Rodilla	1	0	2	1	3	0	0	1	0	0	0	0	8
Pierna y tobillo	46	0	6	0	3	0	0	0	1	1	0	0	57
Pie y dedos de pie	13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14
Otros NE	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	5
Otros/múltiple	0	0	0	2	0	0	0	5	0	3	0	0	10
Localización NE	0	1	0	0	2	0	6	3	0	0	0	0	12
Todo el sistema y efectos tardíos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	406	30	10	25	69	1	16	44	1	9	5	0	0

Figura 3-9. Matriz de Barrell de pacientes atendidos en el Hospital Virgen del Rocío. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

Entrando ahora en mayor detalle en las lesiones maxilofaciales y centrándonos en el caso de las fracturas, se ha analizado su distribución según las siguientes localizaciones: cráneo, nariz, ojo, cóndilo o apófisis condilar, apófisis coronoide, rama, ángulo, cuerpo, fractura malar y/o maxilar, y las situadas en zona maxilofacial no especificada. Como se puede observar se ha realizado una localización más exhaustiva de las fracturas de la mandíbula ya que es donde los diagnósticos presentes en nuestra base de datos son más específicos. En la siguiente figura se muestran de manera gráfica estos resultados, expuestos junto a una tabla que sirve de leyenda.



Fracturas	Cráneo	Nariz	Ojo	Cóndilo	Coronoides	Rama	Ángulo	Cuerpo	Malar y maxilar	Otros, NE
Nº casos	37	12	13	20	1	2	3	11	33	14
%	25,3%	8,2%	8,9%	13,7%	0,7%	1,4%	2,1%	7,5%	22,6%	9,6%

Figura 3-10. Distribución de fracturas maxilofaciales. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

Como se puede observar en la figura anterior, el mayor número de fracturas maxilofaciales se encuentran localizadas en dos regiones: el cráneo y la zona malar y maxilar, con un 25,3% y un 22,6% respectivamente, en concordancia con lo expuesto en otros artículos tales como Lindqvist et al. [4], donde también se realiza un mapa gráfico de la zona maxilofacial, o en Boffano et al. [11]. En nuestro caso, los diagnósticos que mayor número de casos de fractura reúnen son los siguientes: fractura de huesos malar y maxilar, cerrada, con 29 casos, fractura de mandíbula, cerrada apófisis condilea, con 13 casos, fractura de suelo orbitario (estallido), cerrada, también con 13 casos, y

fractura de huesos de nariz, cerrada, con 12 casos. En cuanto a las craneales, destacan las fracturas de la base del cráneo sin lesión intracraneal, y las de la bóveda craneal, sumando entre todas ellas los 37 casos de la tabla anterior.

En otro orden de ideas y centrándonos ahora en la caracterización de las lesiones y diagnósticos de los pacientes de nuestra base de datos desde el punto de vista de la gravedad o severidad de las mismas, usaremos la escala AIS (*Abbreviated Injury Scale*) creada en 1971 por la Asociación para el Avance de la Medicina de Tráfico y la Sociedad Americana de Ingenieros de Automoción. La versión clásica de dicha escala trata de una combinación alfanumérica de 7 dígitos en la que los 6 primeros detallan la localización y el tipo de diagnóstico y el séptimo indica la gravedad del mismo; la cual puede ser: 1 (menor), 2 (moderada), 3 (seria), 4 (grave), 5 (crítica), 6 (máxima) y 9 (indeterminada). Cabe destacar que el nivel de gravedad 6 es considerado como una severidad no tratable actualmente. Estos niveles están relacionados con una probabilidad de muerte determinada según Gennarelli et al. [12]: 6 (80%), 5 (40%), 4 (15%), 3 (3%), 2 (1%) y 1 (menor del 1%). A pesar de ser actualmente una de las escalas más usadas por expertos debido al gran grado de consenso que presenta frente a otros métodos, ésta presenta ciertas limitaciones, entre las que destaca la existente para los casos de politraumatismos, en los cuales esta metodología no ofrece solución más que la de seleccionar la severidad más alta de todos los diagnósticos que presente el paciente; método conocido como *máximum AIS* o *MAIS*, que será el usado en nuestro caso ya que en nuestra base de datos la mayoría de los pacientes registrados presentan más de una lesión o diagnóstico.

Para conseguir el nivel de severidad *MAIS* en nuestro caso se ha procedido de la siguiente manera: a partir del listado de todos los códigos de diagnóstico de cada paciente según la codificación CIE-9-MC [15] y mediante un mapa de conversión de códigos CIE a AIS “*ICD MAP*”, en nuestro caso se ha elegido el ICD-PIC (2018) por estar disponible de forma libre para cualquier usuario, se obtiene el nivel de severidad AIS de cada diagnóstico, entre los cuales habrá un máximo para cada paciente que será el *MAIS*.

En la siguiente gráfica se muestra la distribución del número de pacientes con respecto a los diferentes niveles *MAIS*. Como se puede observar, el nivel 2 (severidad moderada) es el que mayor número de veces se repite entre los pacientes, siendo el máximo en casi 200 casos. En el otro extremo se encuentran los mayores niveles; 5 (crítico) y 6 (máximo) sumando alrededor de 10 casos entre ambos. Podemos concluir por tanto que la mayoría de accidentes ciclistas en la ciudad de Sevilla conllevan consecuencias moderadas según los datos de partida.

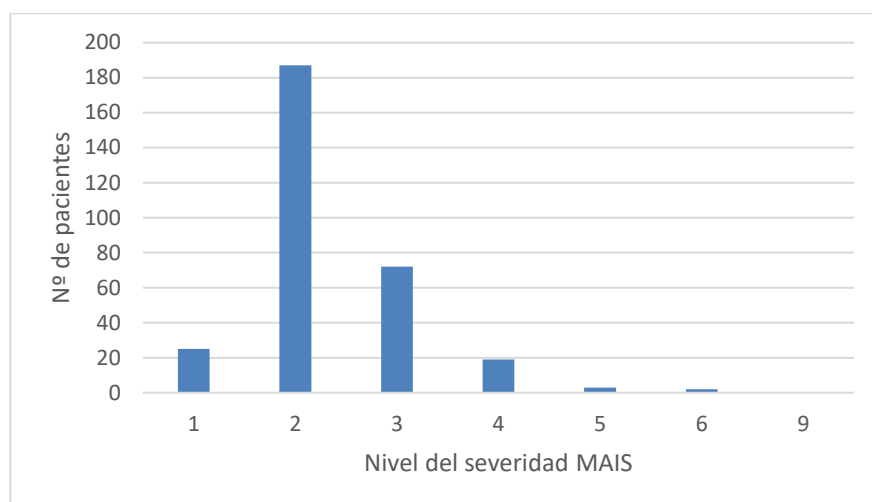


Figura 3-11. Distribución de nivel de severidad MAIS según el número de pacientes. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

Si comparamos ahora la evolución del número de pacientes graves, considerando como graves aquellos que presentan un nivel de severidad MAIS mayor o igual a 3 (MAIS3+), obtenemos la evolución mostrada en la siguiente gráfica, en la que observamos una tendencia relativamente constante a partir del 2009, año en el que se produce un notable aumento.

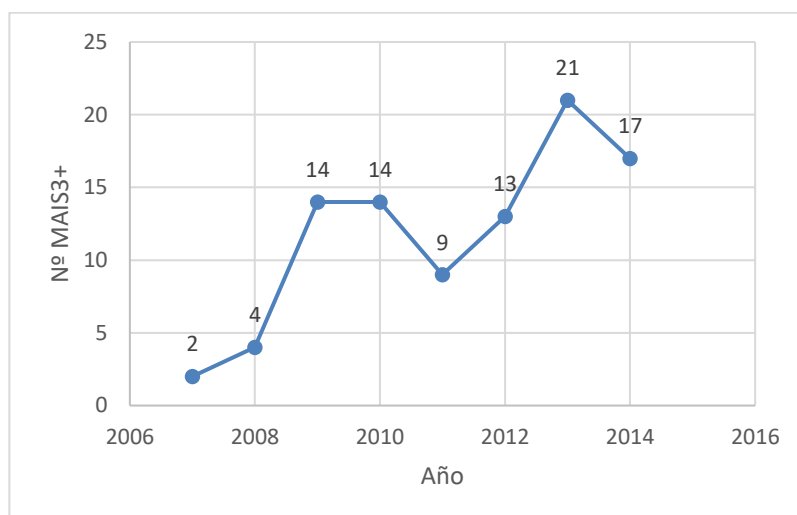


Figura 3-12. Número de pacientes con nivel de severidad MAIS3+ por año. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

Finalmente, y aunque no siempre tiene por qué estar relacionado con el nivel de gravedad del diagnóstico, la duración del ingreso es otro parámetro que tiene cierta importancia, especialmente si no podemos acceder a ninguna otra vía de caracterización de la severidad a partir de los códigos de diagnóstico. A continuación, se muestra un gráfico con la duración total de los pacientes en semanas.

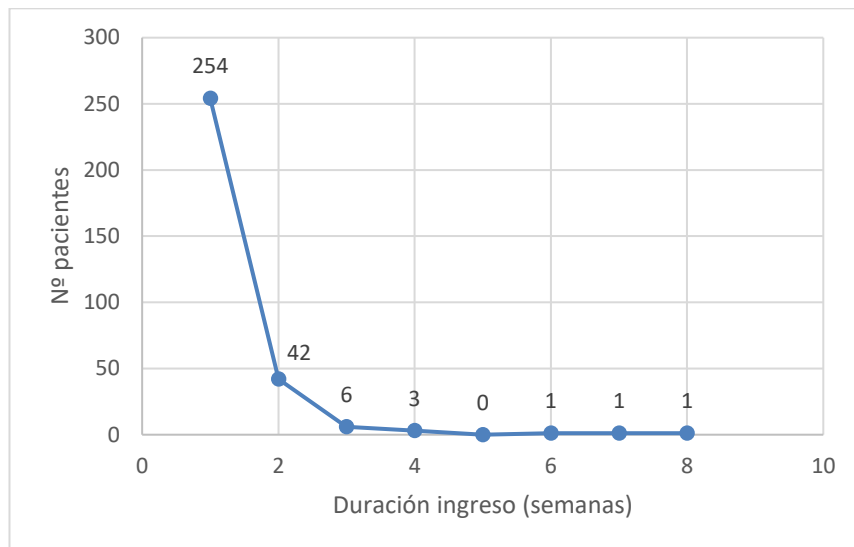


Figura 3-13. Distribución de la duración del ingreso según el número de pacientes. Fuente: base de datos pacientes Hospital Virgen del Rocío [14].

En este gráfico observamos que la gran mayoría de pacientes (296 de un total de 308) estuvieron ingresados 2 o menos semanas, por tanto en nuestro caso podemos concluir que la severidad de la lesión o diagnóstico sí que guarda cierta relación con la duración de la estancia del paciente en el centro médico u hospital. Es importante mencionar para finalizar este apartado, que este dato también puede ser útil para otros análisis relacionados con diversos factores económicos en relación a la inversión o presupuesto de las instituciones públicas de sanidad.

4 INFRAESTRUCTURA CICLISTA EN LA CIUDAD DE SEVILLA

Como comentábamos en el primer apartado del Capítulo 1, los más de 180 kilómetros de carril bici y la existencia y creación de diversos organismos e infraestructuras dedicadas en su totalidad a la bicicleta y a su uso en nuestra ciudad, como por ejemplo el Sevici o la Oficina de la Bicicleta, son muestras fieles de que este medio de transporte está ya consolidado entre los ciudadanos de Sevilla y que nos encontramos en un momento de gran madurez en el cuál se pueden aprovechar muchas de las lecciones aprendidas en los últimos años. Es por eso que se ha decidido realizar este capítulo, en el cual analizaremos los puntos que se podrían mejorar considerando la información aportada a lo largo del proyecto y la relación directa que existe entre el estado de las vías e infraestructuras y la accidentalidad ciclista. Para ello nos hemos basado principalmente en el análisis realizado en el marco del Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18] y en un estudio de campo llevado a cabo en la propia vía ciclista de nuestra ciudad.

En primer lugar, se expone a continuación la red actual de vías ciclistas de la ciudad junto con las que están en construcción y con las planificadas en el Plan Andaluz de la Bicicleta.

Como se puede observar en la figura y atendiendo a la evolución del mapa de vías ciclistas en Sevilla entre los años 2005 y 2017 (ver *Figura 1-1*), queda latente el rápido crecimiento de las infraestructuras y carriles para bicicleta, especialmente con la creación del Plan Andaluz de la Bicicleta en 2014, en el que se planificaron las nuevas vías mostradas en la imagen con el objetivo de aumentar el mallado de la red y de dar continuidad a vías metropolitanas ya existentes. Cabe destacar también el gran avance que se observó en la primera década del presente siglo debido al Plan Director para el Fomento del Transporte en Bicicleta, Sevilla 2007-2010 (versión anterior del Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18]), siendo este el primer documento oficial que recopilaba todas las medidas y proyectos necesarios para conseguir que la bicicleta se instaurara en nuestra ciudad como un medio de transporte útil y fomentaba su uso diario además del deportivo u ocasional.

En dicho mapa vemos también cómo la red ciclista se dispone básicamente en vías radiales bordeando el casco histórico intersectadas por rondas principales que parten de esta misma zona.

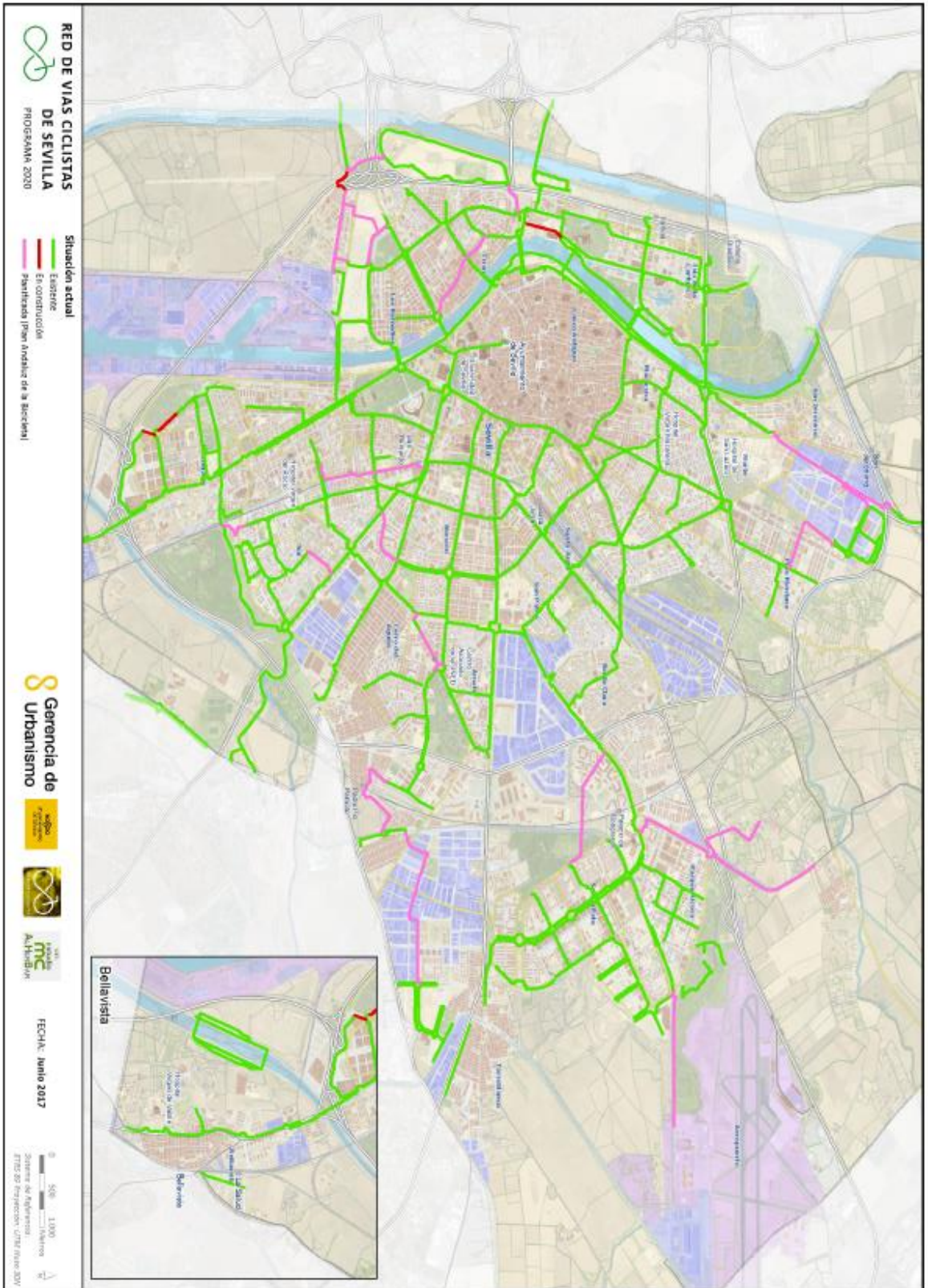


Figura 4-1. Red de vías ciclistas actual (Junio 2017): tramos existentes (color verde), en construcción (color rojo) y en planificación (color rosa). Fuente: Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18].

Para comenzar a analizar en mayor profundidad la infraestructura ciclista de Sevilla, vamos a exponer los puntos principales que se establecieron como objetivos del Plan 2007-2010:

- Disminuir el número de encuentros físicos entre bicicleta y vehículos motorizados en zonas de velocidad elevada.
- Reducir la velocidad de dichos vehículos cuando la separación sea físicamente imposible.

Para ello:

- Creación de una red de carriles separada físicamente excepto en las zonas de coexistencia mencionadas anteriormente.
- Instalación de todos los elementos de seguridad necesarios además de una señalización específica y una red de semáforos.
- Prioridad absoluta para los medios no motorizados en el centro de la ciudad y urbanizaciones.
- Optimización de las longitudes recorridas y tiempos de espera en cruces eliminando curvas innecesarias y modificando aquellas intersecciones susceptibles de mejora.
- Aprovechar los parques y espacios naturales para integrar tramos de la vía y conectar diferentes zonas de la ciudad.
- Mejorar y facilitar el uso de la bicicleta en los carriles y zonas más transitadas de la ciudad.

4.1 La bicicleta pública

Como ya se ha comentado anteriormente, la existencia de servicios de bicicleta pública al alcance de los ciudadanos fomentará el uso de la misma como principal medio de transporte diario. Teniendo en cuenta que también forman una parte importante de la infraestructura y medios ciclistas, se expondrá a continuación un breve análisis sobre los dos servicios más importantes de bicicleta pública que existen en Sevilla basado en el expuesto en el Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18].

4.1.1 Sevici

Sevici es un sistema de alquiler de bicicleta pública puesto en marcha en 2007 por el Ayuntamiento de Sevilla de mano de la empresa JCDecaux. Actualmente la ciudad cuenta con 260 estaciones con 5142 puntos de aparcamiento y alrededor de 2600 bicicletas con disponibilidad 24 horas todos los días del año y sin coste para usos inferiores a 30 minutos.

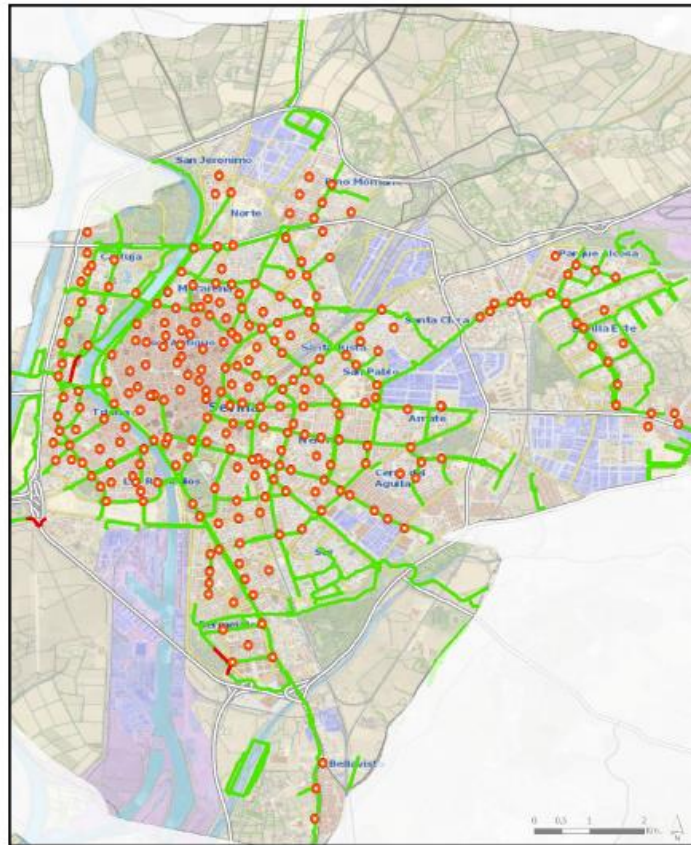


Figura 4-2. Estaciones Sevici en la ciudad de Sevilla. Fuente: Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18].

En los siguientes gráficos observamos como ha disminuido en los últimos años el número de abonados de larga duración así como la cantidad de alquileres anuales. Esta tendencia bajista sucede tras el gran repunte dado en el año 2009, máximos alcanzados tras el convenio firmado con la Universidad de Sevilla en cuanto a la no necesidad de disposición de tarjeta de crédito para la fianza inicial y el bajo coste a inicios del programa, el cual se ha triplicado en la actualidad.

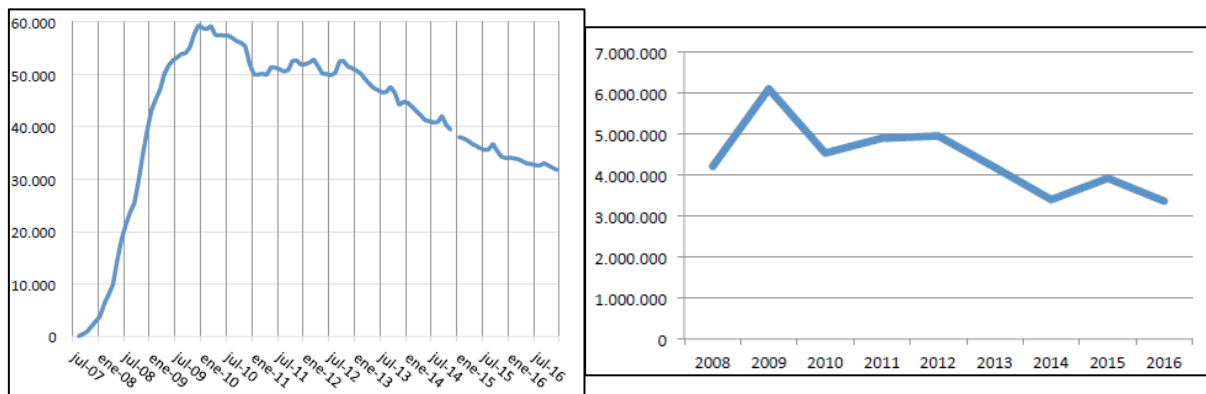


Figura 4-3. Distribución de los abonados de larga duración (izquierda) y de los alquileres anuales (derecha) de SEVICI. Fuente: Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18].

Otros factores a tener en cuenta en la evolución y la calidad del servicio es el número de bicicletas disponibles, el cual sufrió un descenso desde las 2600 en el año 2012 hasta las 2100 en el año 2015 como consecuencia principalmente del vandalismo, punto en el que hay que remarcar que la tasa de recuperación de bicicletas robadas es del 83% actualmente.



Figura 4-4. Ejemplo de vandalismo en el sistema SEVICI. Fuente: elCorreo.es.

4.1.2 Bus+bici

El sistema Bus+Bici fue creado en 2006 por el Consorcio de Transporte Metropolitano del Área de Sevilla y supuso el primer servicio de bicicleta pública en la ciudad. Consiste en un sistema de préstamos de bicicleta disponible hasta las doce de la noche destinado a todo viajero que llegue a la estación de autobuses de Plaza de Armas, el servicio es gratuito presentando en las instalaciones el título de transportes. Este sistema ha tenido gran éxito y ha pasado de las 20 bicicletas iniciales hasta las 175 actuales, mayoritariamente usadas por estudiantes que viven en el área metropolitana y que tienen que desplazarse a la capital en autobús.

Cabe destacar que la tendencia en el uso del servicio Bus+Bici sigue prácticamente a la mostrada anteriormente para el caso de Sevíci.

4.2 La vía ciclista

En este apartado, el análisis irá enfocado a la red de vía ciclista existente en nuestra ciudad, principalmente a exponer las deficiencias encontradas desde el punto de vista la adecuación de la red a la demanda actual de las diferentes zonas de la ciudad, de su estado, y también del diseño y planificación ejecutada.

4.2.1 Cobertura de la red ciclista

Un punto importante para analizar la calidad y funcionalidad de nuestra red ciclista tendrá que tener en cuenta la cobertura que ofrece a los ciudadanos, considerando como cobertura la posibilidad de conectar puntos de interés, residenciales o laborales mediante dichas infraestructuras.

En la Figura 4-5 se exponen las vías ciclistas existentes y las que se encuentran en construcción rodeadas por un mapa de colores en función de la distancia a dicha vía y mostrando también la densidad de población de cada zona. En dicha figura se observa, en primer lugar, la mala accesibilidad existente a las vías ciclistas en toda la zona norte de la ciudad, zona bastante importante teniendo en cuenta su alta densidad, por otro lado también se ve una clara ausencia de cobertura hacia los polígonos industriales exceptuando la Isla de la Cartuja; Calonge, Store y Carretera Amarilla carecen casi al completo de conexión alguna con el resto de la ciudad, desfavoreciendo por tanto el uso de la bicicleta como medio de transporte entre los trabajadores que tienen su puesto en dichas ubicaciones.

4.2.2 Diseño y construcción

En este apartado se analizarán las características relacionadas con el diseño, la planificación y la construcción de la red ciclista de la ciudad, para ello nos basaremos en examinar principalmente la seguridad y el confort que la vía brinda al ciclista. Se aprovechará este punto para exponer diferentes deficiencias observadas, tanto en el Programa de la Bicicleta como en el estudio de campo propio.

4.2.2.1 Diseño del trazado

Centrándonos en el diseño del trazado, el primer aspecto a estudiar es la sinusoidad del mismo, entendiéndose como tal al cociente que resulta de comparar la longitud que tiene que recorrer el ciclista al circular por la vía entre dos puntos y la distancia mínima viaria existente entre dichos puntos circulando. Analizando dicho parámetro nos damos cuenta que la sinusoidad es baja si observamos la red de manera general, pero si bajamos a diferentes intersecciones y otros casos concretos nos encontramos con puntos críticos como los que expondremos a continuación.

A la vista de estos resultados podemos concluir que existen numerosos casos en los que la vía ciclista realiza recorridos no necesarios que, además de aumentar el riesgo de accidente del ciclista debido a la inexistencia de radios de giro, incrementan los tiempos de espera y circulación en zonas donde la red simplemente debería seguir el transcurso de la vía principal. Esto genera el no cumplimiento de las normas de seguridad vial por parte de los ciclistas.

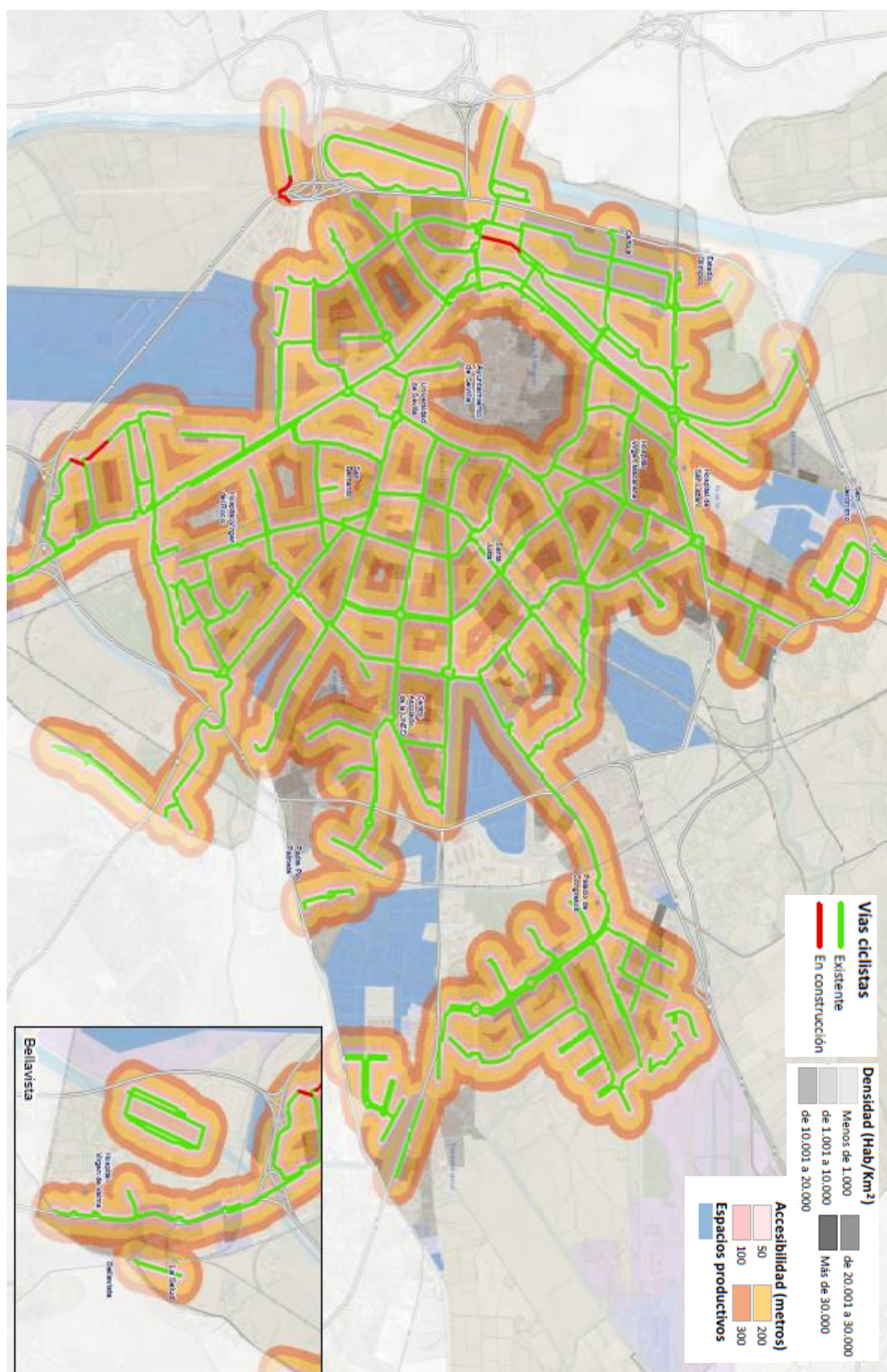


Figura 4-5. Mapa de cobertura de la red ciclista de Sevilla en función de la accesibilidad y la densidad de población. Fuente: Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18].

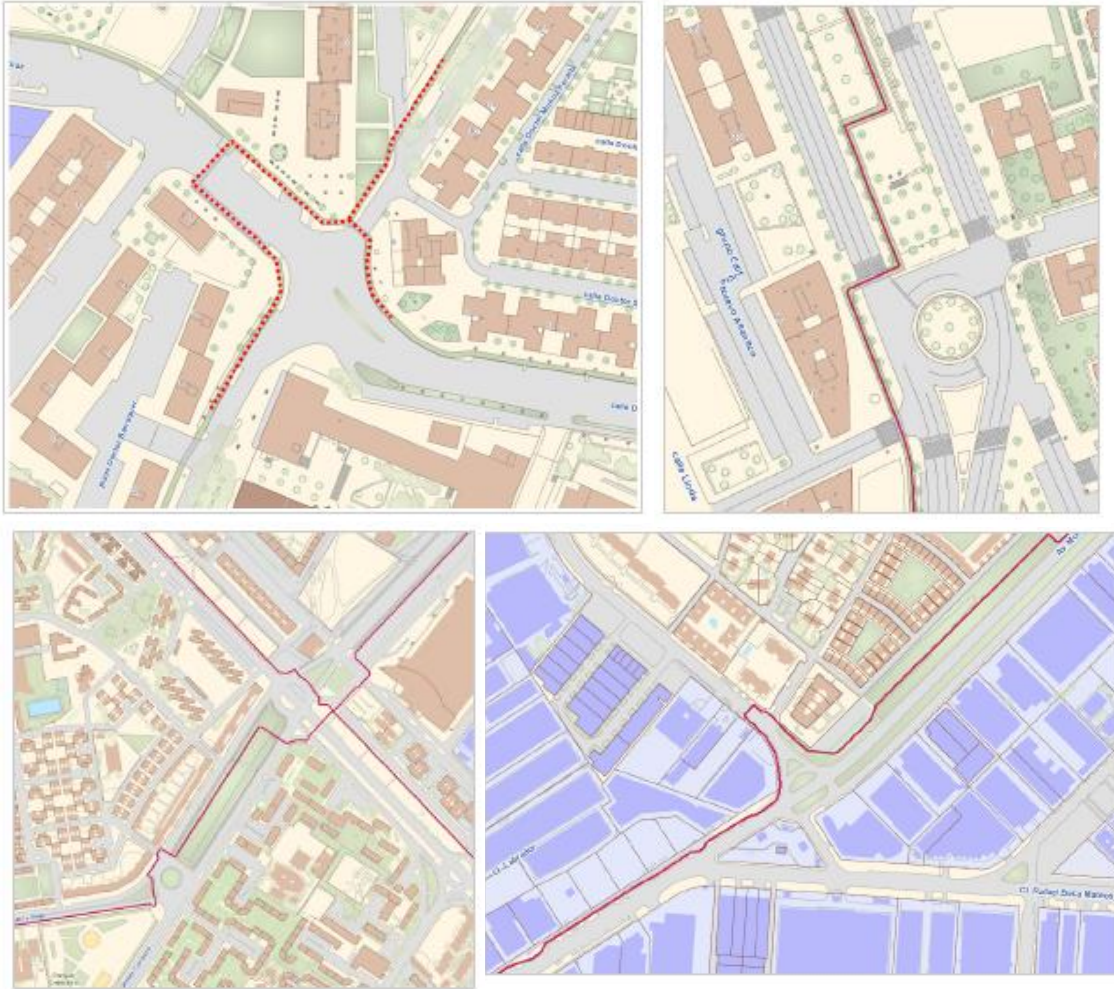


Figura 4-6. Ejemplos de alta sinusoidad en las vías ciclistas de Sevilla en Avda. Sánchez Pizjuan, Avda. Manuel del Valle, Ronda del Tamarguillo y Avda. Menéndez Pelayo. Fuente: Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18].

Por otro lado y no siendo menos importante, si acercamos el foco de visión a la planificación o diseño del recorrido de las vías desde un punto de vista aún más local, podremos observar ejemplos de diferentes elementos de la vía pública tales como arquetas o tapas que no sólo quedan a la vista invadiendo gran parte del carril bici, sino que además en la mayoría de casos conllevan un resalte o incluso un cambio de firme. A continuación se presenta una pequeña muestra de ello; en la última imagen vemos un ejemplo de estos cambios de firme con una señalización que se encuentra poco visible y con apenas anticipación al mismo.



Figura 4-7. Ejemplos de deficiencias debidas a una mala planificación en Avda. Coria (superior izquierda), Isla de La Cartuja (superior e inferior derecha) y Avda. José Laguillo (inferior izquierda). Fuente: Sevilla.abc.es y fotos propias.

En la siguiente imagen vemos otro caso común de mal diseño de una vía ciclista que también podríamos englobar en otro apartado que veremos a continuación sobre anchura y separaciones; ahora se observa un carril que ocupa prácticamente la acera al completo sin dejar hueco suficiente al peatón y pudiendo ocasionar así diferentes problemas o incluso dar lugar a algún accidente.



Figura 4-8. Carril bici ocupando la mayor parte del acerado en la zona de la Isla de La Cartuja.

4.2.2.2 Intersecciones

Como ya se expuso en el segundo capítulo de este proyecto, el correcto diseño y construcción de las intersecciones jugará un papel fundamental en la prevención de accidentes ya que en ellas confluyen ciclistas, peatones y automóviles, por tanto, será primordial cumplir las principales reglas y recomendaciones que se recogen en los diferentes manuales de diseño de vías ciclistas y que también enumeramos en dicho apartado; buena señalización, aumento de distancia con respecto a zonas peligrosas, clara diferenciación de la vía ciclista y optimización del recorrido a realizar por el usuario. Para analizar los ejemplos que mostraremos a continuación, es importante destacar que la red ciclista sevillana es mayoritariamente bidireccional, aspecto que es crucial en la planificación y gestión de la intersección.

En primer lugar, vamos a mostrar ejemplos en los que el diseño de la intersección es tal que implica recorridos extra para algunos usuarios de la vía dependiendo de la dirección que tomen a la salida. A pesar de este gran inconveniente, estas configuraciones tienen la principal ventaja de dar visibilidad al ciclista en caso de abandonos de la intersección por parte del automóvil.

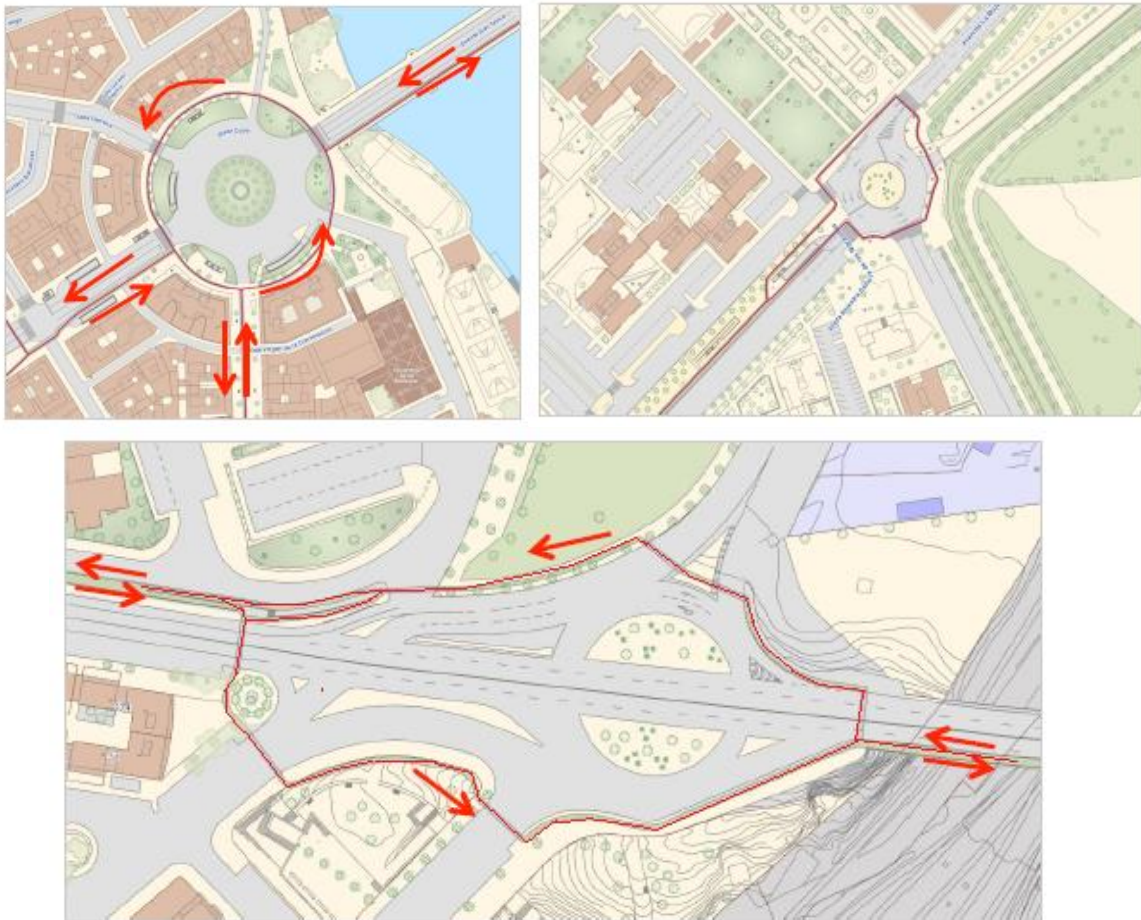


Figura 4-9. Ejemplos de intersecciones que suponen recorrido extra en las zonas de Plaza de Cuba, Avda. de Miraflores y Carretera de Carmona. Fuente: Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18].

Los puentes y pasos a distinto nivel son otro ejemplo de una mala planificación ya que en muchos de ellos sólo existen vías unidireccionales debido a que el ancho de una vía de doble sentido penalizaría parte del acerado. Como veremos en los siguientes ejemplos, el principal inconveniente de este diseño reside en el aumento del número de veces que el ciclista se ve obligado a cruzar la carretera, con la sinusoidad que ello implica, suponiendo a veces que el mismo circule en sentido contrario al de los automóviles como en el caso del puente de Triana.

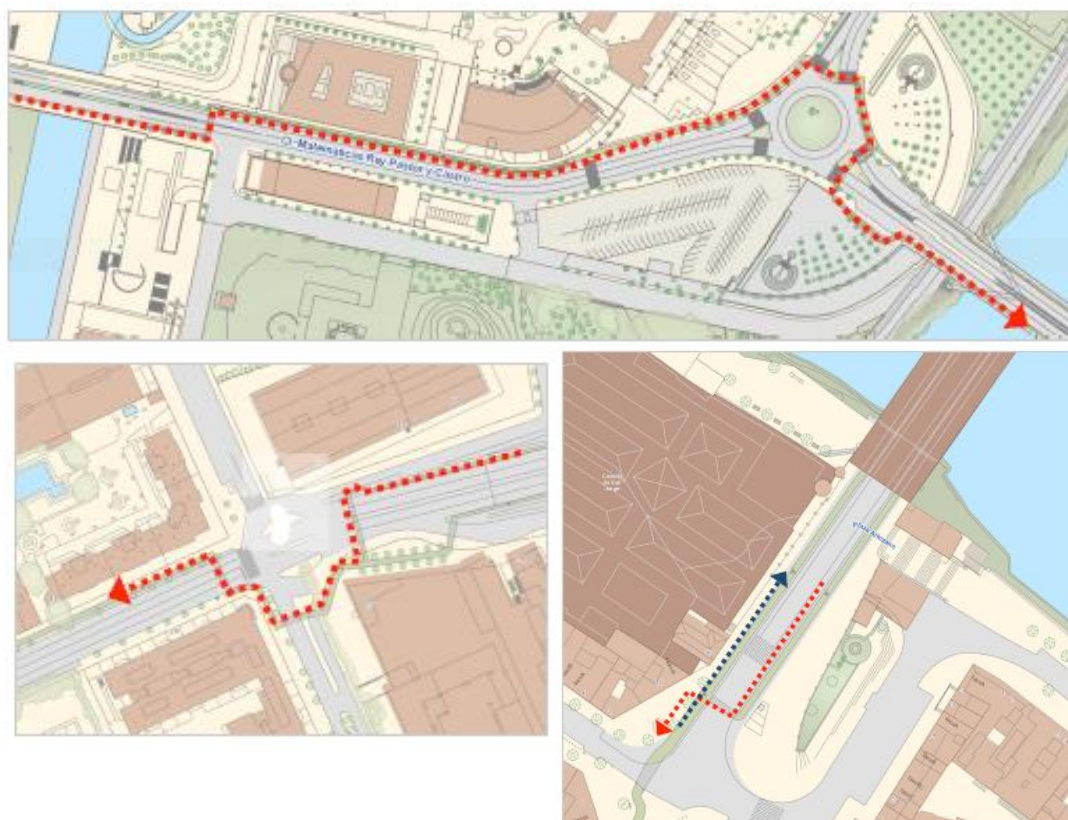


Figura 4-10. Ejemplos de mala planificación del recorrido de la vía ciclista en pasos a distinto nivel en las zonas de Puente de Barqueta, Calle Alfonso Lasso de la Vega (paso bajo la vía del tren) y puente de Triana. Fuente: Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18].

Un ejemplo contrario en el que tras una reforma se dispuso un carril bidireccional a lo largo de un paso a distinto nivel es el Puente de San Telmo, aunque bien es cierto que la ya mencionada mala gestión de la vía en la rotonda penaliza el tráfico de la red ciclista en la zona.



Figura 4-11. Vía ciclista en la zona del Puente de San Telmo y Plaza de Cuba. Fuente: Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18].

Finalmente, cabe destacar que en las intersecciones en T mayoritariamente (aunque también en cualquier salida de una vía principal o rotonda hacia otra calle) se ha abusado del desplazamiento de la vía ciclista o “retranqueo”; este espacio de espera para los automóviles que salen de la vía principal favorece a la seguridad del ciclista ya que impide un encuentro directo y da capacidad de previsión. No obstante, en muchos de los casos se ha realizado dicho desplazamiento de la vía ciclista con el objetivo de llevarla hasta el mismo punto donde se sitúa el paso de cebra para peatones y así controlar toda la circulación a través de un único semáforo.

4.2.2.3 Anchura y separaciones

Estos parámetros serán fundamentales en la seguridad del ciclista tanto en vías de un único sentido como en las bidireccionales. Como vimos en la Tabla 2.1, las anchuras recomendadas para estas vías son respectivamente 2 y 3 m. Tras el estudio realizado en el marco del Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18], se comprobó que el 72% de la red ciclista de doble sentido no cumple con el ancho mínimo, mientras que en el caso de la vía de único sentido el porcentaje baja a alrededor de un 12%.

Por otro lado, y para separar al ciclista de los vehículos motorizados, los elementos de resguardo y separación son indispensables si se pretende dotar de mayor seguridad al usuario. En las siguientes imágenes se muestran algunos de los más usados en la red ciclista de Sevilla.



Figura 4-12. Diferentes elementos de separación en la red ciclista de Sevilla. Fuente: Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18].

4.2.3 Mantenimiento y otros

En este último punto se van a exponer algunos casos de deficiencias encontradas que son muestra de las más comunes dadas en la red ciclista de la ciudad debido a una falta de mantenimiento y que, de la misma forma, inciden negativamente y de manera significativa en la seguridad del ciclista. Dividiremos este apartado en varios puntos con la idea de categorizar los casos más importantes.

4.2.3.1 Deterioro

En este primer punto se van a exponer ejemplos claros de deterioro del pavimento y de la vía ciclista en general, principalmente grietas y socavones o baches. En alguno de estos casos, la solución más rápida puede pasar por sellar las grietas y volver a aplicar una capa de la pintura especial con la que se pinta el carril, en otros, en cambio, hay que eliminar la zona completa y “reasfaltarla”. En ocasiones lo ideal sería incluso modificar el diseño de la misma ya que, como por ejemplo en la segunda imagen y en otros casos que veremos más adelante, la vía pasa por encima de ciertos elementos que forman parte del paisaje y que provocarán de nuevo el levantamiento o agrietamiento del carril.



Figura 4-13. Grietas en el carril bici en la zona de Isla de la Cartuja.

A continuación se muestran más ejemplos de deterioro en algunas zonas bastante transitadas de Sevilla.

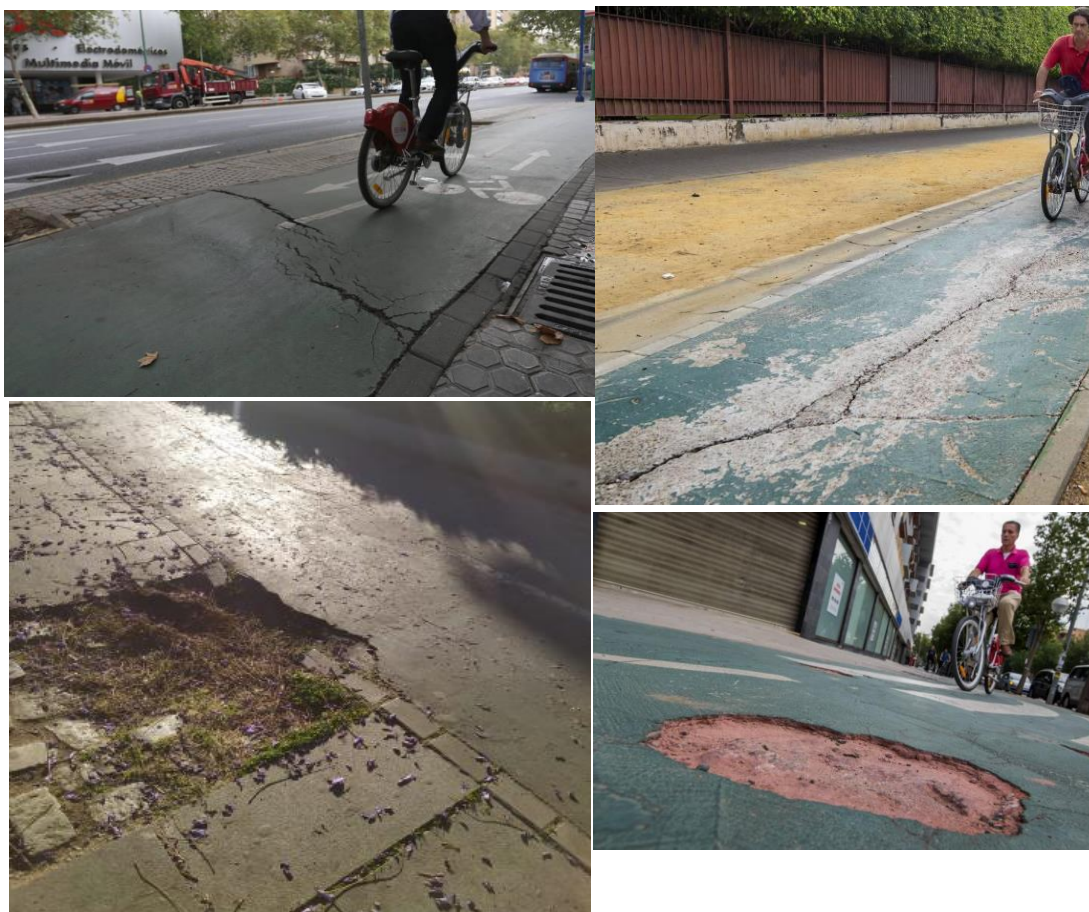


Figura 4-14. Grietas y socavones en el carril bici en la Avenida Kansas City (superior izquierda), en la Avenida de la Palmera (superior derecha), zona Prado de San Sebastián (abajo izquierda) y barrio El Porvenir (abajo derecha). Fuente: Sevilla.abc.es y fotos propias.

4.2.3.2 Problemas con la vegetación

Aunque podríamos poner este tipo de problemática como otro caso concreto de una mala planificación o diseño de la vía, es tal la frecuencia con la que se dan estas deficiencias que se comentará como un subapartado independiente consecuencia (en la gran mayoría de casos) de una falta de mantenimiento de la propia red.

No es motivo de sorpresa observar en el carril bici de Sevilla que el pavimento desaparezca entre hojas y ramas de árboles que se esparcen por el mismo o directamente que el transcurso de este te lleve a toparse con un árbol que se encuentra situado en pleno centro, estos no son más que algunos de los ejemplos que veremos a continuación. No es motivo de crítica la existencia de vegetación y elementos naturales en dichas sendas, pero sí que cabe mencionar que a veces no es suficiente con una simple limpieza de las mismas y se necesita un mayor mantenimiento, además de volver a hablar sobre la planificación y diseño, que debería evitar estas imperfecciones.



Figura 4-15. Ejemplos de problemas con vegetación y elementos naturales en la zona de la Isla de La Cartuja y en Ronda de Triana (inferior izquierda). Fuente: Sevilla.abc.es y fotos propias.

5 CONCLUSIONES

En el presente proyecto hemos podido comprobar que el nivel de accidentalidad ciclista en Europa, España y Sevilla está alcanzando niveles máximos en la actualidad; a pesar de que el número de fallecidos como consecuencia de un accidente en bicicleta ha disminuido en nuestro continente en los últimos años, en España la accidentalidad ha crecido aproximadamente en un 12% anual, tendencia que es seguida de cerca según los datos analizados basados en Sevilla, aunque en los últimos años se detecta un estancamiento de dicha evolución e incluso una pequeña disminución. Es en el entorno urbano donde se concentran la mayoría de estos accidentes; en Europa representan el 60% del total, en España el dato es aún mayor y suma más del 70%, tasa que además crece a una media del 2% anual, aunque bien es cierto que la letalidad es menor que en áreas interurbanas debido a la tipología y gravedad del accidente.

En cuanto a la tipología y localización de las lesiones, hemos comprobado la importancia que tiene disponer de datos sanitarios y no basar el análisis simplemente en fuentes policiales o de tráfico, ya que estos nos servirán para profundizar qué zonas son las más perjudicadas y en qué caminos debemos desarrollar una mayor prevención y seguridad. En esta línea, hemos visto que en Europa las partes del cuerpo que se ven más afectadas en los hospitalizados por accidente ciclista son las extremidades superiores y la cabeza, mientras que los diagnósticos que más se repiten son la contusión y la fractura. En los datos recogidos en España son las extremidades superiores con alrededor del 25% de los casos, seguida de cerca por las lesiones localizadas en el torso que suman más del 20%, en cuanto a los diagnósticos las fracturas se dan en más de la mitad de los hospitalizados, mientras que las lesiones internas, en segundo lugar, llegan al 20% del total. En nuestro caso central de estudio, Sevilla, las fracturas en cara, cabeza y cuello suponen el 25% de todos los casos, mientras que en las extremidades inferiores y superiores se sitúan en torno al 15% en cada localización, tras las fracturas se sitúan las heridas también en cabeza, cara y cuello, sumando más de un 6% del total. A la vista de estos resultados, hemos querido realizar un análisis posterior centrado en las lesiones maxilofaciales, en el cuál hemos observado que el cráneo es la zona más afectada; las fracturas en dicha localización representan el 25% de todas las lesiones maxilofaciales seguidas de cerca por las localizadas en la zona malar y maxilar con alrededor de un 23%. Será por tanto de vital importancia promover e incentivar los estudios e investigaciones que van en la línea de avances tecnológicos en protecciones como el casco.

Otro análisis que se ha realizado a partir de la base de datos proporcionada en Sevilla es el del nivel de severidad o gravedad de los diagnósticos, que estará directamente relacionada en la mayoría de

casos con la gravedad del propio accidente, por tanto hay que destacar que resultaría de gran interés que los estudios actuales y futuros que se realicen incorporen este tipo de análisis. En nuestro caso, se ha realizado una traducción desde los códigos CIE de diagnósticos aportados al nivel AIS a través de un mapa de conversión usado en otras investigaciones, ya que en nuestra base de datos sanitaria no se especificaban directamente los niveles de severidad. Los resultados mostrados tienen la limitación de que únicamente muestran el código AIS más alto de entre los obtenidos a partir de todos los diagnósticos de cada paciente (en caso de que haya más de uno), por tanto, sería igualmente de vital importancia que los datos aportados por las propias instituciones sanitarias ya incorporasen el nivel de gravedad concluido por los propios especialistas. Tras realizar este proceso, se observa que el nivel de severidad más común en nuestro caso es el nivel MAIS 2, que se traduce en una severidad moderada. Por otro lado resulta interesante mencionar que la gravedad de los accidentados en bicicleta en nuestra ciudad aumenta con el paso de los años tal y como lo hace el número de pacientes con nivel MAIS3+.

Otro punto en el que debemos hacer hincapié es en la falta de actualización que existe en cuanto a publicación de datos relacionados con las cifras de la accidentalidad ciclista en nuestro país a diferencia de lo que ocurre con los accidentes de tráfico motorizado en los que la DGT y otros organismos empeñan gran esfuerzo en remarcar datos y números actuales. Uno de los informes en los que se ha basado gran parte del proyecto ha sido *Las principales cifras de la siniestralidad de los ciclistas* [23], publicado por la propia DGT en el año 2016. Es por esto mismo por lo que la monitorización de estadísticas actualizadas y basadas en datos del presente resulta de gran complejidad, hecho que debería cambiar si se pretende mejorar en el análisis y la prevención.

Todo este aumento de las tasas de accidentalidad en nuestra ciudad coincide con el gran auge de las vías ciclistas a través del Plan Andaluz de la Bicicleta, en concreto con el aumento de la longitud del carril bici en Sevilla, y por otro lado con el incremento del uso de la misma para el transporte diario, relacionado también con la cada vez más común concienciación medioambiental y con otros factores socioeconómicos. A pesar de que se fomente y favorezca el uso de la bicicleta, parece que la mejora de la seguridad vial no lo está haciendo. Nuestras infraestructuras ciclistas tienen muchos puntos fuertes y por ello nos sitúan a la cabeza entre las ciudades ciclistas en España y fuera de ella, pero también existen diversas deficiencias que podrían ser subsanables casi de forma inmediata y que ayudarían en la prevención de accidentes y en el objetivo de disminuir estas tasas, como las mostradas en el capítulo anterior y que en muchos de los casos se dan con demasiada frecuencia provocando situaciones de alta peligrosidad para todos los usuarios. Pero no sólo hay que invertir en infraestructuras y en medidas de seguridad directas; las leyes de tráfico deben dar cada vez más prioridad al ciclista y al peatón si queremos ir en la línea de la mejora de la seguridad vial y en

convertir la ciudad en un sitio más favorable para el uso de la bicicleta. Otro factor a tener muy en cuenta es la educación vial del ciclista; como todos sabemos, seguimos cometiendo infracciones graves como circular en sentido contrario o no respetar señales de prioridad, por no hablar del uso del móvil mientras circulamos, y es que son un gran número de las normas de circulación existentes las desconocidas por los usuarios de la bicicleta, sobre todo teniendo en cuenta de que muchas de estas personas comienzan a usar la bicicleta sin disponer de carnet de vehículo y por tanto provocando aún un mayor desconocimiento de las leyes vigentes. Por ello, una gran medida en favor de la prevención y la seguridad ciclista sería aumentar la disponibilidad y la existencia de cursos de educación vial básica para los usuarios.

En la línea del párrafo anterior, hay que destacar y premiar la gran labor realizada por la Gerencia de Urbanismo, concretamente por la Oficina de la Bicicleta, organismo que mediante el Programa de la Bicicleta Sevilla 2020 [18], plan analizado también en este proyecto, propone un gran abanico de mejoras y modificaciones en la red ciclista actual dando solución a muchas de las deficiencias expuestas anteriormente y actuando directamente con programas de fomento del uso de la bicicleta en nuestra ciudad que intentan combatir en cierta forma la apuesta paralela por el transporte en automóvil que, en muchos casos, frena y empeora el desarrollo de la movilidad ciclista segura y efectiva. A modo de resumen, este plan busca un aumento del uso de la bicicleta desde el 8% a un 15% de representación en el reparto modal a través de las principales líneas de actuación, objetivos y planes que se enumeran a continuación:

- Nueva propuesta de dotación de aparcamientos para bicicleta: aparcamientos seguros en la vía pública, en edificios residenciales y en centros de trabajo y de estudio.
- Propuestas sobre la red ciclista:
 - o Compleción de la red en zonas donde la vía ciclista no está presente.
 - o Reforma de tramos basada directamente en la mejora de la calidad y en reformas sencillas.
 - o Reformas puntuales: discontinuidades y desconexiones, intersecciones o mantenimiento.
 - o Integración de la bicicleta en el casco histórico: a través de una política de reducción del tráfico motorizado en la zona centro y modificando y creando nuevos tramos por dichas zonas.
- Revisión del diseño de la infraestructura ciclista:

- Coordinación de la vía ciclista con el resto de modos y paisaje urbano.
 - Situar a las vías bidireccionales como opción mayoritaria.
 - Priorizar la continuidad de la vía y disminuir la sinusoidad.
 - Priorizar la seguridad ante la funcionalidad en las intersecciones; modificaciones teniendo en cuenta el retranqueo, la semaforización, los espacios de espera y las glorietas.
- Revisar y modificar pavimento en aquellos casos necesarios.
 - Modificar anchos y resguardos para cumplir con las recomendaciones de diseño.
 - Mejorar el mantenimiento a través de un aumento de la inversión económica en dicho contrato.
 - Diferentes propuestas para mejorar y fomentar la bicicleta pública: mejorando el sistema Sevici, especialmente en cuanto a disponibilidad de bicicletas, creando biciestaciones e invirtiendo en la intermodalidad en el transporte.

Es importante mencionar que muchas de estas medidas ya han sido implementadas en la ciudad o están en pleno de proceso de realización.

europapress / andalucía / sevilla

El Ayuntamiento de Sevilla ejecuta 190 actuaciones de mejora de carriles bici desde mayo de 2018

Figura 5-1. Titular del periódico digital Europapress.

Finalmente, y a modo de cierre, sirva este proyecto a su vez para invitar y motivar a los presentes y futuros ingenieros a investigar y a apoyar el uso de la bicicleta como medio de transporte eficiente, limpio y seguro, y con esto a seguir todas las iniciativas cuyo objetivo sea continuar con la adaptación de Sevilla a la movilidad sostenible más allá del casco histórico, zona en la que todos podemos pasear tranquilamente, andando o en bici, y en la que una imagen como la que dejamos a continuación se ha convertido en símbolo de nuestra ciudad.



Figura 5-2. Avenida de la Constitución, Sevilla.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Stijn Dhondt, Cathy Macharis, Nathalie Terryn, Fredriek Van Malderen, Koen Putman. Health burden of road traffic accidents, an analysis of clinical data on disability and mortality exposure rates in Flanders and Brussels. *Accident Analysis and Prevention* (2013).
- [2] Bart van den Bergh, K. Hakki Karagozoglu, Martijin W. Heymans, Tymour Forouzanfar. Aetiology and incidence of maxillofacial trauma in Amsterdam: A retrospective analysis of 579 patients. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery* (2012).
- [3] Wouter M.M.T. van Hout, Ellen M. Van Cann, Jan H. Abbink, Ronald Koole. An epidemiological study of maxillofacial fractures requiring surgical treatment at a tertiary trauma centre between 2005 and 2010. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* (2013).
- [4] Christian Lindqvist, Sirkka Sorsa, Tapio Hyrkäs, Seppo Santavirta. Maxillofacial fractures sustained in bicycle accidents. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* (1986).
- [5] Shameer H. Syed, Ryan Willing, Thomas R. Jenkyn, Arjan Yazdani. Video Analysis of the Biomechanics of a Bicycle Accident Resulting in Significant Facial Fractures. *J. Craniofac. Surg.* (2013).
- [6] A. Richard A. van der Horst, Maartje de Goede, Stefanie de Hair-Buijssen, Rob Methorst. Traffic conflicts on bicycle paths: A systematic observation of behaviour from video. *Accident Analysis and Prevention* (2014).
- [7] Jesús Monclús. Casco de ciclistas. Institut de Seguridat Vial - Fundació MAPFRE (2013).
- [8] José I. Castillo-Manzano, Lourdes Lopez-Valpuesta, Juan P. Asencio-Flores. Extending pedestrianization processes outside the old city center; conflict and benefits in the case of the city of Seville. *Habitat International* (2014).
- [9] G. Milne, C. Deck, N. Bourdet, R.P. Carreira, Q. Allinne, A. Gallego, R. Willinger. Bicycle helmet modelling and validation under linear and tangential impacts. *International Journal of Crashworthiness* (2014).
- [10] Kirk Hansen, Nathan Dau, Florian Feist, Caroline Deck, Rémy Willinger, Steven M. Madey, Michael Bottlang. Angular Impact Mitigation system for bicycle helmets to reduce head acceleration and risk of traumatic brain injury. *Accident Analysis and Prevention* (2013).
- [11] Paolo Boffano. European Maxillofacial Trauma (EURMAT) project: A multicentre and

- prospective study. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery* (2015).
- [12] Thomas Gennarelli, Elaine Wodzin-Mackay. *AIS 2005: A contemporary injury scale* (2007).
- [13] David E. Clark, Adam W. Black, David H. Skavdahl, Lee D. Hallagan. *Open-access programs for injury categorization using ICD-9 or ICD-10* (2018).
- [14] Base de datos de ingresos hospitalarios del Hospital Universitario Virgen del Rocío.
- [15] Codificación CIE-9-MC. Edición 2012. 17 - Lesiones y Envenenamientos. Servicio Andaluz de Salud, Consejería de Salud y Bienestar Social.
- [16] Estudio para definición de contenidos de los programas de formación de los equipos de investigación de accidentes en profundidad en el marco del Proyecto Europeo Dacota. *European Center for Injury Prevention* (2011).
- [17] Oficina de la Bicicleta - Gerencia de Urbanismo - Ayuntamiento de Sevilla. <https://www.urbanismosevilla.org/areas/sostenibilidad-innovacion/sevilla-en-bici>
- [18] Programa de la Bicicleta Sevilla 2020. Gerencia de Urbanismo, Oficina de la Bicicleta (2017).
- [19] European Road Safety Observatory, ERSO: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/erso_en
- [20] Traffic Safety Basic Facts 2017, Cyclists. European Road Safety Observatory.
- [21] European Transport Safety Council, ETSC: <https://etsc.eu/>
- [22] Barómetro de la Bicicleta en España. Red de Ciudades por la Bicicleta y Dirección General de Tráfico (2017).
- [23] Las principales cifras de la siniestralidad de los ciclistas. Dirección General de Tráfico (2016).
- [24] Análisis de la Siniestralidad en Ciclistas. Centro de Estudios de Seguridad Vial y Universidad de Valencia (2017).
- [25] Análisis sobre la movilidad ciclista en Sevilla. Sistema Integral de la Bicicleta en la Universidad de Sevilla (2016).
- [26] Recomendaciones de diseño para las vías ciclistas en Andalucía, versión 11 de Junio de 2013. Consejería de fomento y vivienda, Junta de Andalucía.
- [27] Manual de recomendaciones de diseño, construcción, infraestructura, señalización, balizamiento, conservación y mantenimiento del carril bici. Dirección General de Tráfico (2000).
- [28] Web de la Dirección General de Tráfico: www.dgt.es/es/

-
- [29] Reglamento General de Circulación, Real Decreto 1428/2003 de 21 de Noviembre.
- [30] Periódico digital "La información": https://www.lainformacion.com/mundo/sevilla-carril-ciudad-espanola-ciclistas_0_908910272.html
- [31] Periódico digital "elCorreo de Andalucía": <http://elcorreoweb.es/historico/sevilla-se-convierte-en-la-cuarta-mejor-ciudad-mundial-para-la-bici-EBEC431454>
- [32] Periódico digital www.cronicamadrid.com
- [33] Periódico digital ABC: www.sevilla.abc.es
- [34] Periódico digital Europapress: www.europapress.es
- [35] Web del Ayuntamiento de Vitoria: www.vitoria-gasteiz.org/
- [36] Asociación de Motoristas de Aragón
- [37] Hövding - the new bicycle helmet with an airbag: <https://hovding.com>
- [38] Emeb - Escuela de mecánica de bicicletas: www.emeb.es
- [39] Web www.mimundoenbici.com
- [40] Web www.brujulabike.com
- [41] Web www.bikecitizens.net