

ESTUDIO DE LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO DE CICLISTAS EN CARRETERAS CON REALIDAD VIRTUAL

Ana María Pérez Zuriaga

Profesor Contratado Doctor, Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC),
Universitat Politècnica de València, España

Francisco Javier Camacho Torregrosa

Profesor Contratado Doctor, GIIC, Universitat Politècnica de València, España

Alfredo García García

Catedrático, GIIC, Universitat Politècnica de València, España

Javier Marín-Morales

Investigador, Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería (i3B), Universitat
Politécnica de València, España

Jaime Guixeres

Investigador, i3B, Universitat Politècnica de València, España

Mariano Alcañiz

Catedrático, i3B, Universitat Politècnica de València, España

RESUMEN

El comportamiento de los ciclistas es esencial a la hora de evaluar la seguridad vial de una carretera convencional con una alta demanda ciclista y, especialmente, a la hora de proponer mejoras en este tipo de carretera. Para su análisis, una de las principales variables es la Percepción Subjetiva de Riesgo (PSR) que manifiestan los ciclistas ante determinadas configuraciones de la infraestructura, ya que esta puede condicionar su manera de circular.

En este estudio se presenta una nueva metodología para obtener datos de PSR de ciclistas, basada en encuestas y en realidad virtual. Para ello, se ha preparado una sala con el siguiente equipamiento: una bicicleta sobre un rodillo de entrenamiento, unas gafas de realidad virtual y un video wall. En estas instalaciones, 26 ciclistas, con diferente experiencia en circulación por carretera, han recorrido 10 tramos de carretera convencional con diferentes infraestructuras ciclistas, con las correspondientes intersecciones, que fueron previamente grabadas con cámaras 360°.

Durante cada recorrido, los ciclistas manifestaron su PSR para cada uno de los elementos que componían los diferentes tramos recorridos, valorando el riesgo de 1 a 5. Asimismo, valoraron en una escala de 1 a 7 el grado de inmersión al realizar los recorridos con las gafas de realidad virtual (sistema inmersivo) y con la video wall (sistema semi-inmersivo).

Los resultados del estudio han permitido identificar qué elementos de la carretera y configuraciones de esta son considerados más y menos peligrosos por los ciclistas, así como las diferencias que hay entre ciclistas dependiendo de su grado de experiencia en la circulación por carretera. Estos resultados serán la base para valorar el potencial impacto de posibles medidas de seguridad vial en su comportamiento y su percepción del riesgo.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Anuario Estadístico de Accidentes 2019 de la DGT, en 2019 fallecieron 48 ciclistas en vías interurbanas y 2363 resultaron heridos en accidentes de tráfico siendo el 90% de ellos hombres. Esta cifra que ha ido aumentando progresivamente en los últimos años, a diferencia de lo que ocurre con los accidentes con vehículos motorizados que ha disminuido progresivamente. De los 2530 accidentes con víctimas con bicicletas involucradas, 567 se produjeron debido a infracciones de los conductores, mientras que en 1023 no se produjo ninguna infracción. Por lo que es posible que una de las causas sea la infraestructura.

Este aumento en la siniestralidad relacionada con la bicicleta está relacionado con un aumento también en su utilización. De hecho, de acuerdo con el barómetro de la bicicleta en España de 2019, desarrollado por GESOP para la DGT, alrededor de 9 millones de españoles utiliza la bicicleta semanalmente y más de 4 millones la utiliza alguna vez en los desplazamientos por trabajo o estudios.

Por todo ello, es importante considerar la circulación ciclista a la hora de evaluar la seguridad vial de una carretera convencional con presencia de bicicletas, así como en el momento de implementar medidas para la mejora de su seguridad. El desafío es conocer el comportamiento que los ciclistas tienen en la carretera y este aspecto está íntimamente relacionado con el riesgo que perciben al circular por ella, representado por su Percepción Subjetiva de riesgo (PSR).

Para el análisis del comportamiento de los ciclistas en carretera pueden utilizarse metodologías de toma de datos basadas en grabaciones desde cámaras fijas (Silvano, 2015), en el uso de bicicletas instrumentalizadas (López et al., 2020) o incluso de simuladores de conducción (Thorslund y Lindström, 2020). Sin embargo, con cámaras únicamente se obtienen datos del comportamiento ciclista en una localización concreta y no se dispone de información sobre la percepción del riesgo de los ciclistas. En el caso de las bicicletas instrumentalizadas puede disponerse del dato de la percepción subjetiva del riesgo de los voluntarios que las conducen, pero la muestra es reducida. Esta metodología es más idónea para el análisis del comportamiento de los conductores que interaccionan con la bicicleta.

Mientras que, en el caso de los simuladores de conducción, generalmente los escenarios son reducidos por la carga que supone su modelización. Por ello, para llegar a una mayor muestra y aumentar la casuística, se recurre, en ocasiones, a las encuestas, muy utilizadas en la planificación para conocer las preferencias de los usuarios.

En este sentido, Monsere et al. (2012) evaluaron el nivel de aceptación de una nueva infraestructura ciclista tanto de ciclistas, como también de peatones y de conductores de vehículos motorizados.

Posteriormente, McNeil et al. (2015) utilizaron esta misma metodología para analizar el grado de comodidad que sentirían los ciclistas al circular por infraestructuras ciclistas con diferentes elementos de separación con el tráfico motorizado, mostrando estas configuraciones en imágenes de escenarios simulados. Por su parte, Ng et al. (2017) centraron su investigación, basada en una encuesta, en el grado de seguridad declarado por ciclistas ante imágenes de diferentes configuraciones de intersecciones no señalizadas y con diferentes maniobras. Los resultados de estas encuestas, aunque con una alta participación, son aplicables a una población muy limitada y podrían no ser extrapolables a otros países por la diferencia de comportamiento y de percepción del riesgo y comodidad de los usuarios de diferentes países e, incluso, regiones.

En España, López et al. (2019) llevaron a cabo una encuesta online sobre hábitos, situaciones de riesgo, cumplimiento de la normativa y percepción de los ciclistas ante diferentes medidas de seguridad vial y diferentes diseños de la infraestructura, tanto en cuanto a sección transversal como diseño de intersecciones. En este caso, la encuesta también estuvo basada en imágenes, algunas fotografías de ubicaciones reales y otras simuladas.

Los resultados de estas encuestas al referirse a imágenes aisladas reflejan la percepción del riesgo mostrada por los ciclistas teniendo en cuenta más su experiencia anterior que el riesgo que pudieran suponerles las configuraciones reales.

El objetivo del estudio que se presenta es el desarrollo de una nueva metodología basada en entrevistas a voluntarios durante la realización de una serie de recorridos en una bicicleta de carretera sobre una bancada mientras visualizan los recorridos con gafas de realidad virtual y en PowerWall, mostrando así una percepción del riesgo que se ajusta más a la realidad.

2. METODOLOGÍA

2.1 Selección de los tramos

El objetivo de la investigación es analizar la percepción del riesgo de los ciclistas ante diferentes configuraciones de la infraestructura ciclista en carreteras convencionales, incluyendo el tronco de las carreteras, así como también las intersecciones. Por ello, la selección de los tramos sobre los que realizar las entrevistas a los voluntarios se basó en

identificar tramos de carretera con conocida afluencia ciclista en la provincia de Valencia, con diferentes diseños de sección transversal y equipamiento próximos a intersecciones. Además, teniendo en cuenta que cada voluntario realizaría 10 recorridos y que el tiempo máximo del total no debería superar los 15 minutos, en la selección de los tramos se consideró la necesidad de que cada recorrido pudiera realizarse en no más de 1.5 minutos.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se seleccionaron para el análisis seis glorietas y dos intersecciones, para analizar la percepción del riesgo en ellas y en los tramos de carretera que en ellas concurren. A continuación, se muestra un análisis somero de cada uno de los recorridos seleccionados.

2.1.1 Glorieta CV-333 / CV-25

La glorieta en la que confluyen la CV-333 y la CV-25 dispone de un único carril en su anillo central y seis entradas/salidas, tres de ellas se corresponden con las vías citadas, una corresponde a una vía acondicionada para tráfico de vehículos motorizados circulando a baja velocidad y dos corresponden a vías de menor entidad, teniendo una de ellas un carril bici paralelo.

En su entorno se han seleccionado dos recorridos (Figura 1):

- R1.1: comienza en el carril bici segregado paralelo a la CV-25, cruza la intersección por el paso ciclista habilitado en la rama sur y se incorpora a la vía de tráfico mixto, para continuar hacia el norte.
- R1.2: comienza por la vía de servicio paralela a la CV-25, se incorpora a la glorieta por la entrada de vehículos motorizados y realiza la glorieta completa para incorporarse a la rama sur de la CV-333.



Fig. 1 – Recorridos R1.1 y R1.2

2.1.2 Glorieta CV-25

La glorieta en la que confluyen la CV-25 y el acceso al municipio de Olocau dispone de dos carriles en su anillo central y cuatro entradas/salidas, dos de ellas se corresponden con la CV-25, una con la entrada al municipio de Olocau y otra con una con un camino.

En su entorno se han seleccionado dos recorridos (Figura 2):

- R2.1: comienza desde el oeste por el carril bici adosado a la CV-25 (separado por bordillos y bolardos), cruza la glorieta por el cruce diseñado para tal efecto y continua por el carril bici hacia el norte.
- R2.2: transcurre desde el oeste hacia el norte por la CV-25, circulando por el arcén de la calzada de la carretera e incorporándose a la glorieta junto con el tráfico motorizado.



Fig. 2 – Recorridos R2.1 y R2.2

2.1.3 Glorieta e intersección T CV-333 / Urb. Torre Porta Coeli

El tramo seleccionado está delimitado por una glorieta y una intersección en T. La glorieta dispone de un único carril central y cinco entradas/salidas, dos se corresponden a la CV-333, una al acceso a la Urbanización Torre Porta Coeli y dos a vías de menor entidad. Por su parte, la intersección en T, canalizada y con carriles centrales de espera, constituye el acceso sur a la citada urbanización.

En su entorno se han seleccionado dos recorridos (Figura 3):

- R3.1: comienza en la vía de tráfico a la altura de la glorieta, cruza la misma por el cruce diseñado para ello y se incorpora al carril bici segregado, circulando hacia el sur hasta llegar a la intersección, que cruza por el cruce habilitado para ciclistas.
- R3.2: comienza en el acceso de la glorieta correspondiente a la vía de tráfico mixto, realiza la glorieta por el anillo de la misma en convivencia con el tráfico motorizado, para continuar por el arcén de la CV-333 y girar a la derecha en la intersección.

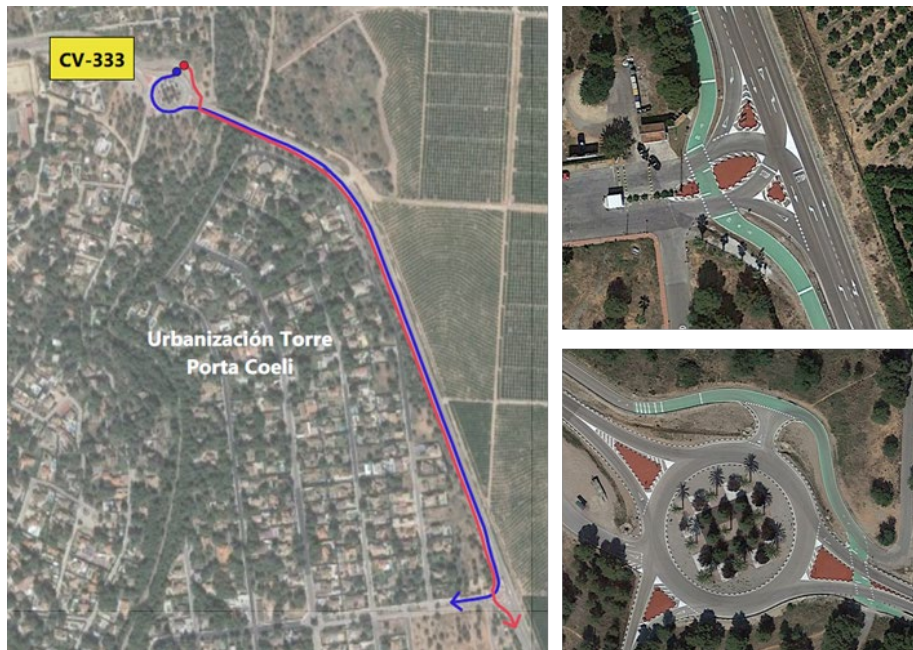


Fig. 3 – Recorridos R3.1 y R3.2

2.1.4 Glorieta CV-310 / CV-305 y glorieta CV-310 / Urbanización Mont Ros

El tramo está delimitado por dos glorietas. La glorieta situada más al norte une las carreteras CV-310 y CV-310, disponiendo de dos carriles en su anillo central y 4 vías confluyentes, dos de ellas se corresponden con la CV-310, en la que en su rama norte se dispone de una vía de servicio paralela y en la sur un arcén coloreado, una con la CV-305 y otra con una vía de menor entidad.

En su entorno se han seleccionado dos recorridos (Figura 4):

- R4.1: comienza al sur de la glorieta norte, transcurre por el arcén coloreado que finaliza en dicha glorieta y la cruza en convivencia con el tráfico motorizado.
- R4.2: comienza al norte de la glorieta norte, en la vía de servicio, se incorpora a la glorieta para atravesarla junto con el tráfico motorizado, se incorpora al arcén coloreado de la rama sur de la CV-310, que finaliza unos metros antes de llegar a la glorieta, volviendo a mezclarse con el tráfico motorizado para atravesar la glorieta sur.

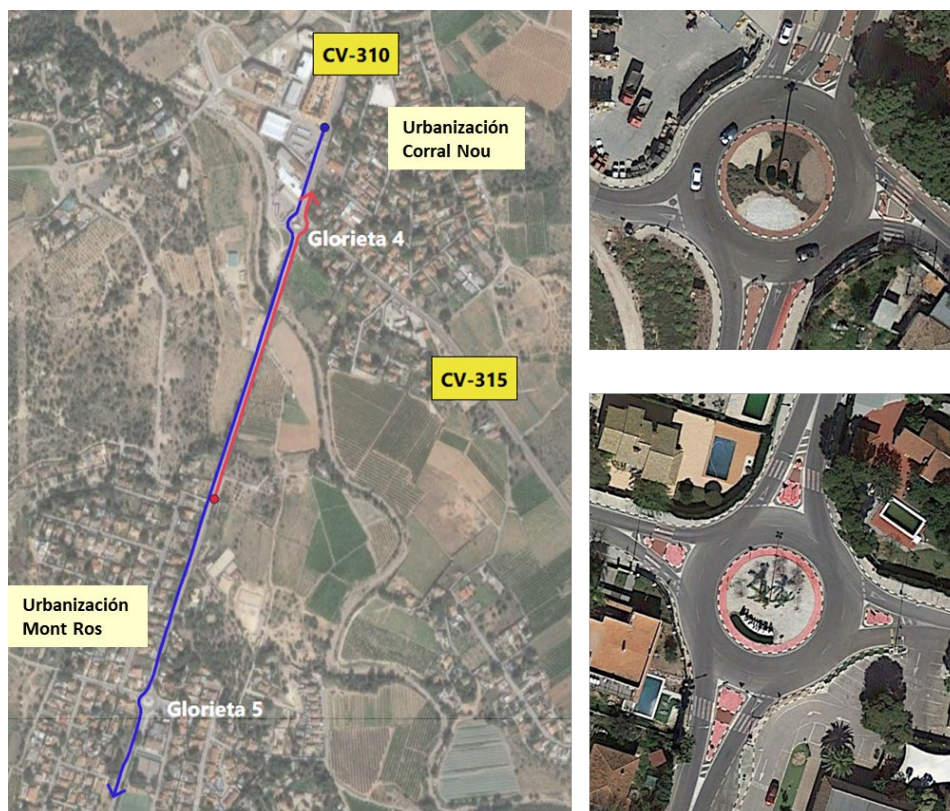


Fig. 4 – Recorridos R4.1 y R4.2

2.1.5 Glorieta CV-315 / CV-305 e intersección CV-305 / Urbanización Bonanza

El tramo está delimitado por la glorieta que une las carreteras CV-315 y la CV-305 y la intersección que da acceso a la Urbanización Bonanza desde la CV-305. La glorieta dispone de dos carriles en su anillo central y cuatro patas, tres de ellas se corresponden con las carreteras que une y una con el acceso a una urbanización, mientras que la intersección en T da acceso desde la CV-305 a la Urbanización Bonanza, siendo canalizada y con carriles centrales de espera.

Entre ellas, se han seleccionado dos recorridos (Figura 5):

- R5.1: comienza al este de la intersección, circulando por el arcén coloreado, cruza la intersección, donde el ciclista tiene prioridad de paso, y se dirige a la glorieta, en cuyo acceso el arcén coloreado para a carril bici segregado, para volver a convertirse en arcén coloreado al norte de la glorieta.
- R5.2: comienza al norte de la glorieta, circulando por arcén coloreado, atraviesa la glorieta por un carril bici segregado, que se convierte de nuevo en arcén coloreado al sur de la misma.



Fig. 5 – Recorridos R5.1 y R5.2

2.2 Grabación de los recorridos

Los 10 recorridos seleccionados fueron grabados con una bicicleta instrumentada, equipada con una cámara Nikon KeyMission 360, que cuenta con dos objetivos ultra gran angular a cada lado de la cámara, que se combinan para crear el entorno 360° (Figura 6).



Fig. 6 – Cámara Nikon KeyMission 360

A pesar de que la cámara ya cuenta con una función de reducción de la vibración, fue necesario utilizar un estabilizador tras comprobar en el primer recorrido que los movimientos de la cámara recogidos en el vídeo no permitían una visualización adecuada para la realización de las pruebas, especialmente con las gafas de realidad virtual.

El estabilizador utilizado fue el G360 Panoramic Camera Gimbal (Figura 7) que tiene un sistema de cuatro contrapesos verticales que garantiza un vídeo estable. Este estabilizador hace que la cámara gane altura con lo que colocado en el manillar queda a la altura del punto de vista del ciclista, dando una mayor sensación de inmersión en su reproducción.



Fig. 7 – Estabilizador G360 Panoramic Camera Gimbal

2.3 Preparación de la sala

Para la realización de los recorridos por parte de los voluntarios, el Instituto de Investigación e Innovación en Bioingeniería habilitó una sala insonorizada, permitiendo así que la sensación de inmersión fuera mayor. La sala contaba con los siguientes equipos (Figura 8):

- PowerWall: sistema semi-inmersivo que consta de dos proyectores de vídeo Mirage HD3 (Christie Digital Systems USA Inc, Cypress, CA, USA), que proporciona una pantalla estereoscópica de 2 metros de alto por 6 metros de largo.
- Gafas de realidad virtual: unas gafas de HTC Vive Pro Head Mounted Display (HMD), suponiendo un sistema totalmente inmersivo.
- Bicicleta de carretera sobre una bancada, de forma que los voluntarios pudieran pedalear durante los recorridos, llegando incluso a poder girar la rueda delantera.

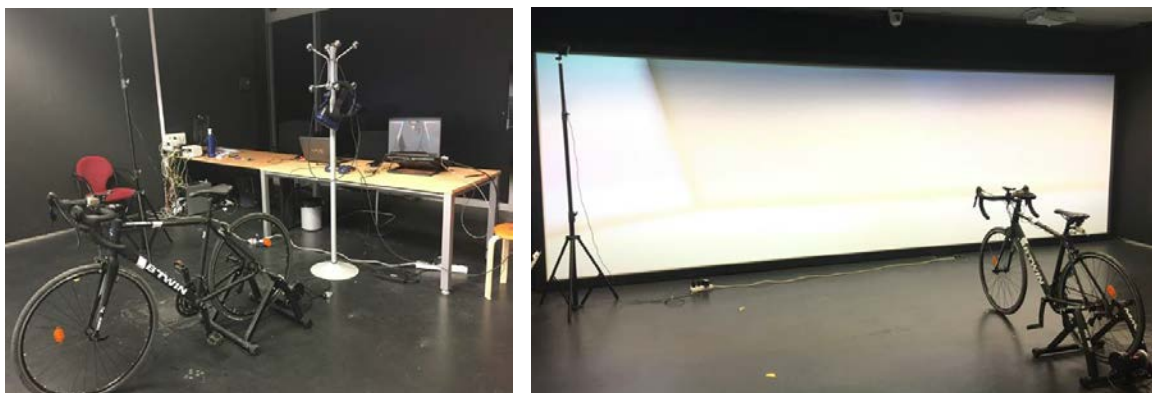


Fig. 8 – Sala habilitada para la realización de las pruebas

El hecho de que los voluntarios puedan pedalear y girar el manillar y la rueda delantera proporciona una inmersión mayor en el escenario.

Si bien es cierto que la velocidad de pedaleo puede no corresponderse con la velocidad del ciclista del vídeo, la diferencia se estima en ± 5 km/h, por lo que no es excesivamente perceptible.

2.4 Recorridos de los voluntarios

Para la realización de las pruebas, se solicitó la colaboración de diferentes asociaciones ciclistas de la provincia de Valencia. Asimismo, se dio difusión de las pruebas por las redes sociales del grupo de investigación, de la Escuela y de la Universidad. Con todo ello, se obtuvo la colaboración de 31 voluntarios, de los cuales 4 eran mujeres y 27 eran hombres.

De ellos, durante la realización de las pruebas, cuatro hombres y una mujer sufrieron episodios de mareo que les impidió realizar los recorridos adecuadamente, con lo que sus datos no han sido contabilizados en el análisis.

De esta forma, se dispone únicamente de 26 voluntarios, contando solo con 3 mujeres. En función de su experiencia en ciclismo por carretera se observaron 3 perfiles diferenciados (Figura 9):

- Ciclistas semiprofesionales con alta experiencia en ciclismo deportivo por carretera y un alto número de kilómetros recorridos semanalmente. Todos ellos son hombres.
- Cicloturismo. Son ciclistas con un alto número de kilómetros recorridos semanalmente, pero, generalmente, no por carreteras con un elevado tráfico vehicular. Todas ellas mujeres.
- Ciclismo urbano/montaña. Ciclistas que utilizan la bicicleta de forma habitual pero no por carretera.

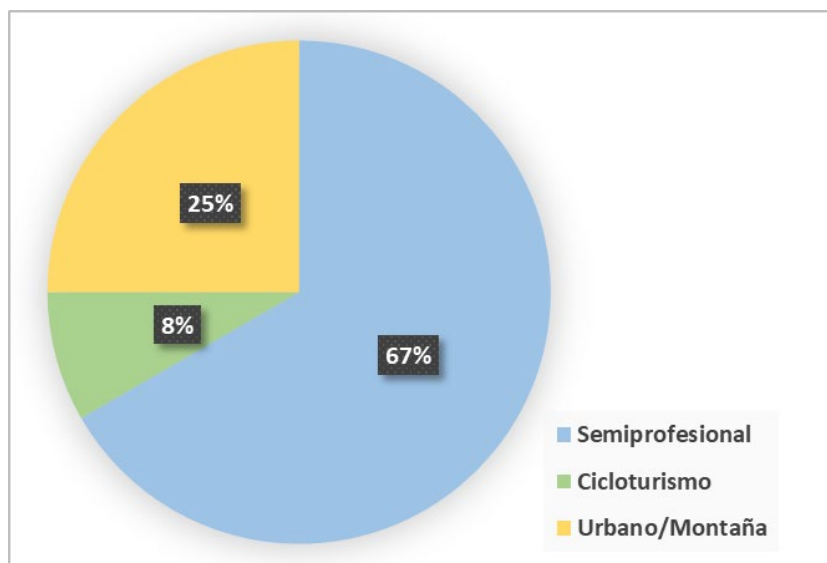


Fig. 9 – Distribución de voluntarios en función de su experiencia

Los voluntarios que completaron todos los recorridos realizaron 10 recorridos, cinco de ellas con el vídeo proyectado en el PowerWall y cinco con las gafas de realidad virtual.

La distribución de los recorridos entre estos dos sistemas de visualización entre los diferentes voluntarios se realizó de forma aleatoria, así como también el orden en el que fueron visualizados. Finalmente, el número de veces que fue visualizado cada uno de los recorridos fue el que se muestra en la Tabla 1.

Recorridos	Gafas Realidad Virtual	PowerWall
R1.1	11	15
R1.2	16	10
R2.1	15	11
R2.2	12	14
R3.1	14	12
R3.2	15	11
R4.1	11	15
R4.2	14	12
R5.1	10	16
R5.2	12	14

Tabla 1 – Visualización de cada recorrido en función del sistema

A cada uno de los voluntarios se les realizó una serie de preguntas antes de comenzar las pruebas, al finalizar cada recorrido y al finalizar las pruebas:

- Previo a los recorridos. Los datos recogidos se referían a sus datos personales:
 - Nombre
 - Experiencia en ciclismo por carretera (años)
 - Kilómetros recorridos semanalmente
 - Formación o experiencia en seguridad vial y/o tráfico
- Al finalizar cada recorrido:
 - Valoración de la seguridad de la intersección (1 más segura – 5 menos segura)
 - Valoración de la seguridad del tramo (1 más seguro – 5 menos seguro)
 - Percepción de la realidad (1 menos real – 7 más real)
- Al finalizar todos los recorridos:
 - En general, ¿prefiere usted el uso del carril bici o de la calzada?
 - Carril bici en todo momento
 - Carril bici solo cuando voy solo
 - Carril bici solo cuando voy en pelotón
 - El carril bici en ningún momento
 - Ninguna de las anteriores

- Valoración de la sensación de mareo con las gafas de realidad virtual (1 menos mareo – 5 más mareo)
- Valoración de la sensación de mareo con el PowerWall (1 menos mareo – 5 más mareo)

Adicionalmente, la mayor parte de los ciclistas, durante la realización de los recorridos comentaban su percepción del riesgo de los elementos que consideraban de mayor riesgo.

Aunque inicialmente no se había contemplado esta posibilidad, la información facilitada por los ciclistas, especialmente por los más experimentados fue muy valiosa.

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

A lo largo de este apartado se analizan diferentes aspectos, comenzando con aspectos relacionados con el comportamiento ciclista, como son la percepción subjetiva del riesgo declarada por los ciclistas y la preferencia de uso de los carriles bici, para continuar con la comparativa entre ambos sistemas en cuanto a sensación de mareo y a grado de inmersión.

3.1 Percepción subjetiva del riesgo

La percepción del peligro que tienen los ciclistas sobre una infraestructura puede animarlos a circular por ella o todo lo contrario, es lo que se denomina la Percepción Subjetiva del Riesgo (PSR). Esta depende de cada persona, pero a la hora de realizar una encuesta, depende también de como se muestre la infraestructura. En el caso del presente estudio, se han utilizado dos sistemas: un sistema semi-inmersivo, como es el PowerWall, y las gafas de realidad virtual, que suponen, en principio, una inmersión mayor.

En la Figura 10 se muestran los resultados de la PSR para cada una de las glorietas de los recorridos realizados, contabilizando tanto las visualizaciones con PowerWall como con gafas de realidad virtual. Como puede observarse, las glorietas con una mayor PSR son por las que han circulado en el recorrido R2.1, en el R5.2 y en el R4.2. La glorieta del R2.1 se encontraba en obras en el momento de llevar a cabo las grabaciones, siendo esta la causa principal del aumento del PSR, según comentaron la mayor parte de los ciclistas.

En el R5.2 los ciclistas circulan por arcén coloreado que, al aproximarse a la glorieta, pasa a ser un carril segregado, realizando el cruce por uno de los ramales. Los ciclistas indicaron como uno de los problemas la falta de visibilidad, así como la falta de claridad en quien tiene la preferencia de paso.

En el R4.2, los ciclistas indicaron como principales problemas la proximidad de las entradas a la glorieta, la alta intensidad de tráfico y la ausencia de arcén.

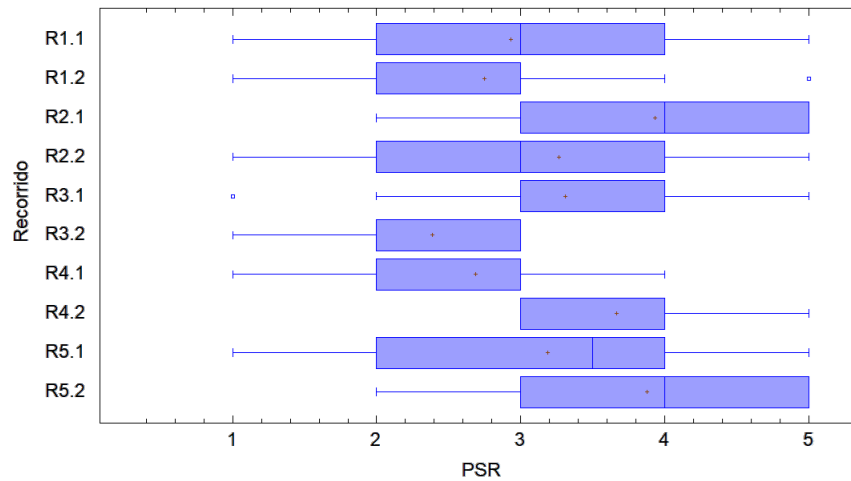


Fig. 10 – PSR de las glorietas analizadas

Estos resultados, como se ha mencionado, están basados en la PSR indicada por los ciclistas que realizaron las pruebas tanto con el PowerWall como con las gafas de realidad virtual.

En la Figura 11, se muestran los resultados distinguiendo según el sistema utilizado para la visualización. Como puede observarse, la percepción del riesgo varía según el sistema utilizado. De hecho, en la mayor parte de los casos la PSR es mayor al realizar la visualización con el PowerWall que con las gafas de realidad virtual. Únicamente en los recorridos R2.1, R3.2 y R4.1 la PSR es mayor con las gafas de realidad virtual. En todo caso, la variabilidad es alta y los valores medios no varían sustancialmente entre un sistema y otro.

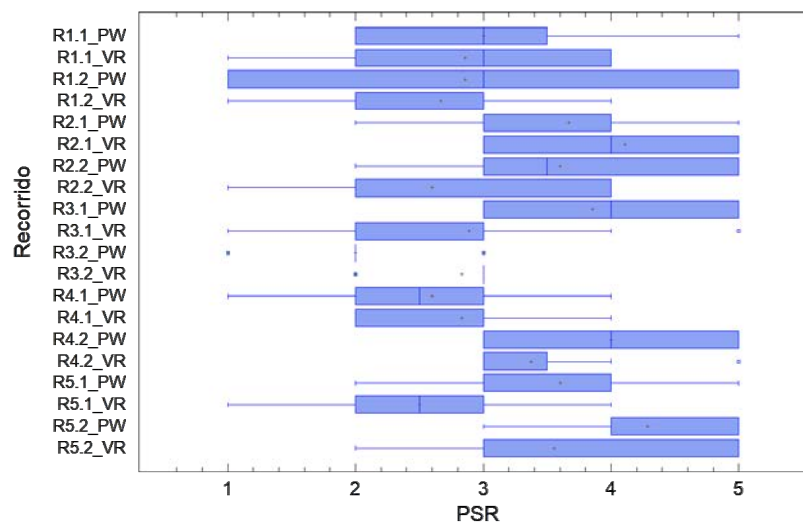


Fig. 11 – PSR de las glorietas analizadas según el sistema de visualización

Además de las glorietas, los ciclistas también valoraron los tramos por los que circularon.

Sin embargo, no sería adecuado establecer un valor de PCR por recorrido, ya que dentro de un mismo recorrido los voluntarios indicaron elementos que podrían hacer aumentar su percepción del riesgo y otros que les aportaban seguridad, siendo estos similares a los identificados en las encuestas de López-Maldonado et al. (2019).

Los principales elementos que son decisivos a la hora de valorar un tramo de carril bici segregado como más o menos peligros desde el punto de vista de los ciclistas son:

- Falta de mantenimiento de la infraestructura, tanto por el estado del firme como por el estado de la vegetación, que reduce la visibilidad, especialmente en las proximidades de los cruces.
- Falta de señalización, indicando la preferencia en los cruces.
- Entradas y salidas al carril bici mal diseñadas. Los ciclistas deportivos alcanzar una velocidad relativamente alta y, al circular en pelotón, si tienen que reducir la velocidad para incorporarse o salir de un carril bici, pueden producirse caídas.

En el caso de la circulación por calzada, los elementos que suponen una mayor influencia en la percepción del riesgo son:

- Anchura del arcén.
- Estado del pavimento del arcén, así como la invasión del arcén por parte de la vegetación.
- Color del arcén. En general, los ciclistas consideran más seguros los arcenes coloreados, siempre y cuando tengan un ancho suficiente, ya que, en caso de no tenerlo, los vehículos motorizados no dejan suficiente distancia lateral con el ciclista. Este resultado es similar al observado en las encuestas realizadas por López-Maldonado et al (2019). Sin embargo, en el caso de las encuestas online, únicamente dispusieron de porcentajes de valoraciones de los encuestados, sin los comentarios adicionales de los que se dispone después de este proyecto, en el que la conclusión es que la PSR depende del ancho del arcén coloreado.
- Las barreras de seguridad metálicas. Estas barreras son la causa de heridas en las piernas de los ciclistas.
- Los elementos situados en los márgenes. En los márgenes con acequias adosadas a la carretera o con desniveles, la PSR aumenta considerablemente ante la posibilidad de una caída.

Además de estos elementos relacionados con la infraestructura y su equipamiento, los ciclistas indicaron que el elemento que más hacía aumentar su percepción del riesgo son los vehículos motorizados. De hecho, algunos de ellos destacaron que al hacer algunos de los recorridos se sentían seguros porque en ese momento no había una alta intensidad de vehículos motorizados, pero que su PSR aumentaría al aumentar el tráfico.

3.2 Preferencia de uso del carril bici

Al finalizar todos los recorridos, se les preguntó a los voluntarios si, en general, prefieren el carril bici o la calzada. Como puede verse en la figura 12, la mayor parte de ellos indicaron que prefieren el carril bici en todo momento. Sin embargo, puntualizaron que siempre y cuando el carril bici sea suficientemente ancho y las entradas y las salidas estén adecuadamente diseñadas. Para ello, deben estar libres de bolardos u otro obstáculo y que las embocaduras sean amplias y sin curvas de bajo radio.

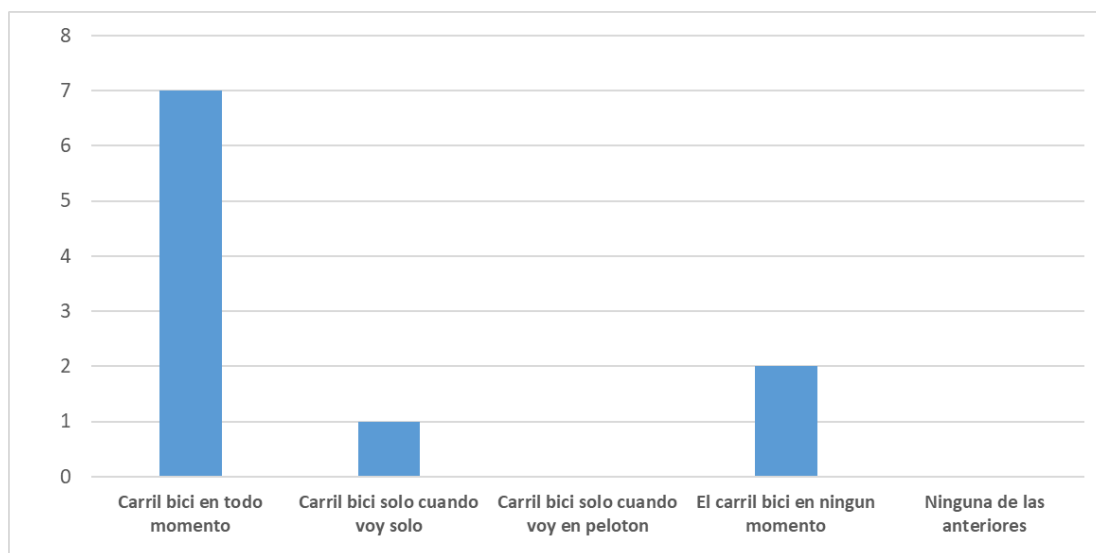


Fig. 12 – Preferencia de carril bici

En la encuesta realizada por López-Maldonado et al. (2019), los ciclistas indicaron que para circular en grupo un 45.6% prefería realizarlo por el arcén. Tras el presente estudio, podemos concluir que los ciclistas en grupo optarían por ir por carril bici si este estuviera adecuadamente diseñado y mantenido.

3.3 Comparativa entre sistemas

Para llevar a cabo la comparativa entre ambos sistemas, se establecen como principales parámetros el grado de inmersión y la sensación de mareo.

Como se ha indicado anteriormente, cuatro hombres y una mujer tuvieron que interrumpir las pruebas a causa del mareo. La edad de la mujer y de uno de los hombres era inferior a 35 años, mientras que los otros tres hombres tenían una edad superior a los 60 años. Todos ellos visualizaron los primeros recorridos con las gafas de realidad virtual. Este es un primer indicador de que la sensación de mareo es mayor en las gafas de realidad virtual que con el PowerWall.

Al resto de los participantes, al finalizar las pruebas se les solicitó que valoraran la sensación de mareo con cada uno de los sistemas (1 menos mareo – 5 más mareo).

La Figura 13 muestra como las respuestas fueron similares, siendo un poco mayor la sensación de mareo en el caso de las gafas de realidad virtual.

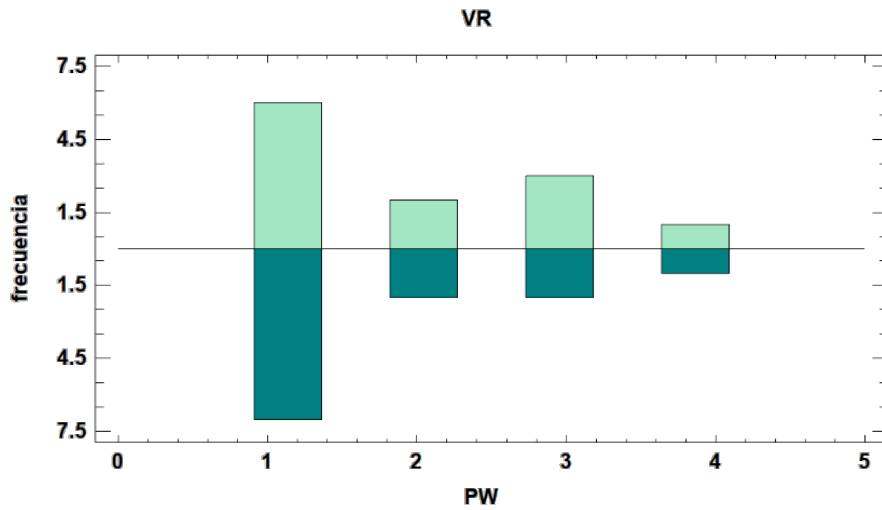


Fig. 13 – Sensación de mareo que producen las gafas de realidad virtual (VR) y la PowerWall (PW)

Adicionalmente, al finalizar cada recorrido, los voluntarios indicaron el grado de realidad de la experiencia que acababan de vivir con un rango de 1 (menos real) a 7 (más real). Como se muestra en la Figura 14, las gafas de realidad virtual presentan un grado de inmersión mayor que el sistema PowerWall, especialmente porque los voluntarios pueden girar la cabeza y contemplar todo el escenario y porque la calidad de la imagen es mayor.

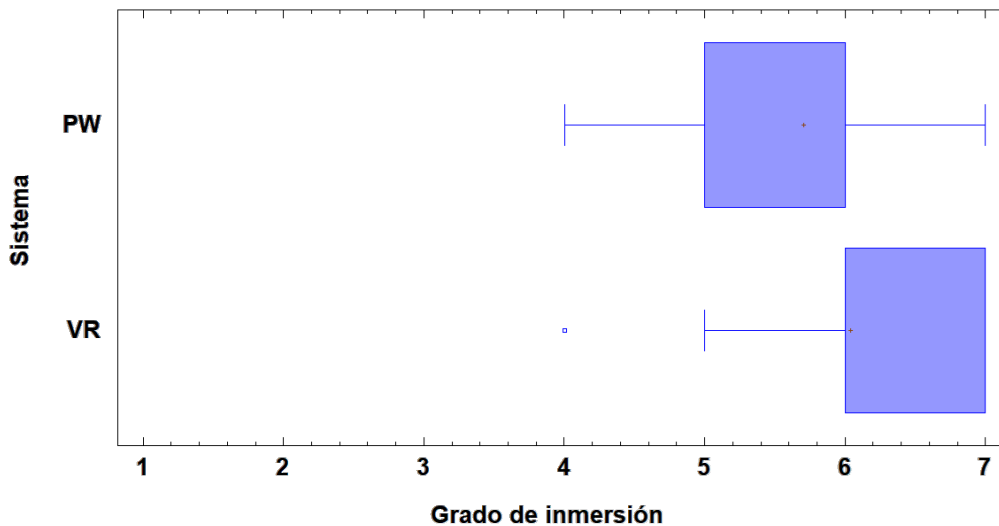


Fig. 14 – Grado de inmersión de las gafas de realidad virtual (VR) y la PowerWall (PW)

4. CONCLUSIONES

La circulación ciclista, especialmente deportiva, en las carreteras convencionales ha aumentado considerablemente en los últimos años, lo que ha supuesto un aumento progresivo de la accidentalidad. A pesar de las actuaciones que se han ido realizando, la accidentalidad relacionada con los vehículos motorizados ha disminuido, pero no la accidentalidad de las bicicletas. Por ello, es necesario estudiar los factores que suponen un mayor riesgo para este tipo de usuarios.

Existen diferentes alternativas para realizar estos estudios, siendo la más extendida las encuestas online por el alto número de participantes que puede alcanzarse. Sin embargo, esta metodología se basa principalmente en mostrar imágenes, sobre las que los encuestados deben valorar el nivel de riesgo de una infraestructura o un elemento de la misma. Al tratarse únicamente de imágenes la percepción del riesgo no es comparable a la real, sino que se basa principalmente en la experiencia de la persona que responde.

Por ello, en este estudio se ha desarrollado una nueva metodología para estudiar la percepción del riesgo que los ciclistas experimentan ante ciertos diseños de las carreteras por las que circulan y su equipamiento. Esta metodología consiste en el recorrido de varios tramos de carretera sobre una bicicleta instalada en un rodillo de entrenamiento, visualizando los recorridos en una PowerWall y con gafas de realidad virtual, en una sala adecuadamente insonorizada.

Tras la realización de los recorridos, los voluntarios indicaron su Percepción Subjetiva del Riesgo (PSR) tanto de los tramos por los que circularon como de las intersecciones que en ellos se encontraban, valorando el riesgo de los mismo de 1 a 5. De esta forma, se han identificado las intersecciones y los tramos que suponen un mayor riesgo para los ciclistas.

Sin embargo, el resultado más importante ha consistido en los comentarios de los propios ciclistas mientras realizaban los recorridos, identificando los elementos que consideraban como un mayor riesgo para su seguridad. Entre ellos destacan, en el caso de los carriles bici segregados, la falta de mantenimiento de la infraestructura, la falta de señalización y el inadecuado diseño de las entradas y salidas del carril bici. Mientras que, en el caso de los recorridos realizados por la calzada, los elementos que aumentan el riesgo según los ciclistas son una anchura reducida de los arcenes, especialmente si estos son coloreados, el estado del pavimento del arcén, las barreras de seguridad metálicas y el diseño de los márgenes (acequias y desniveles). Aunque todos coinciden en que el mayor riesgo es el comportamiento de los conductores de vehículos motorizados.

Adicionalmente, se les preguntó a los voluntarios sobre su preferencia a la hora de circular por el carril bici o por la calzada, concluyendo que prefieren en su mayoría por el carril bici, siempre y cuando este esté adecuadamente mantenido, su anchura sea suficiente y, sobre todo, que las entradas y salidas estén libres de obstáculos y no supongan una reducción considerable de la velocidad para los pelotones, ya que en ese caso la probabilidad de caídas es alta.

Finalmente, se han comparado ambos sistemas de visualización, tanto en cuanto al grado de inmersión como en cuanto a sensación de mareo. Mientras que el grado de inmersión es mayor en el caso de las gafas de realidad virtual, gracias a su imagen envolvente y a la calidad de la misma, la sensación de mareo también es mayor en ellas. Sin embargo, la mayor parte de los voluntarios realizaron las pruebas sin sufrir una sensación de mareo significativa.

Estos resultados muestran esta nueva metodología basada en la realización de entrevistas a voluntarios circulando con gafas de realidad virtual como una buena opción para identificar los elementos que suponen un mayor riesgo para los ciclistas al circular por carreteras convencionales. Con ello, aumentando la muestra se podría llegar a valorar el potencial impacto que algunas medidas de seguridad vial tienen en el comportamiento de los ciclistas y en su percepción del riesgo.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio forma parte del proyecto “Bike2Lane - Mejora de la seguridad vial y operación de carreteras convencionales con ciclistas” con referencia TRA2016-8089-R, subvencionado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad dentro del Plan Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la sociedad, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016.

REFERENCIAS

- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO (2021). Anuario Estadístico de Accidentes 2019.
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO (2021). Barómetro de la bicicleta en España de 2019.
- LÓPEZ-MALDONADO, G.; MARTÍNEZ-SERRANO, I.; CAMACHO-TORREGROSA, F.J. y GARCÍA, A. (2019). Analysis of cyclist perception and behavior on two-lane rural roads through an online survey. Transportation Research Board – 98th Annual Meeting. Washington D.C., EEUU.
- LÓPEZ- MALDONADO, G.; PÉREZ ZURIAGA, A.M.; MOLL, S. y GARCÍA, A. (2020). Analysis of overtaking maneuvers to cycling groups on two-lane rural roads using objective and subjective risk. Transportation Research Record, pp. 1-13.

McNEIL, N.; MONSERE, C.M. y DILL, J. (2015). Influence of bike lane buffer types on perceived comfort and safety of bicyclist and potential bicyclists. *Transportation Research Record*, vol. 2520, pp. 132-142.

MONSERE, C.; McNEIL, N. y DILL, J. (2012). Multiuser perspectives on separated, on-street bicycle infrastructure. *Transportation Research Record*, vol. 2314, pp. 22-30.

NG, A.; DEBNATH, A.K. y HEESCH, K.C. (2017). Cyclists' safety perceptions of cycling infrastructure at un-signalised intersections: cross-sectional survey of Queensland cyclists. *Journal of Transport and Health*, vol. 6, pp. 13-21.

SILVANO, A.P. (2015). When do drivers yield to cyclists at unsignalized roundabout? Empirical evidence and behavioral analysis. *Transportation Research Record*, vol. 2520, pp. 25-31.

THORSLUND, B. y LINDSTRÖM, A. (2020). Cyclist strategies and behaviour at intersections. Conscious and un-conscious strategies regarding positioning. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 70, pp. 149-162.