



Estudio de conflictos de tráfico entre vehículos motorizados y vehículos de micromovilidad en intersecciones con perspectiva de género



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
2	ESTADO DEL ARTE	2
2.1	Conflictos de tráfico	2
2.2	Técnicas de Conflictos de Tráfico	3
2.3	Metodologías de tomas de datos de conflictos.....	5
2.4	Conflictos de tráfico con usuarios de micromovilidad involucrados.....	5
2.4.1	Conflictos de tráfico bicicletas vs vehículos motorizados.....	5
2.4.2	Conflictos de tráfico bicicletas eléctricas vs vehículos motorizados.....	6
2.4.3	Conflictos de tráfico patinetes eléctricos (u otros VMP) vs vehículos motorizados	6
2.5	Relación entre conflictos de tráfico y accidentes	7
2.6	Conflictos de tráfico con perspectiva de género	7
2.7	Conclusiones.....	8
3	INTERSECCIONES OBJETO DE ESTUDIO	8
3.1	Glorieta intersección entre la Avenida Amado Granell Mesado y la Avenida Hermanos Maristas.....	9
3.2	Glorieta intersección entre el Paseo de la Alameda y la Calle Eduardo Boscà	9
3.3	Glorieta intersección entre la Autopista del Saler y la Avenida Antonio Ferrandis	10
3.4	Glorieta partida de San Marcelino.....	11
3.5	Glorieta intersección entre la Ronda Norte y la Avenida de Alfahuir	11
4	TOMA DE DATOS.....	13
5	TRATAMIENTO DE DATOS.....	13
6	ANÁLISIS.....	14
6.1	Conflictos de tráfico según la intensidad de tráfico.....	14
6.2	Conflictos de tráfico según el ciclo semafórico	19
6.3	Conflictos de tráfico según género y edad de los usuarios de micromovilidad	19
6.4	Conflictos de tráfico según el tipo de vehículo de micromovilidad.....	21
7	DISCUSIÓN.....	22
8	CONCLUSIONES	24

Indice de figuras

Figura 1. Modelo piramidal de seguridad basado en el modelo clásico de Hydén (1987).	3
Figura 2. Vista satélite de la glorieta entre las avenidas Amado Granell y Hermanos Maristas.	9
Figura 3. Vista satélite de la glorieta entre el Paseo de la Alameda y la calle Eduardo Boschà.	10
Figura 4. Vista satélite de la glorieta entre las avenidas Prof. López Piñero y Antonio Ferrandis.	11
Figura 5. Vista satélite de la glorieta partida de San Marcelino.	12
Figura 6. Vista satélite de la glorieta entre la Ronda Norte y la avenida de Alfahuir.	12
Figura 7. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de Hermanos Maristas.	15
Figura 8. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de Alcalde Gisbert Rico.	16
Figura 9. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de Alameda.	16
Figura 10. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de Ángel Custodio.	17
Figura 11. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de El Saler.	17
Figura 12. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de San Marcelino.	18
Figura 13. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de Alfahuir.	18

Indice de Tablas

Tabla 1. Intensidad horaria y punta de vehículos motorizados y usuarios de micromovilidad en las zonas de estudio durante los períodos de grabación, y número de conflictos detectados.	15
Tabla 2. Ciclo semafórico de las salidas de glorietas (en segundos) y número de conflictos.	19
Tabla 3. Porcentaje de usuarios de micromovilidad que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y su edad.	20
Tabla 4. Porcentaje de usuarios de micromovilidad que circulan en el sentido del carril interior y que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y su edad.	20
Tabla 5. Porcentaje de usuarios de micromovilidad que circulan en el sentido del carril exterior y que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y su edad.	21
Tabla 6. Porcentaje de usuarios de micromovilidad y que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y el tipo de vehículo.	21



Tabla 7. Porcentaje de usuarios de micromovilidad que circulan en el sentido del carril interior y que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y el tipo de vehículo.....	22
Tabla 8. Porcentaje de usuarios de micromovilidad que circulan en el sentido del carril exterior y que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y el tipo de vehículo.....	22



1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, la movilidad urbana ha experimentado cambios continuos, ya sea por la introducción de nuevas tecnologías o bien por cambios en la concepción del transporte. En el contexto actual, donde se ha abandonado el enfoque tradicional del transporte centrado en las infraestructuras y el movimiento de vehículos, y se ha apostado por un modelo de movilidad sostenible; muchas ciudades han optado por adaptar y mejorar su infraestructura para acomodar e impulsar modos de transporte alternativos al vehículo privado. En este sentido, la bicicleta ha sido uno de los modos de transporte más promovidos, por sus numerosos beneficios ecológicos, de salud y de uso del espacio público.

Todas estas condiciones han estimulado en los últimos años el crecimiento en el uso de la bicicleta y, aunque en cierta manera de forma accidental, el auge de los vehículos de movilidad personal; en especial de los comúnmente denominados patinetes eléctricos, así como de las bicicletas eléctricas. Dado que las bicicletas y los vehículos de movilidad personal presentan características físicas similares (dimensiones reducidas, con capacidad para una persona salvo excepciones) y suelen compartir infraestructura, se les suele agrupar hoy en día con el nombre de micromovilidad.

La introducción de estos vehículos, relativamente reciente, ha supuesto un cambio importante en el paradigma de la movilidad urbana, especialmente en lo que refiere a la coexistencia entre estos vehículos y los agentes ya existentes. El desconocimiento sobre el comportamiento de los usuarios de la nueva micromovilidad y sus interacciones con el resto de los usuarios de la vía ha motivado a numerosos investigadores a ahondar en esta materia.

No obstante, el análisis de la seguridad vial de estos usuarios mediante los métodos tradicionales a partir de datos de accidentes es inviable, debido a la falta de dichos datos por su reciente introducción. Por ello, surge la necesidad de aplicar medidas sustitutorias de seguridad vial, concretamente los conflictos de tráfico.

El objeto de este estudio es analizar los conflictos de tráfico entre vehículos motorizados y usuarios de micromovilidad en salidas de glorieta atendiendo a diversos factores, tales como las características del tráfico, la semaforización, el tipo de vehículo de micromovilidad y el sentido de circulación. También se considerarán factores sociales como la edad y el género de los usuarios de micromovilidad. Para ello, se han realizado grabaciones en diversas salidas de glorieta de la ciudad de Valencia, para detectar conflictos aplicando las técnicas de conflictos de tráfico, y registrando las características de los usuarios para su análisis.



2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Conflictos de tráfico

Los estudios de accidentes para evaluar la seguridad vial de un elemento viario o un tramo de carretera presentan múltiples limitaciones, principalmente asociadas a los propios datos. En primer lugar, son eventos aleatorios de muy baja frecuencia, lo que se traduce en la escasez de datos para elaborar un análisis o en la necesidad de emplear períodos de análisis muy amplios, lo cual no siempre es posible. Por otra parte, la población de los usuarios involucrados en accidentes pueden no ser una muestra representativa de la población de usuarios de la carretera, pues los usuarios involucrados en accidentes suelen tomar más riesgos (Zheng et al., 2020). Además, si bien dichos estudios pueden ser útiles para evaluar la severidad de los accidentes; no son adecuados para evaluar su riesgo de ocurrencia, dado que se tienen en cuenta los eventos que resultan en accidente, pero se excluyen eventos similares que no terminan en accidente (Tarko, 2018).

Ante esta carencia de los estudios de accidentes, surge la necesidad de emplear técnicas alternativas para evaluar y cuantificar la seguridad vial en elementos viales o tramos de carretera, denominadas medidas sustitutorias de seguridad vial (*surrogate measures of safety*). En este sentido, las técnicas de conflictos de tráfico son una de las medidas sustitutorias más empleadas.

El concepto de conflicto de tráfico fue introducido por primera vez por Perkins y Harris (1967), definiéndose como cualquier situación con potencial de producirse un accidente que induce a los implicados a efectuar maniobras evasivas, tales como frenar o desviar la trayectoria, con el fin de evitarlo. Una definición más reciente fue propuesta por Amundsen y Hydén (1997), describiéndose como una situación donde dos usuarios de la carretera se aproximan entre sí en el tiempo y en el espacio, de forma que la probabilidad de ocurrencia de accidente es muy alta si sus movimientos no cambian. Algunas técnicas de conflictos de tráfico, como la neerlandesa “DOCTOR” (Van der Horst y Kraay, 1986), considera como conflicto de tráfico, además de lo descrito anteriormente, aquellas situaciones donde dos usuarios de la carretera cruzan sus trayectorias en un intervalo reducido de tiempo.

La investigación referente a los conflictos de tráfico es extensa, enfocándose en su definición, su relación con los accidentes, el desarrollo de las técnicas de conflictos de tráfico y su aplicación, entre otros aspectos. Algunos autores han argumentado desde un punto de vista teórico la concepción de los conflictos de tráfico como precursores de los accidentes, y numerosos estudios empíricos han encontrado buenas correlaciones que respaldan dicha consideración. Hydén (1987) presentó un modelo piramidal de seguridad que se muestra en la Figura 1, donde se ordenan los posibles eventos de mayor a menor severidad. Como dicho modelo sugiere, los conflictos de tráfico son el eslabón previo al accidente, es decir, son los precursores de un accidente potencial, por lo que se pueden considerar una medida sustitutoria de seguridad vial adecuada bajo esta premisa. Además, los conflictos de tráfico son considerablemente más frecuentes que los accidentes, lo que los convierte en una fuente de datos más fiable y permite reducir, en cierta medida, los períodos de análisis. Sobre



esta relación entre conflictos de tráfico y accidentes se profundiza en mayor detalle en el apartado 2.5.



Figura 1. Modelo piramidal de seguridad basado en el modelo clásico de Hydén (1987).

2.2 Técnicas de Conflictos de Tráfico

Bajo las definiciones expuestas en el apartado 2.1, la identificación de los conflictos de tráfico puede resultar algo subjetiva, y su conteo manual es laborioso. Por ese motivo, han surgido diversos indicadores que miden la proximidad de los usuarios en potencial conflicto, permitiendo determinar si se trata o no de un conflicto y, en caso de serlo, evaluar su severidad. Los indicadores más utilizados son: el *time-to-collision* (TTC), el *post-encroachment time* (PET) y el ratio de deceleración.

- El *time-to-collision* (TTC) es el tiempo restante antes de la colisión si los usuarios implicados mantienen sus respectivas trayectorias y velocidades (Hayward, 1972). Al tratarse de una predicción, el TTC se puede calcular en múltiples instantes de la interacción entre usuarios. El TTC_{min} es el mínimo valor calculado durante la interacción, y corresponde al momento crítico donde la probabilidad de colisión es máxima. Diversos estudios observaron que valores de TTC_{min} inferiores a 1.5 s son poco frecuentes en interacciones normales, por lo que puede considerarse conflicto una interacción con TTC_{min} inferior a dicho umbral (Brown, 1994; Van Der Horst, 1990). Este indicador suele emplearse para analizar conflictos en tramos de carretera como alcances; o conflictos dentro de glorietas (Dong et al., 2020; Sakshaug et al., 2010).
- El *post-encroachment time* (PET) se define como la diferencia temporal entre dos usuarios de la carretera ocupando el mismo punto en el espacio (Allen et al., 1977). Este indicador es particularmente conveniente para analizar conflictos en intersecciones, donde confluyen las trayectorias de los usuarios, siendo el tiempo entre el instante en que el primer usuario abandona el punto de conflicto y el instante en que el segundo alcanza dicho punto. De esta forma, las interacciones con un valor del PET inferior a un cierto umbral se consideran conflictos de tráfico, mientras que las que tengan un valor superior no se consideran relevantes. La definición de dicho umbral, en general, no está consensuada, y depende del criterio del analista. Algunos estudios emplearon



un umbral de 3 s (Lord, 1996; Gettman et al., 2008). Otros estudios más recientes consideraron valores inferiores, mostrando una buena correlación con la frecuencia de accidentes para un umbral de 1 s (Peesapati et al., 2013).

- El ratio de deceleración para evitar un accidente (*Deceleration Rate*, DR) es el mínimo valor de la deceleración que debe presentar un vehículo para evitar la colisión con otro usuario, es decir, para alcanzar un PET no negativo (Allen et al., 1978; Ismail, 2010).

Aún con estas herramientas, algunos estudios han optado por emplear métodos manuales de identificación de conflictos de tráfico, o bien utilizar los indicadores anteriores como complemento a la identificación manual. Por ejemplo, Vlakovled et al. (2021) realizaron un estudio de conflictos de tráfico de bicicletas eléctricas en el que la toma de datos se realizaba mediante grabaciones desde las propias bicicletas, lo que dificulta en gran medida el cálculo de los indicadores anteriores por la perspectiva de las cámaras. Sobre este tema se trata en mayor profundidad en el apartado 2.3.

Por otra parte, Włodarek y Olszewski (2019) decidieron identificar los conflictos de tráfico entre bicicletas y vehículos motorizados en intersecciones semaforizadas de forma manual, empleando el PET para identificar conflictos en los que no se producen maniobras evasivas apreciables. Para ello, emplearon una clasificación de los conflictos basada en Wang y Nihan (2004), que clasifican las interacciones entre bicicletas y vehículos motorizados en función de la dirección de los vehículos en la intersección y en función del tipo de incidente.

En función de la procedencia de los vehículos en la intersección, Wang y Nihan (2004) clasifican las interacciones de la siguiente forma:

- Tipo A – Vehículo gira a derechas, ciclista circula en la misma dirección.
- Tipo B - Vehículo gira a derechas, ciclista circula en la dirección contraria.
- Tipo C - Vehículo gira a izquierdas, ciclista circula en la misma dirección.
- Tipo D - Vehículo gira a izquierdas, ciclista circula en la dirección contraria.

En función del tipo de incidente, las interacciones se dividen en:

- Tipo 0 – Situación de preconflicto, no se produce reducción de velocidad ni cambio de dirección de ninguno de los usuarios, $PET < 1s$.
- Tipo 1 – Situación de conflicto, ligero cambio de dirección del ciclista a velocidad baja, el vehículo está detenido en el carril bici o abandona la intersección tras el ciclista.
- Tipo 2 – Situación de conflicto, cambio ligero de dirección del ciclista a velocidad baja, el vehículo sale justo antes que el ciclista.
- Tipo 3 – Situación de conflicto, cambio brusco de dirección del ciclista a velocidad alta, el vehículo sale justo antes que el ciclista.
- Tipo 4 – Situación de conflicto, el ciclista se detiene por completo, el vehículo sale antes que el ciclista.
- Tipo 5 – Situación de conflicto, tanto el vehículo motorizado como el ciclista se detienen por completo sin colisionar.



2.3 Metodologías de tomas de datos de conflictos

En la práctica, el hecho de que los conflictos de tráfico son eventos no reportados se traduce en la ausencia de datos y registros oficiales de los mismos, lo que obliga a los investigadores a tomar los datos en campo mediante la inspección visual *in situ* o, más comúnmente, mediante grabaciones. En base a la bibliografía existente al respecto, Jarry y Apparicio (2021) han propuesto dos métodos para la toma de datos para estudios de los conflictos de tráfico a partir de grabaciones:

- Mediante análisis discreto de los usuarios. En este caso, se preselecciona una muestra de usuarios de la carretera, por ejemplo, usuarios de bicicletas eléctricas (Vlakovled et al., 2021); y se les facilita un vehículo instrumentado y equipado con los accesorios necesarios para la toma de datos (cámaras de vídeo, GPS, etc.). De esta forma, el análisis puede abarcar un área de estudio extensa y una gran variedad de contextos urbanos.
- Mediante observación en ubicaciones fijas, por medio de cámaras en puntos estratégicos previamente seleccionados, que proporcionan al observador una visión omnisciente de la interacción entre los usuarios, permitiendo un estudio detallado mediante la computación de diversos indicadores de conflictos de tráfico vistos anteriormente. Además, para reducir la carga de trabajo que supone el análisis manual de dichos datos, diversos autores han desarrollado modelos para procesar las imágenes automáticamente mediante un software de inteligencia artificial de rastreo de objetos en vídeo (Jackson et al., 2013; Kassim et al., 2014; Xue et al., 2021).

2.4 Conflictos de tráfico con usuarios de micromovilidad involucrados

Los conflictos entre vehículos motorizados y VMM son muy variados, y dependen de diversos factores, como las características del elemento viario, semaforización y la presencia de segregación de ambos modos, entre otros. Además, cada tipo de vehículo de micromovilidad posee unas características distintas, lo que dificulta su análisis. Son numerosos los estudios enfocados en la interacción entre bicicletas y vehículos motorizados. Sin embargo, dado que la implementación y popularización de los demás vehículos de micromovilidad ha sido reciente, la literatura referente a los mismos es más bien escasa.

2.4.1 Conflictos de tráfico bicicletas vs vehículos motorizados

La mayor parte de textos referentes al estudio de conflictos de tráfico entre vehículos motorizados y bicicletas centran su análisis en intersecciones, como es el caso del presente documento. Fundamentalmente se enfocan en intersecciones semaforizadas con presencia de segregación entre modos mediante carril bici (Jarry y Apparicio, 2021; Włodarek y Olszewski, 2019), donde los principales conflictos entre vehículos motorizados y bicicletas se da en la salida de las intersecciones cuando el vehículo efectúa un giro. En el caso de intersecciones no semaforizadas, el número de conflictos posibles aumenta, siendo el más importante el de entrada a la intersección en presencia de baja visibilidad (Räsänen et al.,



1999; Summala et al., 1996). Los estudios referentes a estos conflictos de tráfico, en su mayoría, emplean el PET como indicador principal para identificarlos.

Particularizando a las glorietsas, cabe distinguir entre aquellas glorietsas con segregación entre bicicletas y vehículos motorizados mediante carril bici exterior, y aquellas que no presentan dicha segregación, por lo que ambos modos comparten espacio. En presencia de segregación, las interacciones entre ambos modos se limitan a la entrada y salida de los vehículos motorizados a la glorieta (sólo la salida en glorietsas semaforizadas), mientras que con tráfico compartido los conflictos se producen en el interior de la glorieta. Sakshaug et al. (2010) comparan los conflictos de tráfico entre bicicletas y vehículos motorizados en una con segregación entre ambos modos y otra sin segregación, concluyendo que la primera es menos propicia a que se produzcan conflictos que la segunda. En dicho estudio se ha utilizado el TTC para identificar y analizar los conflictos.

2.4.2 Conflictos de tráfico bicicletas eléctricas vs vehículos motorizados

Las bicicletas eléctricas son un tipo de vehículo de micromovilidad de implantación y desarrollo recientes, y han conseguido cierta popularidad en algunos países y regiones. A la hora de analizar conflictos de tráfico que involucran este tipo de vehículo, conviene señalar que su velocidad de operación suele ser mayor que en bicicletas normales.

Vlakveld et al. (2021) han realizado un análisis discreto de conflictos de tráfico entre bicicletas eléctricas y otros usuarios de la vía, en el que se concluye que las interacciones con vehículos motorizados son una de las más frecuentes, sólo por detrás de las interacciones con ciclistas. Li et al. (2023) han estudiado la interacción de las bicicletas eléctricas y los vehículos motorizados en glorietsas sin segregación. En este caso se utiliza el TTC como indicador para detectar los conflictos.

2.4.3 Conflictos de tráfico patinetes eléctricos (u otros VMP) vs vehículos motorizados

El análisis de los vehículos de movilidad personal (en adelante VMP) es de particular interés en España, debido a su reciente popularización. La legislación española vigente define un VMP como cualquier “vehículo de una o más ruedas dotado de una única plaza y propulsado exclusivamente por motores eléctricos que pueden proporcionar al vehículo una velocidad máxima por diseño comprendida entre 6 y 25 km/h” (Dirección General de Tráfico, 2022). Debido a que todavía están en proceso de estandarización, sumado a la amplia variedad de sistemas que se adaptan a dicha definición, su análisis se dificulta, habiendo de establecer una clasificación a tal fin. El VMP más ampliamente utilizado en España es el comúnmente denominado patinete eléctrico o *e-scooter*.

Debido a su reciente desarrollo, no se han realizado estudios de conflictos de tráfico con este tipo de usuarios, aunque sí ha surgido un estudio de accidentes de patinetes eléctricos (Jasiūnienė y Tumavičė, 2022).



2.5 Relación entre conflictos de tráfico y accidentes

Como se ha mencionado anteriormente, existen bases teóricas y pruebas empíricas que respaldan la validez de los conflictos de tráfico como un precursor razonable de los accidentes (Zheng et al., 2021).

Desde un punto de vista teórico, se han desarrollado tres conceptos que relacionan los conflictos de tráfico y, aunque cada uno de ellos interpreta dicha relación de formas distintas, todos se fundamentan en la relación causal entre conflictos y accidentes (Zheng et al., 2021). El concepto más relevante en este sentido es el modelo piramidal de la seguridad desarrollado por Hydén (1987), en el que se ordenan los eventos de más seguros a más peligrosos: circulación libre, conflictos de tráfico y accidentes. Este orden piramidal también establece la frecuencia de los eventos, siendo los accidentes los menos frecuentes. Por otra parte, el modelo causal de Davis et al. (2011) considera un conflicto de tráfico y un accidente como dos resultados alternativos a una situación inicial, de forma que las acciones evasivas de los implicados determinarán cuál de los dos es el resultado final. Recientemente, Tarko (2018) propuso otro concepto similar al anterior que asume también la etiología entre los conflictos de tráfico y los accidentes, pero haciendo especial énfasis en la casualidad de los eventos, limitando la definición de conflicto de tráfico a eventos causados por error humano que requieren de una acción evasiva para evitar la colisión.

Desde el punto de vista empírico, la correlación entre los conflictos de tráfico y los accidentes puede ser un indicador de la validez de los conflictos de tráfico como precursor de un accidente (Zheng et al., 2021). Numerosos estudios han encontrado una buena correlación entre conflictos de tráfico y accidentes mediante análisis de correlación (Migletz et al., 1985; Peesapati et al., 2013; Xie et al., 2016; Charly y Mathew, 2019). No obstante, otros estudios han encontrado una mala correlación entre ambos (Williams, 1981; Tiwari et al., 1998; Vrielink et al., 2018). Esto puede deberse a factores tales como la definición incorrecta de los conflictos de tráfico, la discrepancia entre los períodos de análisis de los conflictos y los accidentes, o la presencia de accidentes no reportados, entre otros.

Por otra parte, también es conveniente saber estimar el número de accidentes a partir de los conflictos de tráfico. En este sentido, se han desarrollado diversos modelos estadísticos que relacionan la frecuencia de ocurrencia de conflictos con la frecuencia de accidentes (Hauter, 1982; El-Basyouny y Sayed, 2013; Peesapati et al., 2018; Zhao y Lee, 2018) o que extrapolan la ocurrencia de accidentes a través de los conflictos de tráfico observados mediante inferencia causal (Davis et al., 2011; Tarko, 2018; Tarko, 2020) o mediante la teoría del valor extremo (Campbell et al., 1996; Songchitruksa y Tarko, 2006; Zheng y Sayed, 2020).

2.6 Conflictos de tráfico con perspectiva de género

La relación entre el género y la seguridad vial es un tema en proceso de investigación, especialmente cuando se trata del análisis de los conflictos de tráfico de los usuarios de micromovilidad. El género no es en sí mismo un factor decisivo en la seguridad vial, pero sí está asociado con otros factores influyentes más difíciles de observar, como son el comportamiento, la fisiología o la experiencia (Stipancic, 2016). Diversas investigaciones han



identificado importantes diferencias en el comportamiento de peatones y conductores de vehículos motorizados de distinto género (Holland y Hill, 2007; Santamarina-Rubio et al., 2014; Tom y Granie, 2011), aunque en el caso de usuarios de micromovilidad (incluso de ciclistas), la bibliografía es más escasa. Los estudios sobre diferencia de género en ciclistas se centran en el comportamiento, observando que los ciclistas hombres tienden a tomar más riesgos (Johnson et al., 2011; Bernholft y Carstensen, 2008).

No obstante, estas diferencias en el comportamiento no se traducen necesariamente de la misma forma en el riesgo de accidente. En este sentido, los estudios no han encontrado una correlación directa entre la diferencia de género y el riesgo de accidente, obteniendo ratios de accidentes similares para ambos géneros (Kaplan et al., 2014; Martínez-Ruiz et al., 2014).

Finalmente, en relación con los conflictos de tráfico, Stipancic et al. (2016) han analizado los conflictos entre bicicletas y vehículos motorizados atendiendo al género del ciclista, concluyendo que los ciclistas hombres son menos propensos a verse involucrados en un conflicto que las ciclistas mujeres.

2.7 Conclusiones

En esta sección sobre el estado del arte se ha expuesto la problemática que presentan los estudios de accidentes para evaluar la seguridad vial, surgiendo la necesidad de emplear medidas alternativas. Ante ello, se ha introducido el concepto de conflicto de tráfico y se ha justificado su empleo como medida sustitutoria de seguridad vial a través de su relación con los accidentes, así como el consecuente interés por estudiarlos. Se han expuesto las técnicas de conflictos de tráfico empleadas en estudios similares para su análisis, así como las metodologías para la toma de datos previa a su estudio. Particularizando en la temática del presente estudio, se han introducido los vehículos de micromovilidad y, en base a la bibliografía existente, se ha contextualizado el estudio de los conflictos de tráfico que los involucran. Finalmente, se ha tratado la cuestión de la diferencia de género en el ámbito de la seguridad vial y los conflictos de tráfico.

3 INTERSECCIONES OBJETO DE ESTUDIO

En esta sección se introducen las intersecciones escogidas para la toma de datos del presente estudio, exponiendo sus características físicas y de tráfico, indicando sus particularidades y justificando su elección.



3.1 Glorieta intersección entre la Avenida Amado Granell Mesado y la Avenida Hermanos Maristas

Se trata de una glorieta semaforizada con cinco salidas, con carril bici exterior y con plataforma de tranvía atravesándola. La Figura 2 muestra una vista aérea de esta intersección y señala las dos salidas que se van a analizar: la salida de la avenida Hermanos Maristas y la salida de la avenida Alcalde Gisbert Rico. La primera cuenta con fase semafórica verde seguida de ámbar intermitente. La segunda no se encuentra regulada por semáforos, algo poco habitual en las glorietas semaforizadas de la ciudad de Valencia, por lo que su estudio es de particular interés.

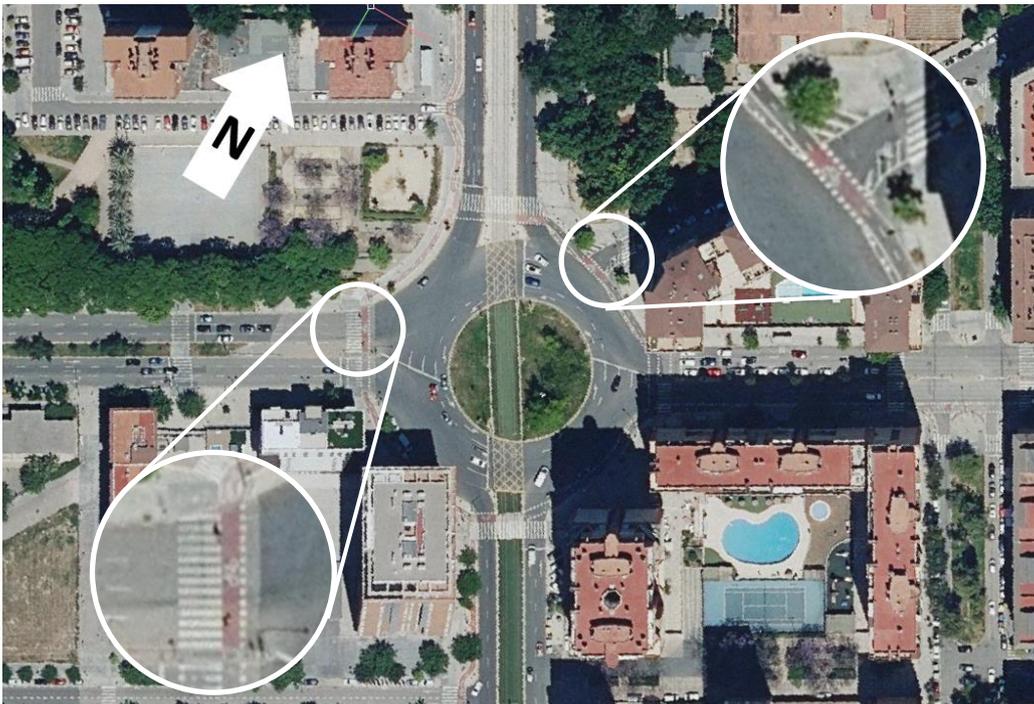


Figura 2. Vista satélite de la glorieta entre las avenidas Amado Granell y Hermanos Maristas.

3.2 Glorieta intersección entre el Paseo de la Alameda y la Calle Eduardo Boscà

Esta glorieta semaforizada también cuenta con cinco salidas y carril bici exterior. Su principal diferencia con respecto a la anterior es la presencia de un volumen mayor de tráfico. Las salidas donde se ha realizado la toma de datos son las que se muestran en la Figura 3: la salida del puente del Ángel Custodio y la del Paseo de la Alameda hacia el norte. La primera, cuando se abre el tráfico en sentido transversal, cuenta con una fase semafórica roja seguida de ámbar intermitente. La segunda cuenta únicamente con fase ámbar intermitente. Cabe destacar que la ortofoto de la Figura 3 no está completamente actualizada: en junio de 2023 se concluyó la construcción del carril bici en la calle Eduardo Boscà. No obstante, esta obra no ha afectado en la geometría de las salidas mencionadas de la glorieta. Únicamente podría influir en el tráfico.



3.3 Glorieta intersección entre la Autopista del Saler y la Avenida Antonio Ferrandis

Esta glorieta se sitúa sobre un paso inferior para vehículos rodados, y también cuenta con infraestructura tranviaria y carril bici exterior. La salida a estudiar se trata de la de la avenida Prof. López Piñero, que se muestra en la Figura 4. El semáforo en esta salida tiene un comportamiento peculiar: cuenta con una fase de rojo para vehículos motorizados, seguida de ámbar intermitente. Sin embargo, cuando se aproxima un tranvía a la glorieta, el semáforo tiene una fase de ámbar intermitente mientras cruza el tranvía, después cambia a rojo y finalmente a ámbar de nuevo.

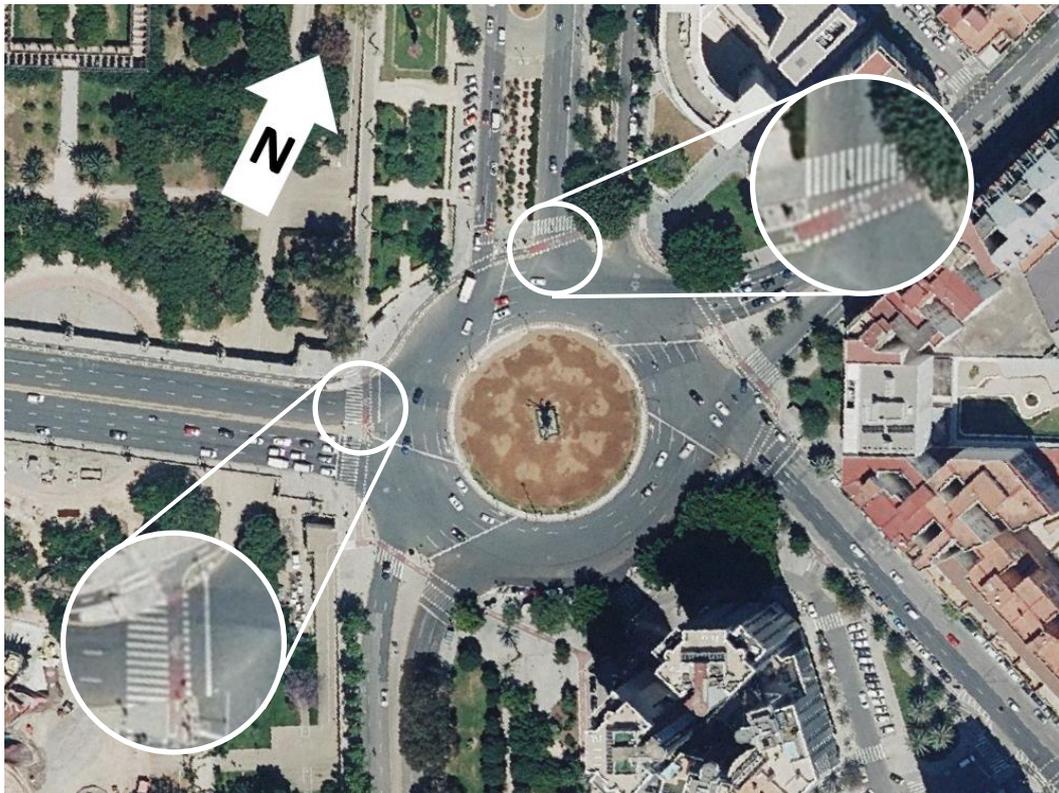


Figura 3. Vista satélite de la glorieta entre el Paseo de la Alameda y la calle Eduardo Boscà.

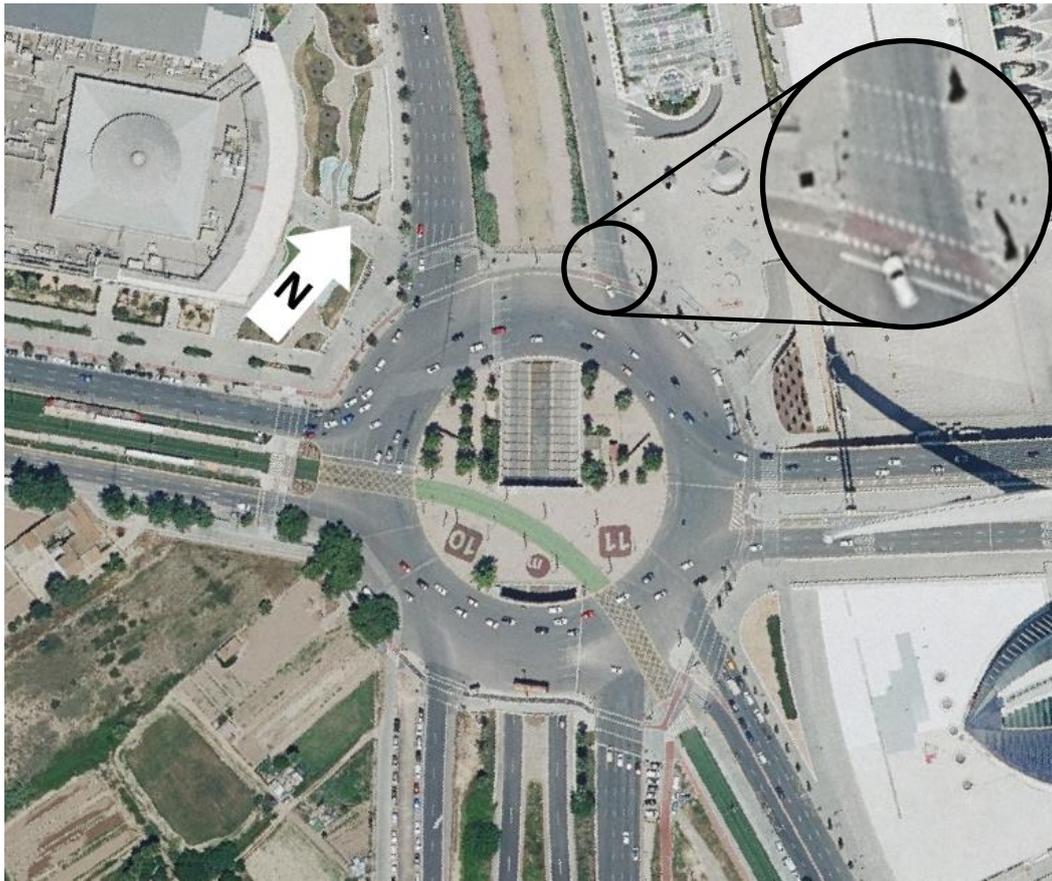


Figura 4. Vista satélite de la glorieta entre las avenidas Prof. López Piñero y Antonio Ferrandis.

3.4 Glorieta partida de San Marcelino

Se trata de una glorieta partida con tráfico moderado y carril bici exterior en la mayoría de sus salidas. La salida a estudiar, que se indica en la Figura 5, es la de la calle Carteros, con semáforo sin fase roja. Cuenta con tráfico moderado de micromovilidad y tráfico reducido de vehículos rodados. La principal particularidad de este caso es que el carril bici se ubica detrás del paso de peatones.

3.5 Glorieta intersección entre la Ronda Norte y la Avenida de Alfahuir

La única salida con carril bici en esta glorieta es la de la avenida de Alfahuir, como se puede observar en la Figura 6. El semáforo a la salida tiene una fase de rojo seguida de ámbar intermitente. El tráfico rodado de la zona es elevado, y el de micromovilidad es moderado.



Figura 5. Vista satélite de la glorieta partida de San Marcelino.



Figura 6. Vista satélite de la glorieta entre la Ronda Norte y la avenida de Alfahuir.



4 TOMA DE DATOS

En este apartado se describirá el método empleado para la toma de datos de conflictos de tráfico, así como el instrumental utilizado para tal fin.

Tal y como se expuso en el apartado 2.3, se contemplan dos métodos para la toma de datos de conflictos de tráfico: discreto y en ubicaciones fijas. Dado que el presente estudio centra su análisis en intersecciones concretas (salidas de glorietas y de glorietas partidas), resulta más adecuado tomar datos en ubicaciones fijas.

Así pues, para la toma de datos en cada una de las ubicaciones descritas en el apartado 3 se procederá de la siguiente forma:

En primer lugar, se coloca una cámara que grabe la salida de la glorieta en cuestión en una ubicación que, por un lado, permita visualizar la zona con la suficiente amplitud para el análisis y, por otra parte, no sea excesivamente llamativa para los usuarios de la vía de forma que no altere su comportamiento. Dicha cámara debe colocarse a cierta altura mínima para permitir obtener una vista aérea de la zona, facilitando el posterior procesado de los datos.

A continuación, en caso de presencia de semáforos regulando la salida de la glorieta, se colocará una segunda cámara que grabará el ciclo del semáforo, tanto de tráfico rodado como de peatones/ciclistas, y que deberá coordinarse con la cámara anterior. Es conveniente tener información sobre el ciclo semafórico durante el análisis de los conflictos de tráfico pues permite detectar posibles infracciones.

Finalmente, tras coordinar ambas cámaras, si procede; se graba durante un período de 4 horas.

5 TRATAMIENTO DE DATOS

Tras la toma de datos mediante grabaciones in situ en las glorietas, se deben procesar para la identificación de conflictos. A tal fin, se empleará el software libre Kinovea para el análisis de los vídeos, permitiendo la medición de los indicadores expuestos en el apartado 2.2 para la identificación de conflictos.

Durante el período de grabación, se realizará una medición de un área rectangular horizontal en la zona, de forma que sea visible en el vídeo y suficientemente amplia. Esto permite, posteriormente, calibrar la imagen del vídeo en Kinovea de forma que se puedan medir distancias. Además, el software permite seguir la trayectoria de objetos móviles en el vídeo y, si la imagen está calibrada como se ha indicado anteriormente, puede calcular la velocidad de dichos objetos. De esta forma, al detectar un conflicto potencial en el vídeo, se pueden obtener la distancia entre dos usuarios de la vía y su velocidad, de forma que se puede calcular fácilmente el TTC, uno de los indicadores de conflictos de tráfico descritos en el apartado 2.2. Con este indicador, una interacción entre usuarios se considera conflicto si $TTC \leq 1,5$ s.

El cálculo del PET es más sencillo. Kinovea cuenta con una herramienta de cronómetro, que permite medir la cantidad de tiempo que separa dos fotogramas del vídeo, por lo que



basta con emplear esta función para medir la diferencia temporal entre el instante en que el primer usuario abandona el punto de conflicto y el instante en que el segundo usuario entra en dicho punto. Con este indicador, una interacción entre usuarios se considera conflicto si $PET \leq 1,5$ s.

Cuando se detecta un conflicto de tráfico, se toma nota de los vehículos involucrados, el género de los usuarios (generalmente sólo apreciable en los usuarios de micromovilidad), el valor del indicador que se ha empleado para detectarlo y se describe brevemente la interacción. También se realiza un conteo de vehículos rodados que pasan por la salida de la glorieta, así como los usuarios de micromovilidad que cruzan la salida de la glorieta en cuestión, anotando parámetros como el género, la edad y el vehículo; con el fin de evaluar la posible relación entre el tráfico y la frecuencia de conflictos.

6 ANALISIS

En el presente apartado se muestra un resumen de los resultados obtenidos de los diferentes análisis realizados para cada zona de estudio.

Para el presente análisis, se han considerado tres tipos de conflictos:

1. Conflictos de tipo 1. Son interacciones donde dos usuarios cruzan sus trayectorias en un intervalo reducido de tiempo. Se miden mediante el *post-encroachment time* (PET).
2. Conflictos de tipo 2. Son aquéllos donde al menos uno de los debe efectuar una maniobra evasiva (frenar o esquivar) para evitar la colisión. Se mide mediante el *time-to-collision* (TTC).
3. Conflictos de tipo 3. Son aquéllos donde, por proximidad de los vehículos en movimiento, existe riesgo de colisión si alguno de ellos modifica su comportamiento durante la interacción. El caso más habitual es aquél en el que un vehículo se encuentra detenido frente al carril bici y comienza a acelerar en el instante que empieza a cruzar un usuario de micromovilidad. Este tipo de conflicto no tiene asociado ningún indicador de los mencionados en el apartado 2.2.

6.1 Conflictos de tráfico según la intensidad de tráfico

La intensidad de tráfico es un factor muy determinante en la ocurrencia de conflictos de tráfico. En este apartado se compara el número de conflictos de tráfico de cada una de las zonas de estudio con las intensidades de tráfico de vehículos motorizados y de micromovilidad. En la Tabla 1 se muestra las características de tráfico de cada una de las zonas de estudio, comparadas con el número de conflictos registrados.



Tabla 1. Intensidad horaria y punta de vehículos motorizados y usuarios de micromovilidad en las zonas de estudio durante los períodos de grabación, y número de conflictos detectados.

Lugar de estudio	Intensidad Vehículos motorizados		Intensidad Vehículos Micromovilidad		Número de Conflictos			
	I_{hor} (veh/h)	I_{15min} (veh/h)	I_{hor} (veh/h)	I_{15min} (veh/h)	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Total
Hnos. Maristas	1006	1404	44	64	5	0	0	5
Alcalde G. Rico	105	152	30	52	3	1	0	4
Alameda	884	1176	117	184	8	5	1	14
Ángel Custodio	859	1112	72	128	3	1	2	6
Saler	695	800	64	100	4	0	4	8
San Marcelino	249	324	81	148	4	1	0	5
Alfahuir	792	1008	79	172	10	4	0	14

En los siguientes gráficos se muestra la evolución del tráfico de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad, y la distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo.

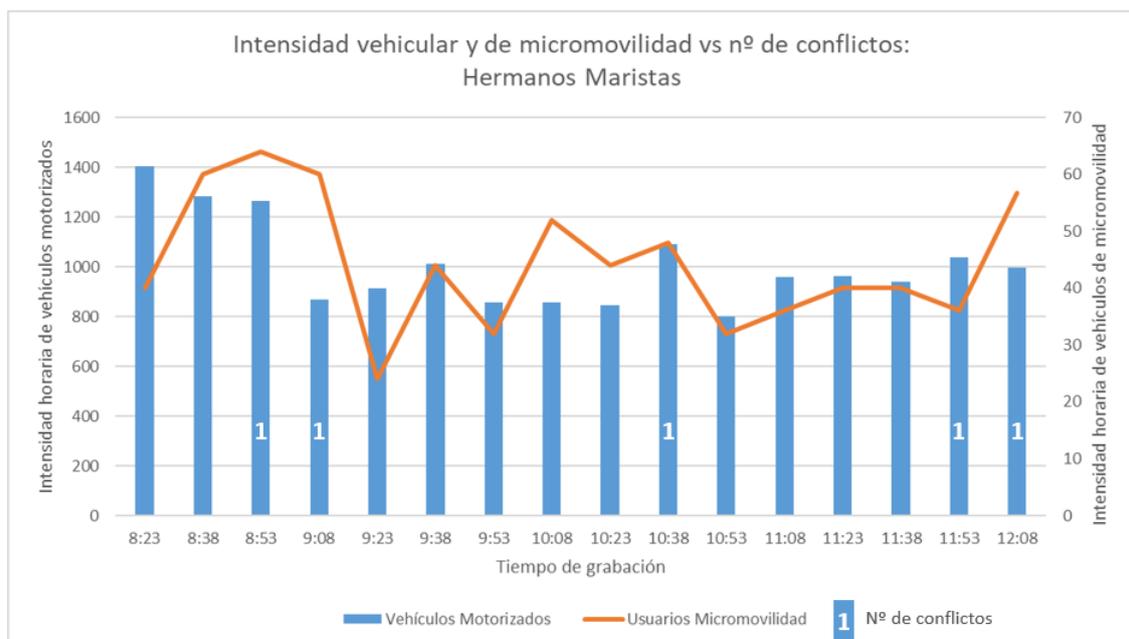


Figura 7. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de Hermanos Maristas.

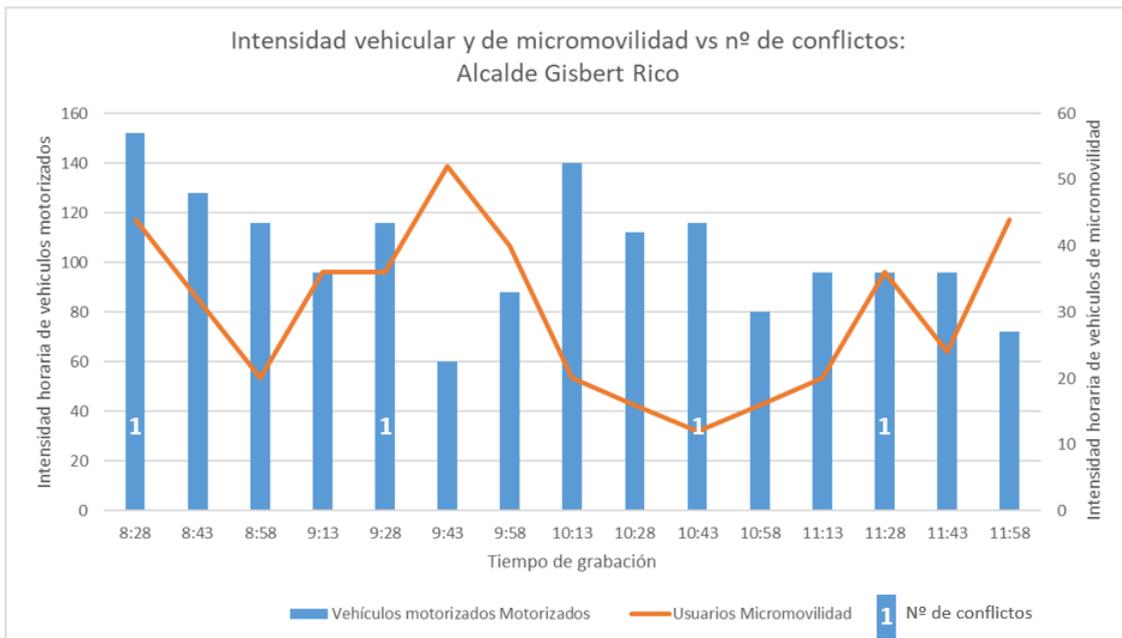


Figura 8. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de Alcalde Gisbert Rico.

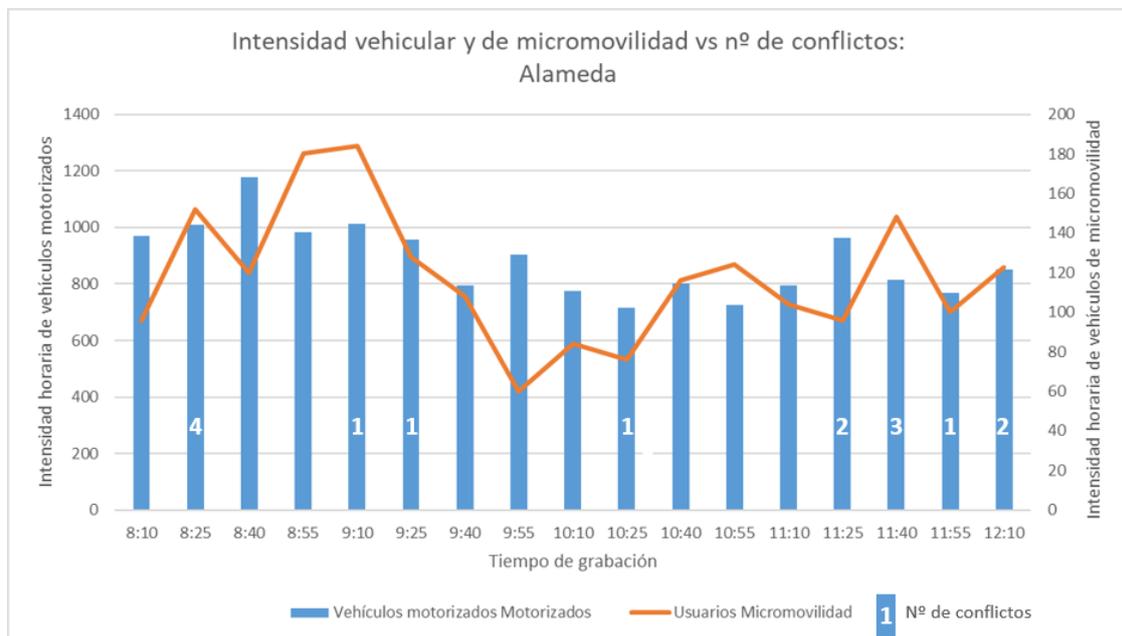


Figura 9. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de Alameda.

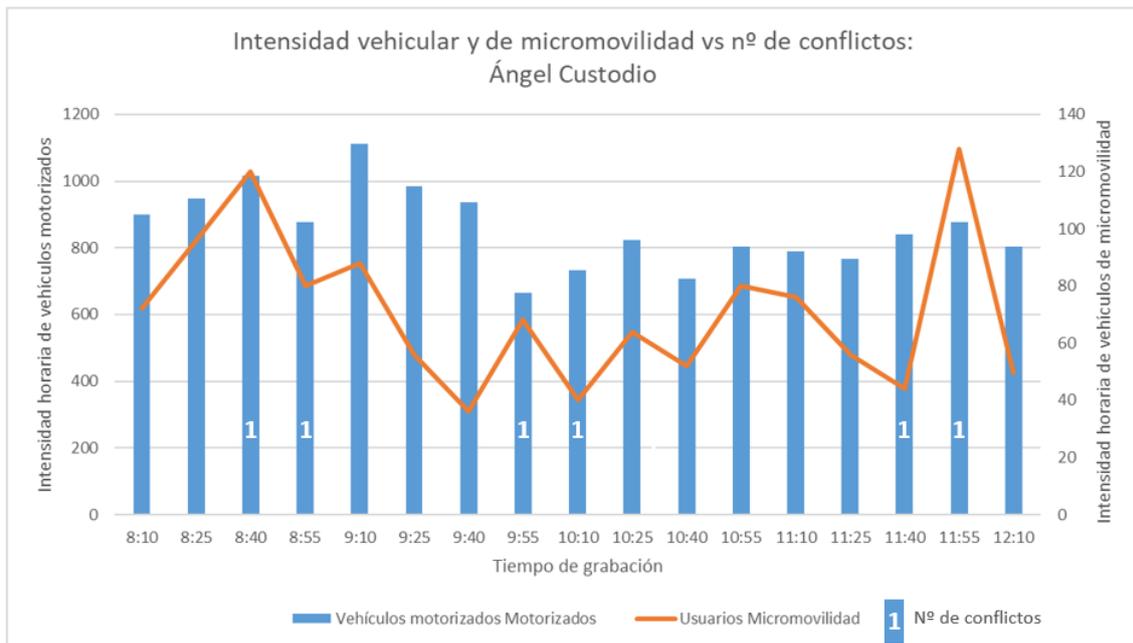


Figura 10. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de Ángel Custodio.

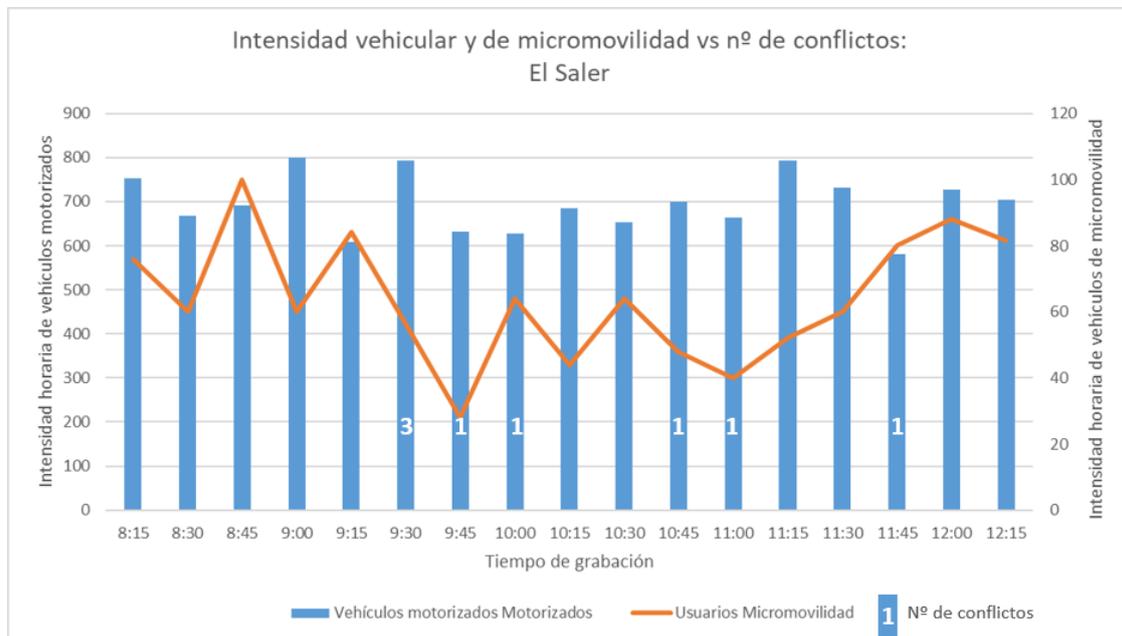


Figura 11. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de El Saler.

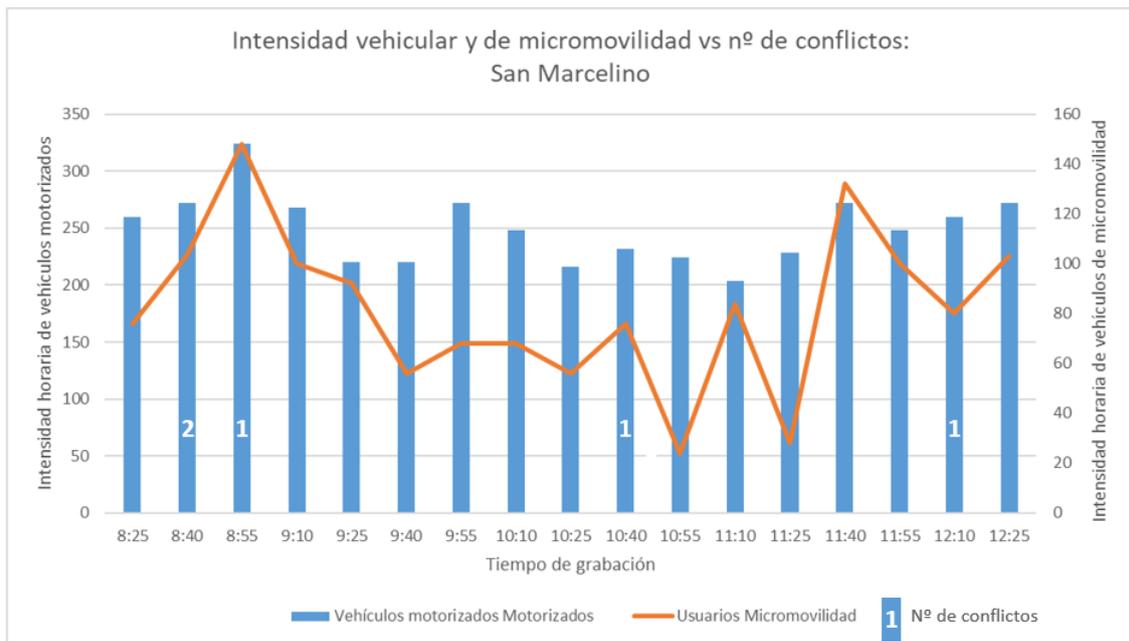


Figura 12. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de San Marcelino.

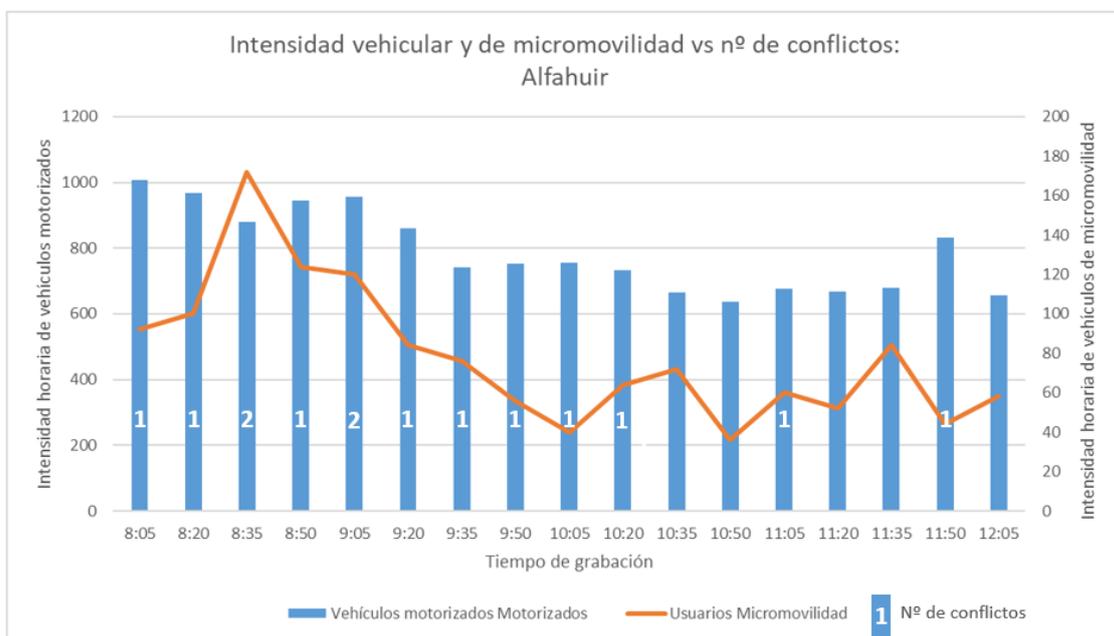


Figura 13. Intensidad horaria de vehículos motorizados y de usuarios de micromovilidad y distribución de los conflictos de tráfico en el tiempo de grabación en la salida de glorieta de Alfahuir.



6.2 Conflictos de tráfico según el ciclo semafórico

El ciclo semafórico en intersecciones es una característica que influye significativamente en la ocurrencia de conflictos de tráfico. La mayoría de los conflictos de tráfico entre vehículos motorizados y usuarios de micromovilidad se producen, salvo en caso de infracciones, cuando se permite el paso simultáneo de ambos tipos de vehículos, lo que en intersecciones semaforizadas sólo ocurre durante la fase de ámbar intermitente para vehículos motorizados y verde para usuarios de micromovilidad. En este apartado se muestra una simplificación del ciclo semafórico de cada una de las salidas de glorieta, para observar la influencia del tiempo de ámbar intermitente en la ocurrencia de conflictos de tráfico.

En la Tabla 2 se muestran los ciclos semafóricos de las salidas de glorieta analizadas, en hora punta y en hora valle. Las fases están simplificadas, sin incluir las fases de ámbar (no intermitente), y muestran el ciclo del semáforo para vehículos motorizados.

Cabe destacar que en la glorieta del centro comercial El Saler existe una fase especial que se añade al ciclo después de la fase verde y antes de la fase roja, únicamente cuando se aproxima el tranvía a la glorieta; y consiste en 46 s de ámbar intermitente para vehículos motorizados.

Tabla 2. Ciclo semafórico de las salidas de glorietas (en segundos) y número de conflictos.

	Hora punta			Hora valle			Número de conflictos
	Verde	Ámbar int.	Rojo	Verde	Ámbar int.	Rojo	
Hnos. Maristas	48	38	-	48	38	-	5
Alcalde G. Rico	-	-	-	-	-	-	4
Alameda	62	58	-	50	50	-	14
Ángel Custodio	75	24	21	61	24	15	6
Salera	46	21*	56	53	21*	38	8
San Marcelino	52	68	-	48	42	-	5
Alfahuir	54	73	23	48	37	23	14

6.3 Conflictos de tráfico según género y edad de los usuarios de micromovilidad

En el presente apartado se muestran los resultados referentes a la ocurrencia de conflictos de tráfico atendiendo a la edad y al género de los usuarios de micromovilidad. Para ello, en base al aforo manual realizado durante las grabaciones y las características de los usuarios de micromovilidad, se ha calculado el porcentaje de usuarios que ha sufrido conflicto de tráfico según su edad y género.

En la Tabla 3 se muestran los resultados de este análisis, y en la Tabla 4 y la Tabla 5 se muestran los mismos resultados, pero teniendo en cuenta únicamente los usuarios de micromovilidad que circulan en el sentido del carril interior y en el sentido del carril exterior respectivamente. En dichas tablas, se ha dividido las edades de los usuarios en cuatro grupos: niños (N), jóvenes (J), adultos (A) y personas mayores (O). Cada fila corresponde a una zona de estudio distinta, de la siguiente manera:



- A. Hermanos Maristas (Apartado 3.1).
- B. Alcalde G. Rico (Apartado 3.1).
- C. Alameda (Apartado 3.2).
- D. Ángel Custodio (Apartado 3.2).
- E. Saler (Apartado 3.3).
- F. San Marcelino (Apartado 3.4).
- G. Alfahuir (Apartado 3.5).

Finalmente, cabe destacar que los resultados marcados en rojo se han descartado puesto que se basan en una muestra muy pequeña, por lo que no se consideran fiables.

Tabla 3. Porcentaje de usuarios de micromovilidad que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y su edad.

		% CONFLICTOS (TOTAL)													
		Conflicto tipo 1		Conflicto tipo 2		Conflicto tipo 3		Total Conflictos							
		Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer						
		N	J	A	O	N	J	A	O						
A	-	4	3	25	-	-	-	-	-	4	3	25	-	-	-
B	-	6	-	-	4	-	-	-	-	6	-	-	8	-	-
C	-	4	1	-	1	1	-	3	-	2	-	-	1	-	-
D	-	-	1	-	1	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-
E	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-
F	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
G	-	2	3	-	7	8	-	4	1	-	-	-	-	-	-

Tabla 4. Porcentaje de usuarios de micromovilidad que circulan en el sentido del carril interior y que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y su edad.

		% CONFLICTOS (SENTIDO DEL CARRIL INTERIOR)													
		Conflicto tipo 1		Conflicto tipo 2		Conflicto tipo 3		Total Conflictos							
		Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer						
		N	J	A	O	N	J	A	O						
A	-	6	6	-	-	-	-	-	-	6	6	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-
C	-	2	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	2	-
D	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-
E	-	3	2	-	-	-	-	-	-	4	-	-	3	2	-
F	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4	-	-
G	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-



Tabla 5. Porcentaje de usuarios de micromovilidad que circulan en el sentido del carril exterior y que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y su edad.

% CONFLICTOS (SENTIDO DEL CARRIL EXTERIOR)																			
Conflicto tipo 1				Conflicto tipo 2				Conflicto tipo 3				Total Conflictos							
Hombre		Mujer		Hombre		Mujer		Hombre		Mujer		Hombre		Mujer					
N	J	A	O	N	J	A	O	N	J	A	O	N	J	A	O				
A	-	3	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	33	-	-	-	-
B	-	17	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	17	-	-	14	-	-
C	-	8	-	-	-	2	2	-	6	-	-	4	-	-	-	13	-	5	2
D	-	-	2	-	-	2	4	-	-	-	-	-	2	4	-	-	2	4	7
E	-	-	2	-	-	4	-	-	-	-	-	4	2	-	4	5	-	8	-
F	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
G	-	3	3	-	-	14	17	-	5	2	-	-	-	-	8	5	-	14	17

6.4 Conflictos de tráfico según el tipo de vehículo de micromovilidad

De forma similar al apartado anterior, se presentan los resultados de los conflictos de tráfico según el tipo de vehículo de micromovilidad involucrado, teniendo en cuenta también el género de los usuarios.

En la Tabla 6 se muestran los resultados de este análisis, y en la Tabla 7 y la Tabla 8 se muestran los mismos resultados, pero teniendo en cuenta únicamente los usuarios de micromovilidad que circulan en el sentido del carril interior y en el sentido del carril exterior respectivamente. Se han considerado dos vehículos de micromovilidad; bicicletas (B en las tablas) y patinetes eléctricos (P en las tablas). De la misma forma que en el apartado anterior, se han marcado en rojo los resultados considerados inválidos por basarse en muestras pequeñas.

Tabla 6. Porcentaje de usuarios de micromovilidad y que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y el tipo de vehículo.

% CONFLICTOS (TOTAL)											
		Conflicto tipo 1		Conflicto tipo 2		Conflicto tipo 3		Total conflictos			
		Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer		
		B	P	B	P	B	P	B	P	B	P
Hnos. Maristas		5	4	-	-	-	-	-	-	5	4
Alcalde G. Rico		2	4	-	7	-	-	-	-	2	4
Alameda		1	4	1	1	1	2	1	-	3	5
Ángel Custodio		1	-	1	2	1	-	-	1	2	2
Saler		1	3	-	2	-	-	-	3	1	6
San Marcelino		1	2	-	-	-	1	-	-	1	3
Alfahuir		3	2	6	3	2	2	-	-	4	4



Tabla 7. Porcentaje de usuarios de micromovilidad que circulan en el sentido del carril interior y que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y el tipo de vehículo.

	% CONFLICTOS (SENTIDO DEL CARRIL INTERIOR)													
	Conflicto tipo 1		Conflicto tipo 2		Conflicto tipo 3		Total conflictos							
	Hombre		Mujer		Hombre		Mujer		Hombre		Mujer			
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P		
Hnos. Maristas	7	4	-	-	-	-	-	-	-	-	7	4	-	-
Alcalde G. Rico	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	5	-
Alameda	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	1
Ángel Custodio	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-
Saler	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	6	-
San Marcelino	1	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	4
Alfahuir	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-

Tabla 8. Porcentaje de usuarios de micromovilidad que circulan en el sentido del carril exterior y que ha sufrido un conflicto de tráfico durante las grabaciones según su género y el tipo de vehículo.

	% CONFLICTOS (SENTIDO DEL CARRIL EXTERIOR)													
	Conflicto tipo 1		Conflicto tipo 2		Conflicto tipo 3		Total conflictos							
	Hombre		Mujer		Hombre		Mujer		Hombre		Mujer			
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P		
Hnos. Maristas	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-
Alcalde G. Rico	8	9	-	20	-	-	-	-	-	-	8	9	-	20
Alameda	1	7	2	2	2	2	-	5	-	-	4	9	2	7
Ángel Custodio	2	-	2	3	-	-	-	-	-	2	3	2	-	4
Saler	2	-	-	5	-	-	-	-	7	-	5	2	7	-
San Marcelino	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
Alfahuir	3	2	8	3	3	2	-	-	-	-	-	-	6	5

7 DISCUSIÓN

En esta sección se señalan los principales resultados de este análisis.

En primer lugar, los conflictos de tráfico más frecuentes son los de tipo 1, donde los vehículos cruzan sus trayectorias en un intervalo reducido de tiempo. El 66,1% de los conflictos detectados son de este tipo, mientras que los conflictos de tipo 2 y 3 son los menos frecuentes. Concretamente, los conflictos de tipo 3 (de proximidad) se dan con mayor frecuencia en salidas de glorieta que cuentan con una fase semafórica roja duradera.

Como es de esperar, cuanto mayor es la intensidad de tráfico puede asumirse un mayor riesgo de conflicto a igualdad de otros condicionantes, dado que las interacciones entre usuarios son más frecuentes. Las salidas de glorieta donde se da una baja intensidad de vehículos motorizados, una baja intensidad de usuarios de micromovilidad o ambas, presentan un menor número de conflictos.



Sin embargo, a la hora de analizar la distribución de conflictos en el tiempo, no se ha podido deducir una correlación evidente. En algunos casos, como el que se muestra en la Figura 11, los conflictos se producen con mayor frecuencia durante la hora valle; mientras que en otros casos, como en la Figura 13, es durante la hora punta cuando se dan más conflictos. En otros casos, no es posible establecer un patrón. Esto puede deberse a que en hora valle, en función de las características de la zona, puede darse un mayor número de infracciones.

El ciclo semafórico es otro factor muy importante que influye en la ocurrencia de conflictos de tráfico, concretamente, el tiempo de la fase semafórica de verde para usuarios de micromovilidad y ámbar intermitente para vehículos motorizados, ya que la mayoría de los conflictos entre vehículos motorizados y usuarios de micromovilidad en intersecciones semaforizadas se producen durante esta fase.

Otro factor a considerar es el sentido de circulación de los usuarios de micromovilidad. En salidas de intersecciones, donde los vehículos motorizados suelen realizar un cruce oblicuo al carril bici cuando efectúan un giro a derechas, la visibilidad de los conductores sobre los usuarios de micromovilidad que circulan en el sentido del carril interior a la intersección es muy superior a la de los usuarios que circulan en el sentido del carril exterior a la intersección. En el presente estudio, el 1,7% de los usuarios de micromovilidad que circulaba en sentido del carril interior a la glorieta ha sufrido un conflicto, mientras que en el caso del sentido del carril exterior a la glorieta esta relación es del 3,9%.

La relación entre los conflictos de tráfico y el género de los usuarios de micromovilidad ha sido uno de los principales focos de atención en este estudio. En este caso, se ha observado que los usuarios de micromovilidad varones son más propensos a verse involucrados en un conflicto de tráfico que las mujeres. El 3,1% de los varones registrados ha sufrido un conflicto de tráfico, mientras que en el caso de las mujeres sólo fue el 2,4%. Estos resultados contradicen el estudio de Stipancic et al. (2016), donde se concluye lo contrario tal y como se señala en el apartado 2.6.

Otro factor social analizado en el apartado 6.3 es la edad de los usuarios de micromovilidad. Se ha comprobado que los usuarios jóvenes son considerablemente más proclives a verse involucrados en un conflicto de tráfico que los adultos: el 3,8% de los usuarios jóvenes registrados sufrió un conflicto, frente a un 2,3% en el caso de los adultos. Esto puede deberse a ciertos comportamientos observados en las grabaciones con mayor frecuencia en los jóvenes, tales como infracciones de los semáforos y velocidades elevadas.

Finalmente, en relación con el tipo de vehículo de micromovilidad, los usuarios de patinetes eléctricos son los más propensos a sufrir un conflicto de tráfico: el 3,6% de los patinetes eléctricos registrados se vieron involucrados en un conflicto, mientras que en bicicletas fueron el 2,3%. Esta diferencia es todavía más acentuada en el caso de las mujeres, donde la relación de conflictos en patinetes eléctricos es casi el doble respecto de las bicicletas (3,3% y 1,7% respectivamente).



8 CONCLUSIONES

En este estudio se ha analizado los conflictos de tráfico entre vehículos motorizados y usuarios de micromovilidad en las salidas de glorieta, y se ha establecido su relación con diversos factores como las características del tráfico, la semaforización, el tipo de vehículo de micromovilidad y el sentido de circulación, así como factores sociales como la edad y el género de los usuarios de micromovilidad.

Se ha comprobado la importancia del ciclo semafórico en la ocurrencia de conflictos de tráfico, un aspecto en el que se puede intervenir con relativa facilidad. Reducir el tiempo de la fase de ámbar intermitente para vehículos motorizados reduce considerablemente el número de conflictos, mejorando así la seguridad vial. Esto puede conseguirse reduciendo el tiempo total del ciclo o añadiendo tiempo a las fases verde y roja.

También se han deducido algunas futuras líneas de investigación relacionadas con el presente estudio, siendo la más interesante el estudio de infracciones y su relación con los conflictos de tráfico y con los factores considerados en este análisis.



REFERENCIAS

- Allen, B. L., Shin, B. T., y Cooper, P. (1978). Analysis of traffic conflicts and collisions. *Transportation Research Record*.
- Amundsen, F. H., y Hyden, C. (1997). First workshop on traffic conflicts. Oslo: Institute of Transport Economics, Oslo/Lund Institute of Technology.
- Bernhoft, I. M.; y Carstensen, G. (2008). Preferences and behaviour of pedestrians and cyclists by age and gender. *Transp. Res. Part F* 11, 83–95.
- Brown, Gerald R. (1994). Traffic conflicts for road user safety. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 21(1), 1-15.
- Campbell, K.; Joksch, H.; y Green, P. (1996). A bridging analysis for estimating the benefits of active safety technologies. UMTRI-96-18 Final Report. University of Michigan, Transportation Research Institute.
- Charly, A.; y Mathew, T. (2019). Estimation of traffic conflicts using precise lateral position and width of vehicles for safety assessment. *Accident Analysis and Prevention* 132, 105264.
- Davis, G.; Hourdos, J.; Xiong, H.; y Chatterjee, I. (2011). Outline for a causal model of traffic conflicts and crashes. *Accident Analysis and Prevention* 43, 1907-1919.
- Dong, C.; Ma, R.; Yin, Y.; Shi, B.; Zhang, W.; y Zhang, Y. (2019). Traffic Conflict Analysis of Motor Vehicles and Nonmotor Vehicles Based on Improved Cellular Automata. *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2020, Article ID 2529816, 11 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/2529816>.
- El-Basyouny, K.; y Sayed, T. (2013). Safety performance functions using traffic conflicts. *Safety Science* 51 (1), 160–164.
- Gettman, D., Pu, L., Sayed, T., y Shelby, T. 2008. Surrogate Safety Assessment Model and Validation. Final Report, National Academy Press, Washington, D.C.
- Hauter, E. (1982). Traffic conflicts and exposure. *Accident Analysis and Prevention* 14 (5), 359–364.
- Hayward, J. C. (1972). Near-miss determination through use of a scale of danger. *Highway Research Record*, 384, 22-34 <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrr/1972/384/384-004.pdf>.
- Holland, C.; y Hill, R. (2007). The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations. *Accid. Anal. Prev.* 39 (2), 224–237.
- Hydén, C. (1987). The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish traffic conflicts technique. Lund University, Lund, Sweden, Department of Traffic Planning and Engineering.
- Ismail, K. A. (2010). Application of Computer Vision Techniques for Automated Road Safety Analysis and Traffic Data Collection. University of British Columbia.
- Jarry, V.; y Apparicio, P. (2021). Ride in Peace: How Cycling Infrastructure Types Affect Traffic Conflict Occurrence in Montréal, Canada. *Safety* 2021, 7, 63. <https://doi.org/10.3390/safety7030063>



Jasiūnienė, V.; y Tumavičė, A. (2022). IMPACT OF E-SCOOTERS ON ROAD SAFETY: A CASE STUDY IN LITHUANIA. THE BALTIC JOURNAL OF ROAD AND BRIDGE ENGINEERING 2022 Volume 17 Issue 4: 18–34 <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2022-17.577>.

Johnson, M.; Newstead, S.; Charlton, J.; y Oxley, J. (2011). Riding through red lights: the rate, characteristics and risk factors of non-compliant urban commuter cyclists. *Accid. Anal. Prev.* 43 (1), 323–328.

Kaplan, S.; Vavatsoulas, K.; y Prato, C. G. (2014). Aggravating and mitigating factors associated with cyclist injury severity in Denmark. *J. Safety Res.* 50, 75–82.

Kassim, A.; Ismail K.; y Hassan, Y. (2014). Automated measuring of cyclist – motor vehicle post encroachment time at signalized intersections. *Canadian Journal of Civil Engineering.* 41(7): 605-614. <https://doi.org/10.1139/cjce-2013-0565>.

Kocourek, J.; y Padělek, T. (2016). Application of the traffic conflict technique in the czech republic. 2016 Smart Cities Symposium Prague (SCSP), Prague, Czech Republic, 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/SCSP.2016.7501037.

Li, R.; Liang, G.; Chen, Y.; Zhang, D.; y Wang, B. (2023). Analysis of Conflict Distribution Characteristics between Motor Vehicles and E-Bikes at Roundabouts. *Appl. Sci.* 2023, 13, 3475. <https://doi.org/10.3390/app13063475>.

Lord, D. 1996. Analysis of Pedestrian Conflict with Left-turning Traffic. *Transportation Research Board*, 1538:61–67. doi:10.3141/1538-08.

Lu, J.; Grembek, O.; y Hansen, M. (2022). Learning the representation of surrogate safety measures to identify traffic conflicts. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 174, 2022, 106755, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106755>.

Martinez-Ruiz, V.; Jiminez-Mejias, E.; de Dios Luna-del-Castillo, J.; Garcia-Martin, M.; Jimenez-Moleon, J. J.; y Lardelli-Claret, P.; 2014. Association of cyclists' age and sex with risk of involvement in a crash before and after adjustment for cycling exposure. *Accid. Anal. Prev.* 62, 259–267.

Migletz, D.; Glauz, W.; Bauer, K. (1985). Relationship between traffic conflicts and accidents. Report No. FHWA/RD-84/042, Federal Highway Administration, Virginia.

Peesapati, L., Hunter, M. y Rodgers, M. 2013. Evaluation of Post Encroachment Time as a Surrogate for Opposing Left-turn Crashes, *Transportation Research Board Annual Meeting Compendium of Papers*, Washington, D.C.

Peesapati, L.; Hunter, M.; y Rodgers, M. (2018). Can post encroachment time substitute intersection characteristics in crash prediction models? *Journal of Safety Research* 66, 205–211.

Perkins, S. R., y Harris, J. I. (1968). Traffic conflicts characteristics: Accident potential at intersections. *Highway Research Record*, Detroit. 225, pp. 35–43.

Pulvirenti, G.; De Ceunynck, T.; Daniels, S.; Distefano, N.; y Leonardi, S. (2021). Safety of bicyclists in roundabouts with mixed traffic: Video analyses of behavioural and surrogate safety indicators. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. Volume 76, 2021, Pages 72-91, ISSN 1369-8478, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.11.006>.



Räsänen, M.; Koivisto, I.; y Summala, H. (1999). Car Driver and Bicyclist Behavior at Bicycle Crossings Under Different Priority Regulations. *Journal of Safety Research*, Volume 30, Issue 1, 1999, Pages 67-77, ISSN 0022-4375, [https://doi.org/10.1016/S0022-4375\(98\)00062-0](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(98)00062-0).

Sakshaug, L.; Laureshyn, A.; Svensson, Å.; y Hydén, C. (2010). Cyclists in roundabouts—Different design solutions. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 42, Issue 4, 2010, Pages 1338-1351, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.02.015>.

Santamarina-Rubio, E.; Perez, K.; Olabarria, M.; y Novoa, A. M. (2014). Gender differences in road traffic injury rate using time travelled as a measure of exposure. *Accid. Anal. Prev.* 65, 1–7.

Songchitruksa, P.; y Tarko, A. P. (2006). The extreme value theory approach to safety estimation. *Accident Analysis and Prevention* 38 (4), 811–822.

Stipancic, J.; Zangenehpour, S.; Miranda-Moreno, L.; Saunier, S.; y Granié, M. A. (2016). Investigating the gender differences on bicycle-vehicle conflicts at urban intersections using an ordered logit methodology. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 97, 2016, Pages 19-27, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.07.033>.

Strauss, J.; Zangenehpour, S.; Miranda-Moreno, L. F.; y Saunier, N. (2017). Cyclist deceleration rate as surrogate safety measure in Montreal using smartphone GPS data. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 99, Part A, 2017, Pages 287-296, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.11.019>.

Summala, H.; Pasanen, E.; Räsänen, M.; y Sievänen, J. (1996) Bicycle accidents and drivers' visual search at left and right turns, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 28, Issue 2, 1996, Pages 147-153, ISSN 0001-4575, [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(95\)00041-0](https://doi.org/10.1016/0001-4575(95)00041-0).

Tarko, A. P. (2018), "Surrogate Measures of Safety", Lord, D. and Washington, S. (Ed.) *Safe Mobility: Challenges, Methodology and Solutions* (Transport and Sustainability, Vol. 11), Emerald Publishing Limited, Bingley, pp. 383-405. <https://doi.org/10.1108/S2044-994120180000011019>.

Tarko, A. P. (2020). Analyzing road near departures as failure-caused events. *Accident Analysis and Prevention* 142, 105536.

Tarko, A. P. (2021). A unifying view on traffic conflicts and their connection with crashes. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 158, 2021, 106187, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106187>.

Tarko, A. P. (2022). Maximum likelihood method of estimating the conflict-crash relationship. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 179, 2023, 106875, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106875>.

Tiwari, G.; Mohan, G.; y Fazio, J. (1998). Conflict analysis for prediction of fatal crash locations in mixed traffic streams. *Accident Analysis and Prevention* 30, 207–215.

Tom, A.; y Granie, M.-A. (2011). Gender differences in pedestrian rule compliance and visual search at signalized and unsignalized crossroads. *Accid. Anal. Prev.* 43 (5), 1794–1801.

Van der Horst, A. R. A., y Kraay, J. H. (1986). The Dutch conflict observation technique DOCTOR, Proceedings of the ICTCT Workshop, Budapest.



Van Der Horst, A. R. A. (1990). *A time-based analysis of road user behaviour in normal and critical encounters (Doctoral dissertation)*. Delft University of Technology.

Vlakveld, W.; Mons, C.; Kamphuis, K.; Stelling, A.; y Twisk, D.; Traffic conflicts involving speed-pedelects (fast electric bicycles): A naturalistic riding study. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 158, 2021, 106201, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106201>.

Vrielink, I.; Broeren, P.; Farah, H.; y Hoogendoorn, S. (2018). Assessing traffic safety of Dutch weaving sections: Validation of the surrogate safety assessment model combined with VISSIM. The 97th Annual Meeting of TRB, No. 00890, Washington, D.C.

Vuong, X. C.; Mou, R. F.; Thuat Vu, T.; Tran, V. H.; y Nguyen, C. T. (2021). "A Safety Evaluation Model of Intersections under Mixed Traffic Conditions Using Traffic Conflicts and Cloud Model". *Journal of Advanced Transportation*, vol. 2021, Article ID 5899673, 11 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5899673>.

Wang, Y., y Nihan, N. L. (2004). Estimating the risk of collisions between bicycles and motor vehicles at signalized intersections. *Accident Anal. and Prevention*, 36(3), 313–321. doi:10.1016/S0001-4575(03)00009-5.

Williams, M. (1981). Validity of the traffic conflict techniques. *Accident Analysis and Prevention* 13, 133–145.

Włodarek, P.; y Olszewski, P. (2019): Traffic safety on cycle track crossings – traffic conflict technique. *Journal of Transportation Safety & Security*, DOI: 10.1080/19439962.2019.1622615.

Wu, C.; Chen, D.; y Chen, Y. (2020). Bicycle-Vehicle Conflict Risk Based on Cyclist Perceptions: Misestimations of Various Risk Factors. *Sustainability* 2020, 12, 9867. <https://doi.org/10.3390/su12239867>.

Xie, K.; Li, C.; Ozbay, K.; y Dobler, G. (2016). Development of a comprehensive framework for video-based safety assessment. *IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, Rio de Janeiro, Brazil.

Xue, X.; Wang, Z.; Ge, L.; Deng, L.; Song, R.; y Xiong, N. N. (2021). Video recognition for analyzing the characteristics of vehicle–bicycle conflict. *Computers, Materials & Continua*, vol. 69, no.2, pp. 2779–2791, 2021.

Zhang, M.; Dotzauer, M.; y Schießl, C. (2022) Analysis of Implicit Communication of Motorists and Cyclists in Intersection Using Video and Trajectory Data. *Front. Psychol.* 13:864488. doi: 10.3389/fpsyg.2022.864488.

Zhao, P.; y Lee, C. (2018). Assessing rear-end collision risk of cars and heavy vehicles on freeways using a surrogate safety measure. *Accident Analysis and Prevention* 113, 149–158.

Zheng, L.; Ismail, K.; y Meng, X. (2016). Investigating the Heterogeneity of Postencroachment Time Thresholds Determined by Peak over Threshold Approach. *Transportation Research Record*, 2601(1), 17–23. <https://doi.org/10.3141/2601-03>.

Zheng, L.; Sayed, T.; (2020). A novel approach for real time crash prediction at signalized intersections. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 117, 102683.



Zheng, L.; Sayed, T.; y Mannering, F. (2021). Modeling traffic conflicts for use in road safety analysis: A review of analytic methods and future directions, *Analytic Methods in Accident Research*, Volume 29, 2021, 100142, ISSN 2213-6657, <https://doi.org/10.1016/j.amar.2020.100142>.

