



Recomendaciones técnicas para evitar accesos en sentido contrario en autovías y autopistas

1	INTRODUCCIÓN	Pág. 5
1.1	ANTECEDENTES	Pág. 5
1.2	OBJETO DEL DOCUMENTO	Pág. 5
1.3	ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA	Pág. 5
1.3.1	ESTUDIO PROVINCIAL	Pág. 9
2	ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA Y SUS POSIBLES CAUSAS	Pág. 11
2.1	ENLACES	Pág. 13
2.1.1	ENLACE TIPO DIAMANTE	Pág. 13
2.1.2	ENLACE TIPO TROMPETA	Pág. 15
2.1.3	ENLACE TIPO TRÉBOL	Pág. 17
2.2	GLORIETAS	Pág. 19
2.3	OTROS PUNTOS SINGULARES	Pág. 23
2.3.1	INTERSECCIONES	Pág. 23
2.3.2	TRANSICIONES DE CALZADA ÚNICA A CALZADAS SEPARADAS	Pág. 23
2.3.3	ÁREAS DE SERVICIO	Pág. 25
3	MEDIDAS PARA PREVENIR ACVSC	Pág. 25
ANEXO A: MEDIDAS PARA PREVENIR ACCIDENTES CAUSADOS POR VEHÍCULOS EN SENTIDO CONTRARIO		Pág. 27
ANEXO B: BIBLIOGRAFÍA		Pág. 49

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Resulta indudable la sustancial contribución para la seguridad vial de la gran proporción de autovías y autopistas en la red viaria española, siendo no obstante uno de los efectos adversos que surgen en este tipo de vías los accesos en sentido contrario. Por ello, desde la DGT, conscientes de la problemática, se pretende abordar mediante este documento un análisis y diagnóstico que visibilice el problema e identifique un abanico de posibles soluciones.

En los años 2017 y 2018 se incrementaron ligeramente los accidentes con víctimas en vías interurbanas con respecto a las cifras de años anteriores. En cuanto al número de accidentes causados con implicación de vehículos en sentido contrario (en adelante ACVSC) se puede afirmar que apenas sufre fluctuaciones interanuales, situándose en el rango de los 40 accidentes anuales aproximadamente en vías interurbanas.

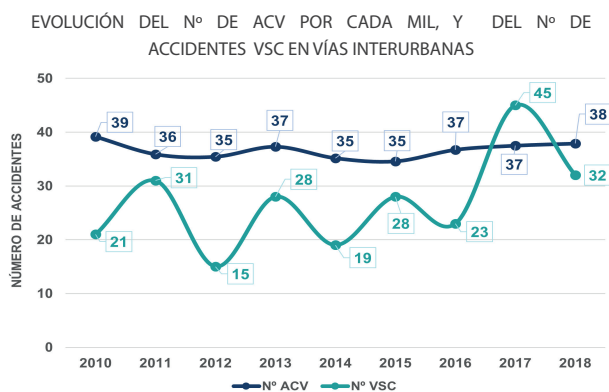


Figura 1. Evolución del número de ACV por cada mil y del Nº de accidentes VSC en vías interurbanas: periodo 2.010 – 2.018. Fuente: Anuarios estadísticos de accidentes 2.010 – 2.018 (DGT, Ministerio del Interior).

En efecto, este tipo de accidente supone un riesgo vial significativo no tanto por su número total sino por su alta lesividad. Cabe destacar asimismo que existe una alta infranotificación de este tipo de incidentes en los casos cuyo desenlace no es una colisión.

Del análisis de los accidentes con víctimas registrados con intervención de un vehículo circulando en sentido contrario (ASVSC), se pueden identificar principalmente dos patrones que concentran casi la mitad de este tipo de accidentes: uno, conductores de más de 65 años que sufren un despiste o cometen un error (26% de los accidentes), y dos, conductores de entre 26 - 35 años que realizan conducción temeraria (21% de los accidentes).

1.2 OBJETO DEL DOCUMENTO

Los objetivos fundamentales del documento son:

1. Analizar los posibles factores que pueden influir en la circulación o acceso de VSC en vías con calzadas separadas para cada sentido de circulación
2. Del mismo modo, se busca definir una serie de actuaciones no sustanciales sobre la infraestructura y sus elementos, de manera que favorezca la correcta interpretación de la infraestructura

para evitar errores incluso en las situaciones más desfavorables tanto del entorno (ej. horario nocturno, climatología adversa, etc.) como del conductor (ej. personas mayores, cansancio, conductores extranjeros, etc.).

En autovías y autopistas, la práctica totalidad de los incidentes y accidentes con implicación de vehículos circulando en sentido contrario tienen su origen en los nudos viarios. Por ello, en este documento se realiza un análisis exhaustivo de los nudos y su tipología para determinar margen de mejora en su diseño, señalización, ordenación y balizamiento en aras de evitar posibles errores en la conducción.

1.3 ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA

Casi la totalidad (86%) de los accidentes con implicación de vehículos circulando en sentido contrario tiene lugar en autovías y autopistas libres de peaje, que suponen un 77% de la longitud de la red viaria, lo cual deriva en una sobrerrepresentación de este tipo de accidentes en dichas vías.

A partir del estudio de distribución de accidentalidad y de presencia de las distintas tipologías de nudos viarios en la red, no se puede concluir una clara sobrerrepresentación de un tipo de nudo concreto en la accidentalidad de este tipo. En cuanto a la tipología de enlace por el que accede el vehículo en sentido contrario, no se puede asociar claramente con un tipo de enlace concreto. En el siguiente gráfico se puede observar como los enlaces tipo diamante y glorieta concentran en torno a la mitad de los accesos en sentido contrario, mientras que en el 20% de los casos está presente el enlace tipo trompeta. La tipología de enlace en trébol es la que en términos absolutos tiene menor incidencia.

DISTRIBUCIÓN (%) DE ACCIDENTES VSC SEGÚN TIPOLOGÍA DE ENLACE

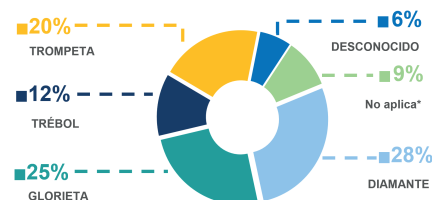


Figura 2. Distribución (%) de accidentes VSC según tipología del enlace (no se consideran las variantes de cada clase de enlace). Fuente: DGT

Por último, hay que mencionar que sobre el total de accidentes causados por VSC:

- En el 9 % de los casos, el error inicial no se vincula a un tipo de enlace en particular
- En el 6% restante, se desconoce la causa

A la vista de los primeros resultados analizados, se ha profundizado en el estudio de la información disponible para conocer si existe alguna relación de los accidentes de los VSC con la exposición al riesgo (veh-km) o el tráfico existente a nivel provincial. Todo ello a fin de identificar posibles sobrerrepresentaciones por kilómetro de red o vehículo-kilómetro.

Para ello, se han comparado los datos de veh-km que publica MITMA, de la Red de Carreteras del Estado, obteniendo los mapas que se muestran en la siguiente página.

A continuación, se muestran mapas con la distribución provincial de la red viaria, el tráfico, y la siniestralidad y mortalidad como consecuencia de accidentes VSC.

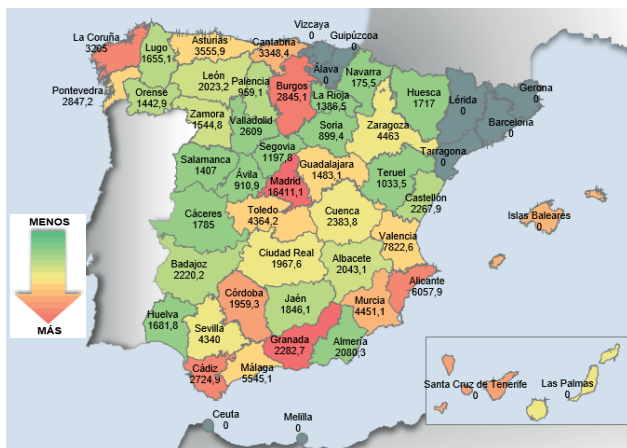


Figura 3. Número de vehículos - kilómetro por provincia de la Red de Carreteras del Estado: periodo 2.010 – 2.018. Fuente: elaboración propia



Figura 4. Número de kilómetros por provincia de la Red de Carreteras del Estado: periodo 2.010 – 2.018. Fuente: elaboración propia



Figura 5. Número de accidentes VSC por provincia: periodo 2.010 – 2.018. Fuente: elaboración propia

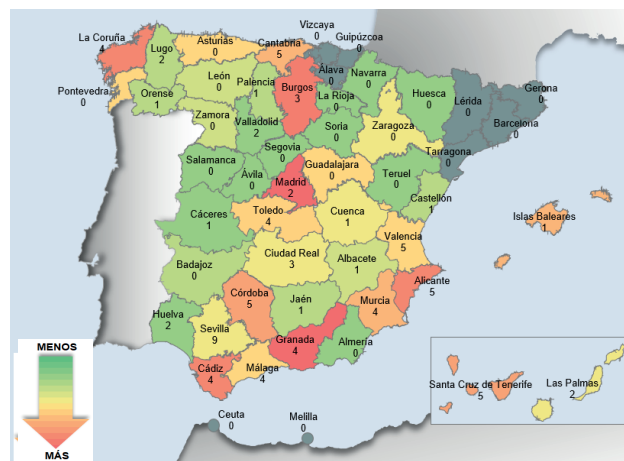


Figura 6. Número de muertes en accidentes VSC por provincia: periodo 2.010 – 2.018. Fuente: elaboración propia

En la siguiente gráfica se representa también la distribución de cada provincia con la comparativa del % de accidentes VSC en cada provincia y el tráfico (veh-km) para identificar sobrerrepresentaciones provinciales de este tipo de siniestros:

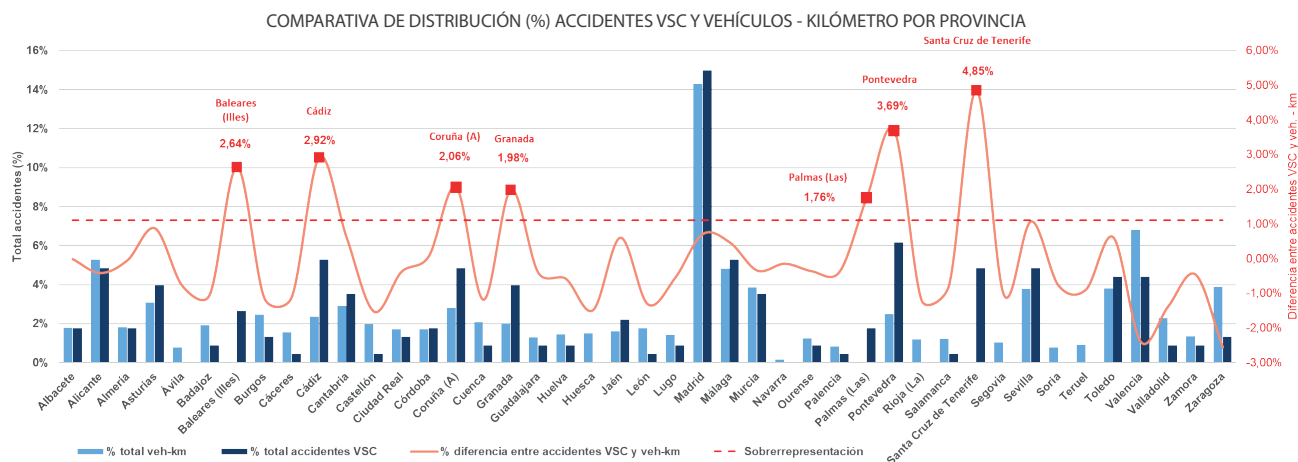


Figura 7. Comparativa de la distribución (%) de vehículos-kilómetro y accidentes VSC por provincias. Fuente: MITMA 2.019 y elaboración propia

A partir de los gráficos anteriores, se puede observar que, por lo general existe cierta correlación entre el porcentaje de vehículos-kilómetro y el porcentaje de accidentes VSC, advirtiéndose, no obstante, una sobrerrepresentación de la accidentabilidad en las siguientes provincias: Cádiz (2,92%), Granada (1,98%), A Coruña (2,06%), Pontevedra (3,69%), Baleares (2,64%), Las Palmas (1,76%) y Santa Cruz de Tenerife (4,85%).



Figura 8. Diferencia (%) entre los vehículos-kilómetro y los accidentes VSC por provincias. Fuente: MITMA 2.019 y elaboración propia

1.3.1 Estudio provincial

A fin de explorar posibles relaciones entre la incidencia de cada tipo de enlace en la accidentabilidad y, dado que no existe una base de datos a modo de inventario de enlaces y topología, se ha acometido un estudio a nivel provincial en A Coruña.

En este estudio se han analizado tanto las carreteras donde se produjeron los accidentes entre los años 2.010 a 2.018 como las carreteras que intersecan a las mismas. De este análisis, en primera instancia, se busca comprobar si hay una similitud de lo analizado en cuanto a tipología de vías. Así, en la siguiente gráfica, se presenta la distribución de los kilómetros de autovía y autopista de la RCE y de la muestra de A Coruña, de manera que se compruebe positivamente que la distribución en A Coruña es muy similar a la nacional.

DISTRIBUCIÓN (%) KILÓMETROS RCE Y ESTUDIO PILOTO DE A CORUÑA POR TIPO DE VÍA

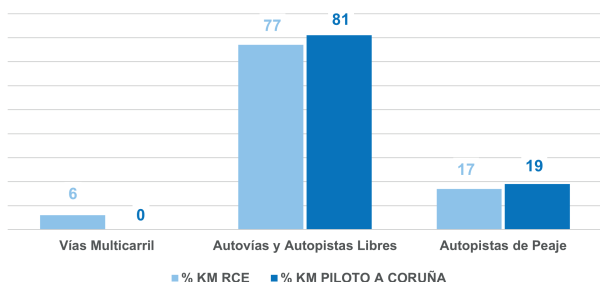


Figura 9. Distribución (%) de kilómetros estudiados en la provincia de A Coruña. Fuente: elaboración propia

Además, se ha realizado el análisis comparativo entre la distribución de accidentes causados por VSC en España y el grado de representación de cada tipo de enlace tomando como referencia los resultados del estudio provincial de A Coruña, quedando de la siguiente manera:

DISTRIBUCIÓN (%) ACCIDENTES VSC EN ESPAÑA vs % Nº ENLACES ESTUDIO PILOTO EN A CORUÑA

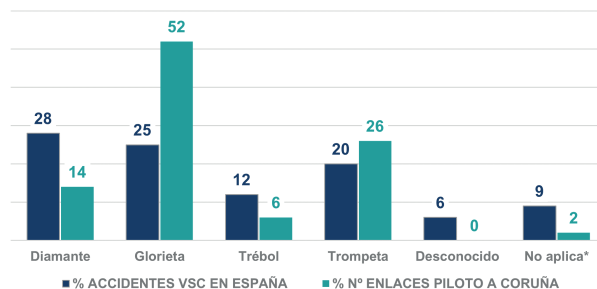


Figura 10. Distribución (%) de los accidentes VSC en España según tipología de enlace en la provincia de A Coruña. Fuente: elaboración propia

A la vista del anterior gráfico, se puede apreciar que los enlaces tipo diamante y trébol aparecen sobrerrepresentados, con una incidencia por encima de lo esperado, al contrario de lo que ocurre con las glorietas y los enlaces tipo trompeta.

Ello puede llevar a intuir que, en relación a las glorietas, al ser un tipo de enlace más habitual, el usuario está más adaptado a ellas y, por consiguiente, se equivoca en menor medida frente a otros tipos de enlace como el diamante o el trompeta.

DISTRIBUCIÓN (%) ACCIDENTES VSC EN A CORUÑA vs % Nº ENLACES ESTUDIO PILOTO EN A CORUÑA

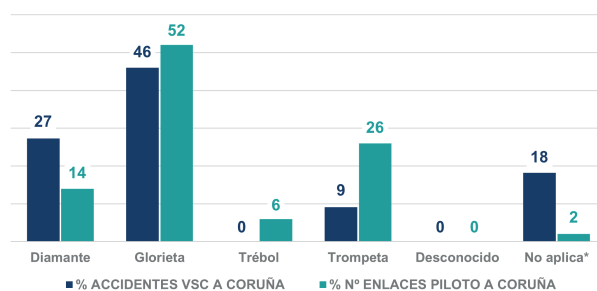


Figura 11. Distribución (%) de los accidentes VSC en A Coruña según tipología de enlace en la provincia de A Coruña. Fuente: elaboración propia

A nivel provincial, en el caso de A Coruña, los resultados presentan cierta disparidad respecto a la distribución de accidentes VSC a nivel nacional.

Se observa que, en este caso, son los enlaces tipo diamante los que aparecen sobrerrepresentados con una incidencia que se corresponde con la obtenida a nivel nacional, en contraposición con lo que ocurre con las restantes tipologías de enlace.

2. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA Y SUS POSIBLES CAUSAS

El trazado de una carretera debe ser diseñado de tal manera que su legibilidad e interpretación por parte de los usuarios de la vía sea lo más sencilla y predecible posible.

Es objeto del presente estudio, acotado a los accidentes con víctimas con VSC implicados, centrar el análisis en la geometría, balizamiento y señalización de los nudos viarios.



Figura 12. Geometría, balizamiento y señalización de los nudos viarios. Fuente: Elaboración propia

Los nudos viarios, tal y como se indica en la OC 32/2012 Guía de nudos viarios, *“son puntos críticos en el trazado de una carretera, por lo que su concepción debe ser claramente diferenciada de la correspondiente al tronco en el que se deben insertar, de manera que el conductor de un vehículo que circula por la carretera, tenga una completa legibilidad del conjunto así constituido”*.

Es preciso tener en cuenta que un nudo viario no es un elemento aislado, sino que tanto su funcionamiento como la idoneidad de su configuración dependen no sólo de su diseño, sino de las condiciones de contorno de su ubicación (p.ej. visibilidad reducida por meteorología adversa), de los elementos básicos de seguridad que se hayan dispuesto (señalización y balizamiento) y del volumen y hábitos de los conductores que circulan por el mismo.



Figura 13. Elementos de balizamiento como refuerzo para separación de sentidos en vía de alta capacidad. Fuente: elaboración propia

Con el objeto de proporcionar un mayor detalle de la casuística analizada, en los próximos apartados se desarrolla en profundidad la problemática específica asociada a las distintas configuraciones geométricas consideradas en el estudio.

El criterio seguido para la selección de las distintas tipologías de nudos a estudiar, ha sido el resultado de la envolvente de puntos críticos en los que se produjo un acceso de un VSC, en el periodo temporal comprendido entre los años 2010 y 2018, y que finalmente derivó en un accidente.

Aplicando esta metodología, las configuraciones geométricas de los nudos viarios considerados en el estudio, se clasifican de la siguiente manera:

- Enlaces:
 - Enlaces tipo diamante
 - Enlaces tipo trompeta
 - Enlaces tipo trébol
- Glorietas
- Otros puntos singulares.
 - Intersecciones
 - Divergencias
 - Accesos a áreas de servicio

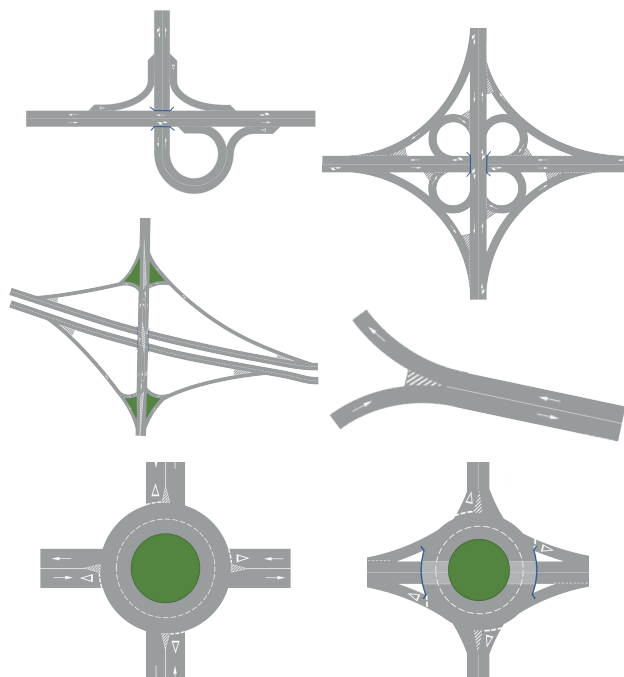


Figura 14. Configuraciones geométricas de los nudos viarios considerados en el estudio (no se consideran las variantes de cada tipo). Fuente: elaboración




A pesar de que los puntos críticos anteriormente listados disponen a su vez de múltiples variantes en cuanto a diseño se refiere (ej. enlace trébol, trébol parcial, trébol modificado, etc.), el objeto de la presente publicación no es el análisis en detalle de todas estas particularidades, sino la definición de una problemática común y la propuesta de medidas para prevenir el acceso de VSC en este tipo de configuraciones.

2.1 ENLACES

Los enlaces, por definición, son una tipología de nudos viarios en los que alguno de los movimientos se llevan a cabo en un plano distinto al de los demás, cruzándose dos trayectorias a distinto nivel.

A continuación, y tal y como se adelantó en el apartado anterior, se describe la problemática específica asociada a los accidentes producidos por VSC en las geometrías más comunes de los enlaces tipo diamante, trompeta y trébol.

Cada una de las tipologías de enlace se acompaña de fotografías reales a las que aplica la siguiente leyenda:

-  Giros permitidos
-  Giros indebidos
-  Trayectorias equívocas

2.1.1 Enlace tipo diamante

Se trata de un tipo de enlace mixto de cuatro ramales en el cual las entradas y las salidas a la carretera principal se resuelven con carriles unidireccionales de aceleración-deceleración. Se compone a su vez de cuatro ramales de tipo semidirecto, los cuales permiten conectar con la vía secundaria bien mediante giros a izquierda-derecha o bien mediante intersecciones giratorias.

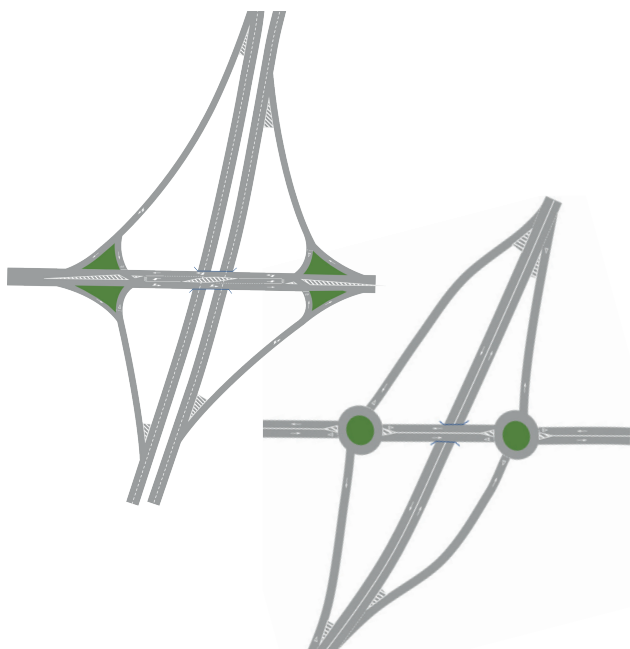


Figura 15. Esquema enlaces tipo diamante. Fuente: elaboración propia

Del análisis de accidentabilidad realizado, se extrae que la amplia mayoría de vehículos que acceden en sentido contrario a través de este tipo de enlaces, realizan el giro indebido en la conexión de la vía secundaria con los ramales semidirectos, tal y como se ejemplifica en el siguiente esquema.

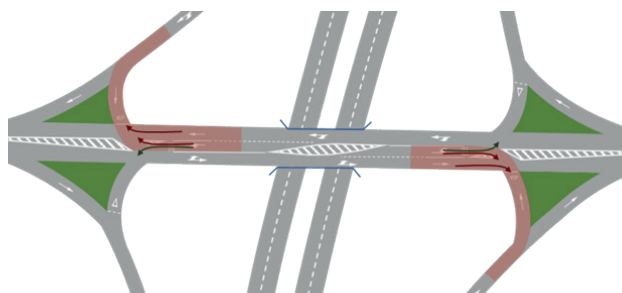


Figura 16. Giros indebidos más frecuentes, giros permitidos y trayectorias equivocadas en enlace tipo diamante. Fuente: elaboración propia

Los motivos principales o las causas por las que los VSC realizan estas maniobras en los enlaces diamante, se relacionan principalmente con tres elementos como denominador común:

ELEMENTO	PROBLEMÁTICA
Señalización vertical	No logra correcta interpretación del usuario
Balizamiento	Insuficiente
Trazado	Geometría que induce a realizar giros indebidos

En las siguientes imágenes se busca ejemplificar esta problemática con fotografías de casos reales. Tal y como se puede apreciar en la Figura 17 es frecuente que la señalización de destinos vertical no se haya dispuesto de forma que los usuarios de la vía la puedan percibir con la suficiente antelación. Además, las condiciones de contorno, en este caso la vegetación, suponen un obstáculo más a tener en consideración.



Figura 17. Señal R-101 sin refuerzo y difícil de percibir por parte del usuario. Fuente: Google Earth, 2021

Del mismo modo, en la Figura 18, es posible observar cómo el trazado de la vía y la ausencia de balizamiento para la correcta canalización de los tráficos pueden llevar a equívoco e inducir a los usuarios a realizar maniobras incorrectas.



Figura 18. Geometría y balizamiento en enlace tipo diamante. Fuente: Google Earth, 2016

2.1.2 Enlace tipo trompeta

El enlace tipo trompeta es un nudo de tres patas, no direccional, compuesto generalmente por un ramal semidirecto para uno de los giros a la izquierda y un ramal de lazo para el giro restante. Se utiliza frecuentemente en la conexión de vías de alta capacidad con carreteras convencionales o accesos a entornos urbanos.

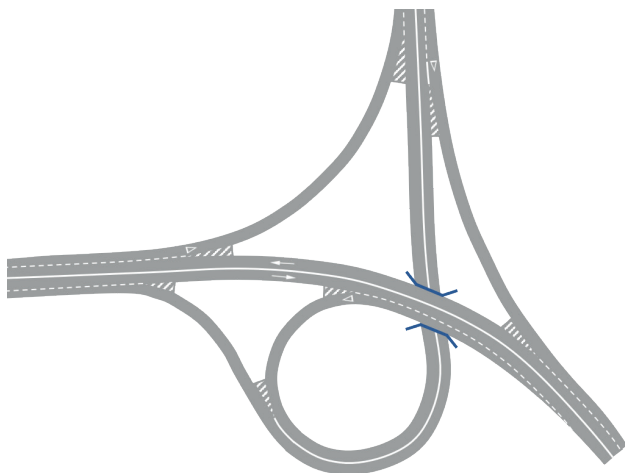


Figura 19. Esquema enlace tipo trompeta. Fuente: elaboración propia

En referencia a la OC 32/2012, para evitar entradas en sentido contrario a la vía principal en este tipo de enlaces, es necesario que el ramal semidirecto y el ramal en lazo, en el tramo en el que discurren contiguos, estén separados físicamente.

Sin embargo, tras el análisis de los accidentes provocados por VSC asociados a este tipo de enlace entre 2010 y 2018, se comprueba cómo el 56% de los nudos estudiados no disponían de separación física o elementos de balizamiento adecuados para delimitar o separar los sentidos de circulación que mitigue o evite el riesgo respectivamente.

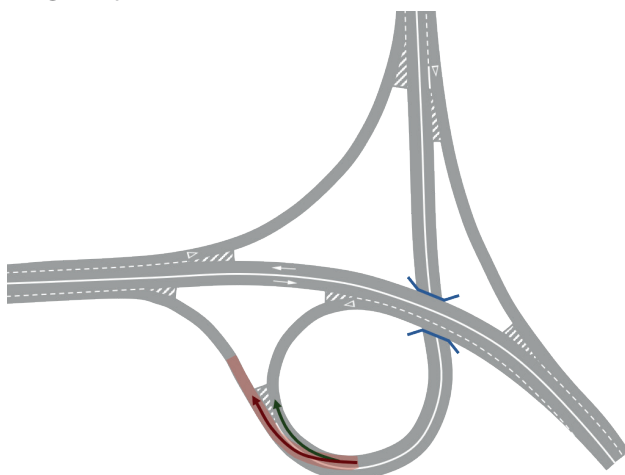


Figura 20. Giros indebidos más frecuentes, giros permitidos y trayectorias equívocas en enlace tipo trompeta. Fuente: elaboración propia

Es por ello por lo que, a pesar de que existen medidas adicionales que pueden contribuir a mejorar la circulación y la seguridad vial de los usuarios en estos puntos singulares, la medida más efectiva que podría evitar la mayoría de accesos en sentido contrario en este tipo de enlace sería la separación física y en su defecto la correcta delimitación de sentidos de circulación, tal y como se recoge en la norma referenciada.

2.1.3 Enlace tipo trébol

ELEMENTO	PROBLEMÁTICA
Balizamiento	Inadecuado o inexistente

A continuación, y de forma análoga al enlace tipo diamante, se recogen una serie de ejemplos que muestran de forma gráfica la naturaleza de la problemática.



Figura 21. Enlace tipo trompeta sin separación física, sin refuerzo de señalización vertical y marcas viales en mal estado de conservación. Fuente: Google Earth, 2019



Figura 22. Enlace tipo trompeta sin separación física. Fuente: Google Earth, 2013

El enlace tipo trébol es un nudo viario de cuatro patas en el que se permiten la totalidad de movimientos a distinto nivel entre dos vías. En él, los giros a la derecha se realizan de forma directa, mientras que para los giros a la izquierda se emplean ramales en lazo. Dicha configuración geométrica le confiere una forma similar a un trébol, motivo por el cual recibe esta denominación.

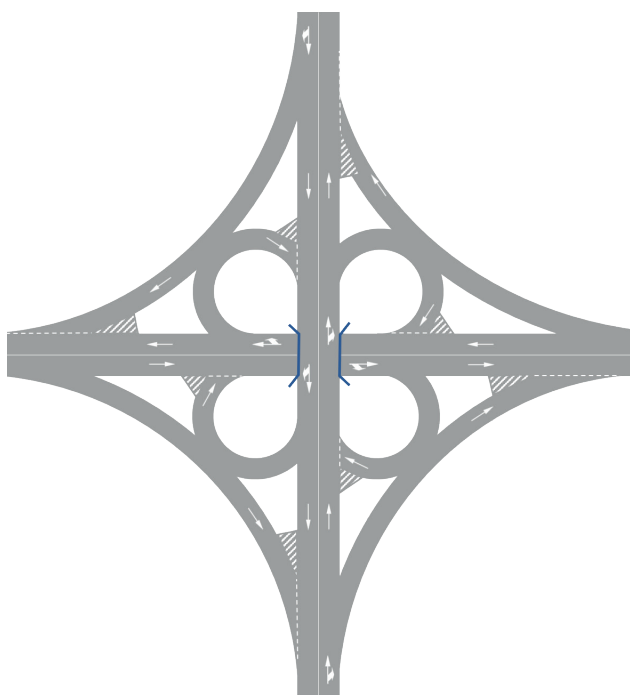


Figura 23. Esquema enlace tipo trébol. Fuente: elaboración propia

En función de la geometría final del enlace y del número de movimientos permitidos, existen distintas variantes que se pueden agrupar en dos categorías principales "trébol parcial" o "trébol completo". Este aspecto es importante desde el punto de vista de la seguridad vial, ya que a mayor número de ramales en lazo-ramales directos y mayor número de divergencias, mayor es el riesgo de que se produzca un acceso en sentido contrario en el propio enlace.

La problemática detectada en este tipo de nudos puede resumirse como una envolvente de las dos casuísticas anteriores. Por una parte, en aquellos casos en los que el ramal en lazo es tangente al ramal directo, es fundamental, al igual que en los enlaces tipo trompeta, que ambos carriles estén separados físicamente. Por otra parte, en los nudos en los que estos ramales no son tangentes entre sí, la principal problemática se centra en la claridad de la geometría y en el refuerzo de la señalización vertical.

Los accesos en sentido contrario más recurrentes en las dos configuraciones descritas, se muestran en los siguientes esquemas:

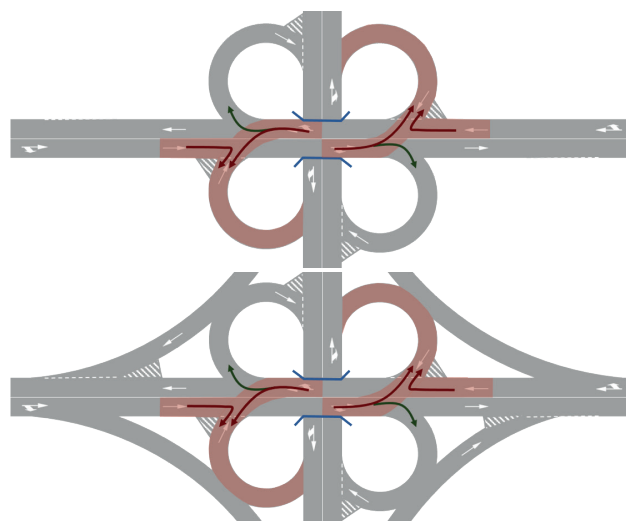


Figura 24. Giros indebidos más frecuentes, giros permitidos y trayectorias equivocadas en enlace tipo trébol. Fuente: elaboración propia

Fruto del análisis realizado, se concluye, por tanto, que las causas principales por las que los vehículos acceden en sentido contrario al estipulado en los enlaces tipo trébol tienen como base los elementos que se muestran en la siguiente tabla:

ELEMENTO	PROBLEMÁTICA
Señalización vertical	No logra correcta interpretación del usuario
Balizamiento	Insuficiente
Trazado	Geometría que induce a realizar giros indebidos

Como ejemplo gráfico para ilustrar la problemática asociada este nudo, se incluye la siguiente figura:






Figura 25. Enlace tipo trébol sin separación física de sentidos en la vía principal. Fuente: Google Earth, 2018

2.2 GLORIETAS

Las glorietas son un tipo de nudo viario que puede ser clasificado tanto como un enlace, si los movimientos de cruce entre vías se realizan a distinto nivel, como una intersección a nivel, en la que el anillo circular central de sentido único de circulación se encarga de canalizar los flujos. Su funcionamiento se basa en la prioridad de paso de los vehículos que circulan por el anillo frente a los que pretenden acceder al mismo.

La descripción de la casuística existente en las glorietas se acompaña de esquemas y fotografías reales a las que aplica la siguiente leyenda:

-  Giros permitidos
-  Giros indebidos
-  Trayectorias equívocas

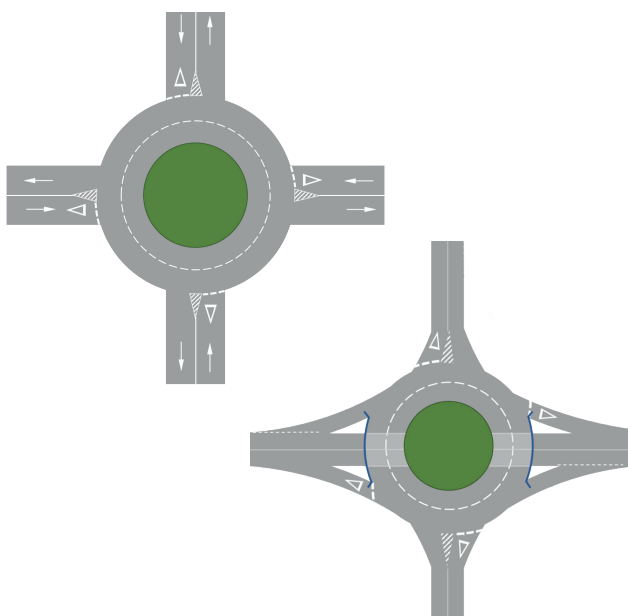


Figura 26. Esquemas de glorieta como intersección giratoria (superior) y como enlace (inferior). Fuente: elaboración propia

Del análisis realizado en base a los VSC que acceden en sentido contrario a la vía desde una glorieta, se obtiene un total de 56 ubicaciones de glorietas distintas correspondientes a 60 accidentes provocados por VSC, comprendidos entre los años 2010 y 2018. De esta cifra se deduce que existe reincidencia en el 3,4% del total de glorietas estudiadas.

Atendiendo a la tipología del nudo, a nivel nacional, se obtiene que el 68% de los accidentes provocados por VSC fueron causados por vehículos que accedieron a la vía principal desde un enlace tipo glorieta.

Otra de las conclusiones a extraer del análisis es que la mayor parte de vehículos que acceden en sentido contrario a través de glorietas, realizan un giro indebido derivado de confundir los accesos al anillo de circulación con las salidas, tal y como se ejemplifica en los siguientes esquemas.

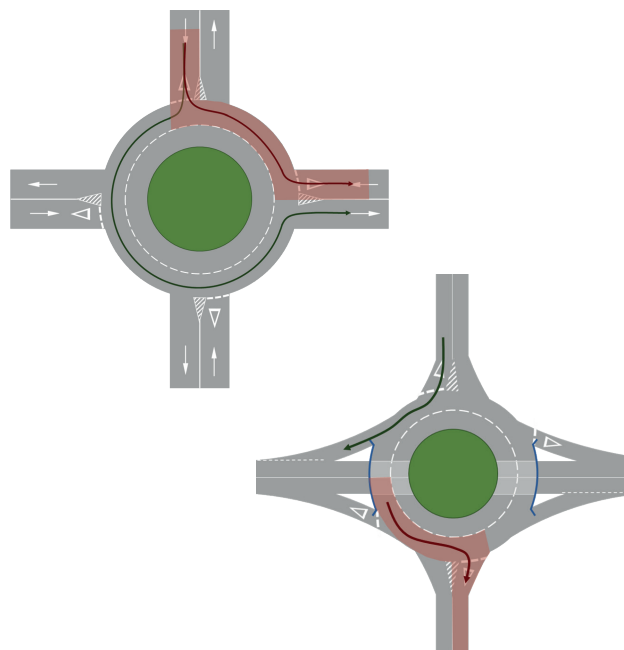


Figura 27. Esquemas de giros indebidos más frecuentes, giros permitidos y trayectorias equívocas en glorietas. Fuente: elaboración propia

No obstante, no resulta evidente identificar una problemática específica para cada tipología de nudo (glorieta como enlace o glorieta como intersección) sino que los conflictos que se generan son comunes para ambos casos.

En lo que respecta a los principales aspectos evaluados para la realización del análisis, se han tenido en cuenta los siguientes:

- Señalización vertical y horizontal
- Balizamiento
- Geometría

Los resultados del análisis arrojan que el 7% de los accidentes comprendidos entre los años 2010 y 2018 se produjeron en glorietas sin señalización vertical de prohibición de paso de vehículos. En cuanto a la señalización horizontal, la totalidad de las ubicaciones contaban con línea de detención en el ramal de acceso y el 91% con marca vial de ceda el paso.

En lo que respecta al balizamiento, existía balizamiento con objeto canalizador en el 7% de los escenarios analizados y como sistema mixto en isletas deflectoras en el 15% de los escenarios (un 10% se corresponde con isleta cebreada con balizamiento y un 2% a isletas con bordillo y balizamiento).

De las características geométricas evaluadas se concluye que el 45% de los accidentes se produjeron en glorietas con un radio inferior a los 25m y el 40% en glorietas con un radio comprendido entre los 25 y los 50m. Una vez analizados los radios de deflexión, no es posible extraer conclusiones representativas de la relación entre ambos parámetros (radio glorieta y radio deflexión).

En definitiva, la problemática asociada a las glorietas, independientemente de su tipología, se resume en la siguiente tabla:

ELEMENTO	PROBLEMÁTICA
Señalización vertical	Escasa y sin refuerzo
Balizamiento	Inadecuado o inexistente
Trazado	Deflexiones insuficientes que derivan en movimientos erróneos por parte de los usuarios

A continuación, se exponen unas imágenes con las que se busca ejemplificar la problemática descrita.

En la Figura 28 se observa un acceso a la glorieta de sentido único por el que se ha incorporado un VSC en el periodo de análisis comprendido entre los años 2010 y el 2018, cuya isleta deflectora cuenta con cebreado y existe señalización vertical de prohibido el paso. A pesar de que la geometría es adecuada y existe isleta cebreada extensa, no cuenta con sistemas de balizamiento de refuerzo que impidan el acceso en sentido contrario de circulación ante una posible confusión por parte del conductor.



Figura 28. Acceso con isleta cebreada sin refuerzo de balizamiento. Fuente: Google Earth, 2019

En la Figura 29 el ramal por el que se ha detectado el acceso de VSC cuenta con una isleta de bordillos y cebreado. Además, el radio de deflexión es importante, por lo que la maniobra de acceso indebido en sentido contrario desde el punto de vista del diseño geométrico de la glorieta es improbable. No obstante, en este caso concreto, no existe señalización vertical de prohibido el paso en los ramales de acceso a la glorieta.



Figura 29. Acceso sin señalización vertical de prohibido el paso. Fuente: Google Earth, 2019




En base a los resultados obtenidos del estudio, se concluye la necesidad de un conjunto de medidas como son el refuerzo de señalización y balizamiento en los accesos a glorietas, así como la adaptación de la geometría de los ramales a fin de evitar accesos involuntarios. Por consiguiente, es recomendable el empleo de isletas con bordillo o la instalación de elementos de refuerzo del balizamiento que lo disuada o impida.

De esta forma se busca advertir con mayor antelación, así como disuadir al conductor del vehículo de realizar giros indebidos que deriven en el acceso en sentido opuesto a la vía principal.

2.3 OTROS PUNTOS SINGULARES

Existen otros puntos singulares o puntos críticos que no pueden clasificarse dentro de los descritos en los epígrafes anteriores, por no tener una geometría común sobre la que poder hacer recomendaciones genéricas. Sin embargo, sobre estos puntos singulares, se producen igualmente accesos de vehículos en sentido contrario, motivo por el cual se considera necesario incluirlos en el análisis.

A continuación, se va a proceder a ejemplificar esta tipología de accesos indebidos mediante fotografías a las que aplica la siguiente leyenda:

-  Giros permitidos
-  Giros indebidos
-  Trayectorias equivocadas

2.3.1 Intersecciones

Las intersecciones se definen como la zona de confluencia de dos o más vías en la que todos los movimientos se realizan al mismo nivel, convirtiéndose así en una parte esencial de la red viaria que puede dar lugar a la aparición de puntos de conflicto.

En este caso en que las trayectorias de los vehículos concurren en un mismo punto, cobra gran importancia la correcta señalización de los movimientos permitidos y los prohibidos, así como una correcta canalización de los distintos flujos para reducir las posibles situaciones de confusión o despiste por parte de los conductores.

En la Figura 30 se muestran carriles de trenzado de salida para acceder a otras vías que pueden generar confusión respecto a la trayectoria que debe seguir el conductor del vehículo para no acceder en sentido contrario al de circulación.

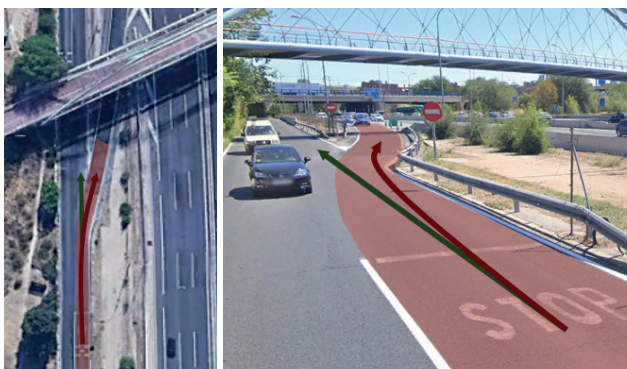


Figura 30. Carril de trenzado desde una vía de alta capacidad a una calle de doble sentido que provoca confusión. Fuente: elaboración propia

Una de las medidas que se podría aplicar para esta problemática, sería reforzar mediante señalización específica de trayectoria y/o señalización esquemática de las posibles salidas, así como visibilizar el STOP mediante pavimento pigmentado, señales luminosas o marca vial de guiado. Del mismo modo, podrían emplearse marcas viales de guía, que indicarían a los conductores cómo se debe realizar una determinada maniobra en la intersección.

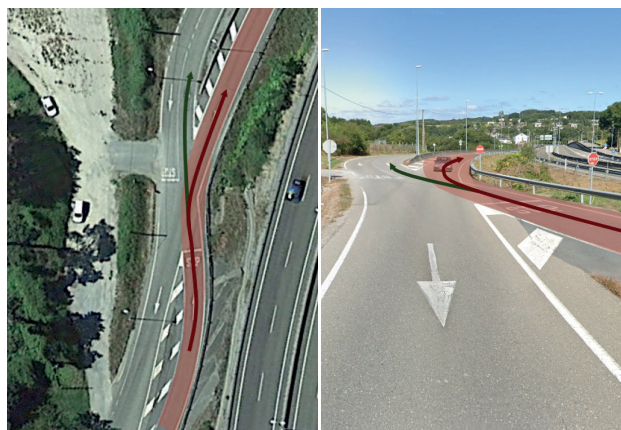


Figura 31. Carretera convencional con cambio de tipo de separación de sentidos. Fuente:Google Earth, 2019

2.3.2 Transiciones de calzada única a calzadas separadas

Las vías convencionales son la tipología de vía más común en la red de carreteras en España. Es por este motivo que la mayoría de los usuarios son conocedores de la correcta circulación en estas vías.

No obstante, existen determinados puntos en los que las edificaciones o los usos característicos de los márgenes de la vía, hacen que sea necesario disponer de una separación física de los sentidos de circulación, con objeto de evitar accesos o giros que puedan suponer un peligro para la seguridad de los usuarios.



Figura 32. Carretera convencional con transición a calzadas separadas. Fuente:Google Earth, 2019

Este tipo de configuraciones podría generar confusión en el usuario y que finalmente acceda en sentido opuesto por considerar que el inicio de separación física de sentidos se trata de una divergencia o bifurcación de la vía a pesar de contar con señalización vertical de prohibido el paso.

Es importante en este tipo de casos, advertir con antelación suficiente al usuario de la vía y reforzar la canalización de los flujos.

2.3.3 Áreas de servicio

Las áreas de servicio son elementos funcionales que forman parte del Dominio Público viario y constituyen la infraestructura o soporte de un servicio público que tiene como fin primordial procurar la comodidad del usuario y el buen funcionamiento de la circulación.

No deben confundirse las áreas de servicio con las estaciones de servicio, siendo los accesos a un área de servicio directos al tronco de la autovía o autopista, mientras que en la estación de servicio, además de no formar parte del Dominio Público de la vía, el acceso se lleva a cabo a través de vías de servicio, enlaces o directo a la carretera convencional.

Las áreas de servicio, al ser generalmente zonas con una explanada de dimensiones considerables, pueden alcanzarse situaciones de escasez de canalización de flujos que induzcan a interpretaciones incorrectas y se realicen maniobras inadecuadas por error.

Este factor, en combinación con la frecuente ausencia o escasa presencia de señalización vertical que indique el correcto sentido de circulación, así como la prohibición del paso, puede provocar el acceso a la vía principal en el sentido contrario de circulación desde los aparcamientos o zonas de repostaje y descanso.

Por este motivo, la señalización vertical debe estar presente y ser perfectamente visible por el usuario del área de servicio, para que se minimice la probabilidad de error involuntario y en su caso se pueda rectificar sin llegar a acceder a la vía principal en sentido contrario.

Por otro lado, la señalización horizontal también es importante para guiar a los conductores en el sentido correcto de circulación y que se reduzcan las posibilidades de duda.

En las siguientes figuras se muestran una serie de ejemplos, principalmente con defecto en la ordenación del tráfico en sus entradas y salidas debido a un uso insuficiente de marcas viales, señalización vertical y balizamiento.

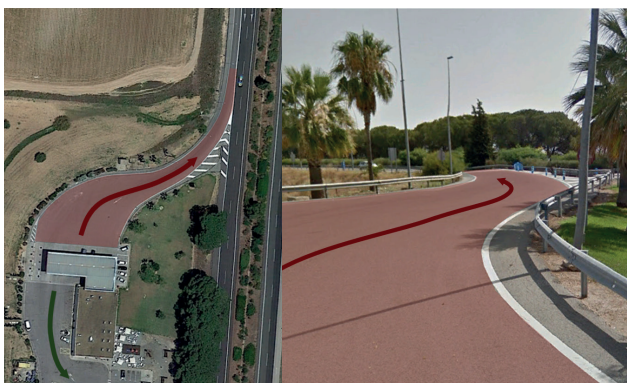


Figura 33. Áreas de servicio con ausencia de señalización vertical. Fuente: Google Earth, 2019



Figura 34. Áreas de servicio con acceso y salidas no canalizadas y con necesidad de refuerzo de señalización vertical. Fuente: Google Earth, 2019

En los accesos y salidas de las áreas de servicio también es importante la ejecución de canalizaciones que eviten que el usuario se reincorpore en el sentido contrario de circulación.



Figura 35. Áreas de servicio con ausencia de marcas viales y carencias de balizamiento. Fuente: Google Earth, 2019

3. MEDIDAS PARA PREVENIR ACVSC

En base al análisis de accidentabilidad realizado y como conclusión del estudio de la problemática asociado a los nudos viarios descritos en apartados anteriores, a continuación, se exponen una serie de medidas que tienen por objeto contribuir a prevenir el acceso de vehículos en sentido contrario al estipulado, mejorando, por ende, la seguridad vial de los usuarios.

En el Anexo A del presente estudio se exponen una serie de medidas para prevenir ACVSC.



MEDIDAS SOBRE LA INFRAESTRUCTURA DE ALERTA AL VSC

- | | | |
|---|---|---------|
| 1 | MEJORA DEL GUIADO CON CAPTAFAROS SOBRE EL PAVIMENTO | Pág. 29 |
| 2 | CAPTAFAROS LED DE REFUERZO DEL GUIADO | Pág. 31 |
| 3 | REFUERZO DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL | Pág. 33 |
| 4 | SEÑALES ACTUADAS INTELIGENTES | Pág. 35 |
| 5 | ELEMENTOS DE SEPARACIÓN DE SENTIDOS EN ENLACES TIPO TROMPETA | Pág. 37 |
| 6 | REFUERZO DE SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO EN GLORIETAS | Pág. 39 |
| 7 | ELEMENTOS DE SEPARACIÓN EN RAMALES Y ACCESOS A VÍAS DE ALTA CAPACIDAD | Pág. 41 |
| 8 | ELEMENTOS DE SEPARACIÓN FÍSICA EN VÍAS CONVENCIONALES | Pág. 43 |

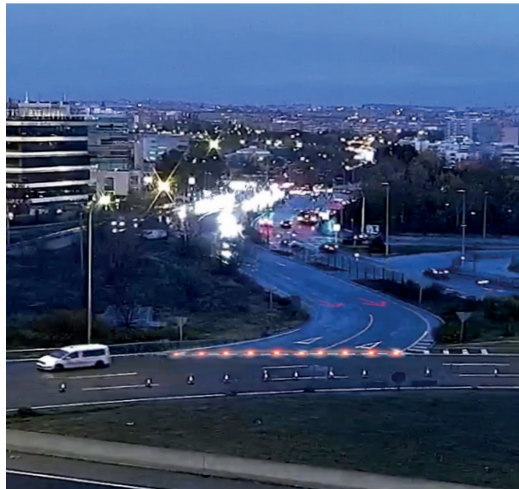


MEDIDAS TECNOLÓGICAS DE ALERTA A LOS USUARIOS

- | | | |
|----|----------------------------------|---------|
| 9 | SISTEMAS DE ALERTA AL USUARIO | Pág. 45 |
| 10 | PLATAFORMA DE VEHÍCULO CONECTADO | Pág. 47 |



1. MEJORA DEL GUIADO CON CAPTAFAROS SOBRE EL PAVIMENTO



¿Qué son los captafaros?

- Son dispositivos de guiado óptico reflectantes de la luz incidente que ayudan al conductor a continuar en el sentido adecuado de circulación y prevenir así el posible acceso en sentido contrario al estipulado.
- Son utilizados generalmente como complemento de las marcas viales, capaces de reflejar la mayor parte de la luz incidente por medio de retrorreflectores a fin de alertar, guiar o informar al usuario del trazado de la carretera.
- Los captafaros están diseñados para su ejecución sobre superficies de asfalto y hormigón, proporcionan una visibilidad efectiva y duradera, particularmente durante la noche y con tiempo húmedo. Están diseñados y fabricados para alcanzar una elevada retrorreflectividad.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- La disposición de captafaros de una sola cara y de color rojo o naranja reflectante, tiene por objeto, en determinadas configuraciones como por ejemplo flechas en sentido contrario o líneas transversales en puntos de conexión, el advertir al usuario de que está accediendo en sentido contrario o a punto de realizar un movimiento no permitido.
- Se colocan tanto para resaltar los límites de los carriles, sentidos de circulación y bordes de calzada como para guiar la circulación. Constituyen una gran ayuda para los conductores y aumentan la seguridad de circulación.
- En el marco de este estudio, los colores de los captafaros rojo o naranja unidos a la disposición en la calzada de estos elementos, permiten alertar al conductor de que está circulando en sentido contrario.

¿Cuándo y dónde se recomienda su ejecución?

- Deben implantarse para prevenir los accesos en sentido contrario reduciendo así la probabilidad de que se produzcan accidentes frontales o frontolaterales por este motivo.
- Los puntos en los que se produce un mayor número de accesos indebidos, se corresponden con las incorporaciones a autovías, autopistas, carreteras secundarias, intersecciones y, en general, accesos con deficiente señalización y balizamiento.

¿Qué debería saber sobre los captafaros retrorreflectantes?

- La disposición de captafaros sobre el pavimento no supone un riesgo para la seguridad vial ya que su contorno no presenta bordes afilados y pueden ser rebasados por los neumáticos sin que exista ningún peligro para los usuarios.
- Es una medida basada en la percepción de la vía por parte del usuario, siendo el efecto visual el que fomenta la reducción de la velocidad de circulación.

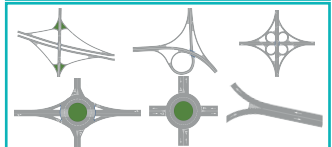
Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



Efectividad



NUDOS VIARIOS DE APLICACIÓN

Referencias

- Enterprise Federal Highways Administration Transportation Pooled Fund Study (2016). "Countermeasures for Wrong-Way Driving on Freeways".
- National Transportation Safety Board (2012). "Wrong-Way Driving. Highway Special Investigation Report". NTSB/SIR-12/01. Washington, DC.
- Zhou, H. & Pour Roucholamin, M. (2014). "Guidelines for Reducing Wrong-Way Crashes on Freeways". Investigation of Contributing Factors Regarding Wrong-Way Driving on Freeways Phase II. Illinois Center for Transportation.



2. CAPTAFAROS LED DE REFUERZO DEL GUIADO



¿Qué son los captafaros?

- Son dispositivos LED de guiado óptico que ayudan al conductor a continuar en la dirección y el sentido adecuado de circulación.
- Son utilizados generalmente como complemento de las marcas viales a fin de alertar, guiar o informar al usuario del trazado de la carretera.
- Los captafaros LED están diseñados para su ejecución sobre superficies de asfalto y hormigón y sobre isletas o barreras, proporcionan una visibilidad efectiva y duradera, particularmente durante la noche y con tiempo húmedo. También pueden ir adheridos a otras superficies, siempre que sean visibles directamente por parte del conductor y no pierdan su funcionalidad.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- La principal función de los captafaros LED con efecto guiado es la de captar la atención del conductor de manera que pueda percibir las características de la carretera con la antelación suficiente para poder realizar las maniobras necesarias.
- Con su utilización se pretende garantizar en todo momento y bajo cualquier condición meteorológica la adecuada visualización del sentido correcto circulación.
- Se busca con su disposición evitar las confusiones por parte de los usuarios y prevenir los accesos en sentido contrario en los puntos críticos, tales como en cierre de ramales o en accesos prohibidos en enlaces, mediante el guiado de la trayectoria.

¿Cuándo y dónde se recomienda su ejecución?

- Deben implantarse en intersecciones y ramales en los que se haya contrastado estadísticamente una especial incidencia de accesos en sentido contrario.
- Los puntos en los que se produce un mayor número de accesos indebidos, se corresponden con las incorporaciones a autovías, autopistas, carreteras secundarias, intersecciones y, en general, accesos con deficiente señalización y balizamiento.

¿Qué debería saber sobre los captafaros LED?

- El captafaro LED ayuda a que se visualicen estos elementos de guiado más que los reflectantes tradicionales, aumentando la seguridad de la circulación vial.
- Es una medida basada en la percepción del usuario de la vía, siendo el efecto visual de guiado del flujo del tráfico el que condicionará el comportamiento del vehículo.

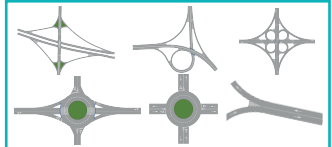
Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



Efectividad



NUDOS VIARIOS DE APLICACIÓN

Referencias

- Enterprise Federal Highways Administration Transportation Pooled Fund Study (2016). "Countermeasures for Wrong-Way Driving on Freeways".
- National Transportation Safety Board (2012). "Wrong-Way Driving. Highway Special Investigation Report". NTSB/SIR- 12/01. Washington, DC.
- Zhou, H. & Pour Roucholamin, M. (2014). "Guidelines for Reducing Wrong-Way Crashes on Freeways". Investigation of Contributing Factors Regarding Wrong-Way Driving on Freeways Phase II. Illinois Center for Transportation.



3. REFUERZO DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y HORIZONTAL



¿Qué es el refuerzo de la señalización vertical y horizontal?

- El refuerzo engloba tanto el conjunto de elementos adicionales sobre lo que estipulan las normativas vigentes como la reiteración en el número de unidades de modo que el usuario pueda percibir el mensaje que se desea destacar con mayor intensidad.
- En la señalización vertical, es común dotar a las señales de un panel rectangular amarillo fluorescente de fondo para mejorar su visibilidad y garantizar que no pasen inadvertidas.
- En la señalización horizontal, es frecuente la delimitación de los carriles mediante cebreados así como la ejecución sobre las marcas viales de resaltos o fresados -guías sonoras- que acompañan el efecto visual de la propia marca vial con el efecto sonoro y de vibración de estos elementos de refuerzo. Además, pueden emplearse captafaros como elementos de intensificación visual en flechas, inscripciones y otras marcas de forma independiente y adicional a su uso habitual como balizamiento.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Permiten alertar o prevenir al conductor de la circulación en sentido contrario independientemente de la causa que origina el movimiento indebido.
- El propósito principal del refuerzo tanto en la señalización vertical como horizontal no es otro que intensificar el mensaje que se quiere transmitir a los usuarios de la vía.
- De forma paralela, estas medidas favorecen la ordenación de la circulación, logrando una mayor fluidez del tráfico y una reducción los puntos de conflicto.

¿Cuándo y dónde debe ser aplicado?

- Debe aplicarse en puntos críticos de conexión o acceso a vías de alta capacidad y en nudos conflictivos en los que se hayan detectado maniobras que finalmente derivaron en incorporaciones en sentido contrario.

¿Qué debería saber sobre el refuerzo de la señalización vertical y horizontal?

- En condiciones de baja visibilidad, el refuerzo tanto de la señalización vertical con fondos fluorescentes como la ejecución de captafaros en flechas o marcas viales, mejora la capacidad del conductor a la hora de identificar la trayectoria correcta a seguir.
- A pesar de que cada nudo viario tiene un entorno particular, con unas condiciones tanto geométricas como de circulación específicas, el refuerzo de la señalización vertical y horizontal potencian en todos los escenarios una mejora en la fluidez del tráfico y una mejora en la seguridad viaria al reducirse los movimientos erráticos y dubitativos.
- Una buena práctica para reforzar la señalización vertical puede ser la disposición de señales en banderola en los accesos, a fin de hacer más evidente la prohibición de entrada. Además, se podría reforzar la señalización en la aproximación a la intersección mediante la instalación de un cartel croquis que permita al conductor conocer con antelación el entorno al que se aproxima.

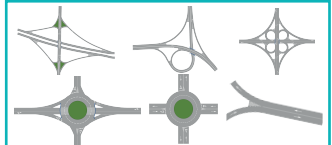
Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



Efectividad



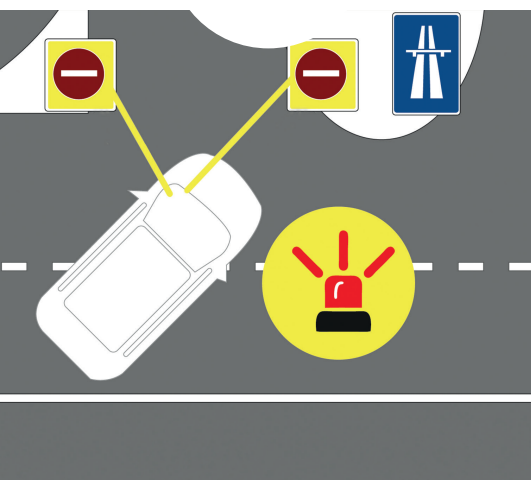
NUDOS VIARIOS DE APLICACIÓN

Referencias

- Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., and Sørensen, M. (2009). "The Handbook of Road Safety Measures, Second Edition". Emerald Group Publishing Limited.
- Gan, A., Shen, J. & Rodríguez, A. (2005). "Update of Florida crash reduction factors and countermeasures to improve the development of district safety improvement projects". Lehman Centre for Transportation Research, Miami, Florida.
- INGARDI (2017). "Glorieta de carriles guiados".
- Nicolás, C. (2017). "Así se circula en las turboglorietas". Tráfico y Seguridad Vial Nº 243.
- Olona, A. L. (2014). "Las < turbo rotondas > y su repercusión en la Seguridad Vial". Centro Zaragoza. Instituto de Investigación sobre Vehículos.
- Queensland Government. "Road Rules for everyday driving".



4. SEÑALES ACTUADAS INTELIGENTES



¿Qué son las señales actuadas inteligentes?

- Son sistemas que permiten reforzar la advertencia cuando se detecta al vehículo accediendo por el ramal incorrecto.
- Las señales actuadas inteligentes detectan la presencia de los vehículos cuando estos atraviesan una determinada sección monitorizada por un sensor radar tipo doppler o infrarrojo, el cual conectado a una señal vertical reforzada con LEDs o a una señal variable, alerta al conductor de su inminente error.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Mediante la activación de la señal, se busca alertar al conductor de que está realizando una maniobra no permitida con una antelación suficiente para que pueda corregir su trayectoria.
- Estos sistemas contribuyen a reducir la probabilidad de que se produzcan accesos en sentido contrario y, consecuentemente, los accidentes causados por VSC.
- Se trata de un tipo de señalización que sólo se activa en los casos en que se detecta el peligro y se dirige a un usuario en concreto, reforzando así la credibilidad de la señalización.

¿Cuándo y dónde se recomienda su ejecución?

- En los puntos en los que se produce un mayor número de accesos indebidos. Principalmente se corresponden con las incorporaciones a autovías, autopistas, carreteras secundarias, intersecciones y, en general, accesos con deficiente señalización y balizamiento.
- Del mismo modo, se recomienda su instalación en puntos críticos en los que se haya detectado falta de claridad en la geometría y/o carencias en cuanto a visibilidad.

¿Qué debería saber sobre la señalización actuada inteligente?

- Puede configurarse de manera que sea un sistema completamente autónomo, dotándolo de un sistema fotovoltaico que permita regular automáticamente la intensidad luminosa en función de la luz ambiental, adaptándose a la visibilidad existente y optimizando el consumo de batería.
- Su activación y desactivación se puede realizar empleando tanto comunicación inalámbrica, como por medio de elementos invasivos tales como espira magnéticas.
- A su vez, es posible conectar estos sistemas con los Centros de Gestión del Tráfico de la DGT y con la plataforma DGT 3.0., instalando un equipo de comunicación GSM/GPRS/UMTS adicional que comunique a tiempo real, y de forma inalámbrica, la incidencia detectada.
- Es común la utilización de estos sistemas para alertar sobre riesgos de diversa naturaleza: avisadores de presencia de ciclistas, avisadores de fauna en la vía, avisadores de zonas escolares, cruces inteligentes, etc.

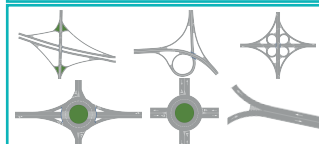
Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



Efectividad



NUDOS VIARIOS DE APLICACIÓN

Referencias

- Enterprise Federal Highways Administration Transportation Pooled Fund Study (2016). "Countermeasures for Wrong-Way Driving on Freeways".
- Simpson, S. A. (2013). "Wrong-Way Vehicle Detection: Proof of Concept". Arizona Department of Transportation (ADOT), Phoenix, AZ.
- Zhou, H. & Pour Roucholamin, M. (2014). "Guidelines for Reducing Wrong-Way Crashes on Freeways". Investigation of Contributing Factors Regarding Wrong-Way Driving on Freeways Phase II. Illinois Center for Transportation.
- Se ha empleado material gráfico proporcionado por Industrias Saludes y por PROINBAL (Proyectos Integrales de Balizamiento S.L.) para las ilustraciones de la presente medida.



5. ELEMENTOS DE SEPARACIÓN DE SENTIDOS EN ENLACES TIPO TROMPETA



¿Qué son los elementos de separación de sentidos en enlaces tipo trompeta?

- Consiste en la separación o delimitación física de los sentidos de circulación en el tramo en el que el ramal semidirecto y el ramal en lazo discurren de forma contigua.
- La separación o delimitación de sentidos de circulación puede realizarse mediante la ejecución de los sistemas de contención más habituales, tales como barreras de hormigón o barreras metálicas de seguridad, así como con elementos de balizamiento tales como balizas cilíndricas, captafaros, etc.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Los elementos de separación física de sentidos en enlace tipo trompeta tienen como principal objetivo evitar las entradas en sentido contrario a la vía principal.
- Si bien los elementos de contención impiden por su naturaleza el acceso en sentido contrario, los elementos de balizamiento constituyen una medida más blanda y su objeto es reducir el riesgo de que esta maniobra se produzca, pero no se impediría.

¿Cuándo y dónde se recomienda su ejecución?

- De forma general, y tal y como se indica en la Orden Circular 32/2012, se recomienda la separación física de sentidos en todos los enlaces tipo trompeta.
- Los elementos de separación física de sentidos de circulación se estiman convenientes para aquellos enlaces en los que existe un mayor riesgo por cuestiones de geometría de la vía, tanto en planta como en alzado.
- Los elementos de delimitación física de sentidos de circulación se recomiendan en aquellos enlaces en los que el trazado es claro, la visibilidad es adecuada y el riesgo aparente de que se produzca un acceso en sentido contrario es bajo.

¿Qué debería saber sobre los accesos en sentido contrario en enlaces tipo trompeta?

- Según un estudio de la FHWA realizado en Michigan, el 11,5% de los vehículos en sentido contrario que se vieron involucrados en accidentes, accedieron a través de un enlace tipo trompeta. Este análisis aplicado a las carreteras objeto de estudio en España, arroja un porcentaje del 20% de VSC accediendo a través de este tipo de enlaces.
- Las investigaciones realizadas por la Universidad de Iowa reportan que los enlaces tipo trompeta con dimensiones reducidas pueden confundir y desorientar a los conductores.

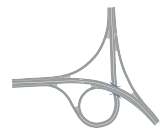
Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



Efectividad



NUDOS VIARIOS DE APLICACIÓN

Referencias

- Abatan, O. (2017) "Safety analysis of interchange functional areas". Iowa State University.
- C. Erginbas & C. Fordham (2016). "Investigating the Requirement for Median Safety Barriers on Loop Ramps".
- Joyce E. Copelan (1989). "Prevention of Wrong-Way Accidents on Freeways". Report No. FHWA/CA-TE-89-2.
- Moler, S. (2002) "Stop. You are Going the Wrong Way!". Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Morena, A., Leix, T. (2012) "Where these drivers went wrong".
- Orden Circular 32/2012 (2012). "Guía de Nudos Viarios". Ministerio de Fomento.



6. REFUERZO DE SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO EN GLORIETAS



¿Qué son los elementos de refuerzo de señalización y balizamiento en accesos a glorietas?

- El refuerzo de la señalización y balizamiento en glorietas es el conjunto de elementos de advertencia y guiado que pretenden indicar, con la antelación suficiente y necesaria, la trayectoria correcta a seguir en estos nudos viarios.
- La señalización vertical puede reforzarse mediante la disposición de señales con fondo fluorescente u otro tipo de señalización específica de fácil interpretación por parte de los usuarios de la vía.
- La señalización horizontal, mediante la clara delimitación de los carriles y la intensificación de las deflexiones mediante cebreados, permite reforzar el correcto guiado de la circulación.
- El balizamiento, por su naturaleza y su función, sirve como refuerzo de la señalización tanto vertical como horizontal, permitiendo delimitar de forma física tanto los sentidos de circulación como facilitar la canalización de los accesos.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Tiene por objeto intensificar el mensaje a transmitir a los usuarios de la vía de modo que se minimicen las posibles confusiones que puedan derivar en accesos involuntarios en sentido contrario.
- Permite disuadir con antelación al conductor de la incorporación en sentido contrario al estipulado.
- La mayor claridad para el usuario redundará en una mejora de la ordenación de los movimientos y como consecuencia del flujo de circulación.

¿Cuándo y cómo debe ser aplicado?

- En glorietas en las que el trazado pueda llevar a confusión. El refuerzo ha de disponerse tanto en el acceso a las mismas como en las salidas del anillo de circulación.
- Se ejecutarán en glorietas que hayan sido identificadas como puntos conflictivos en relación al acceso y circulación de vehículos en sentido opuesto, provocado tanto por la falta de claridad en las indicaciones como por carencias de diseño geométrico de las propias glorietas. Del mismo modo, se ejecutarán también en las glorietas en las que su diseño coincida con los parámetros identificados en el punto anterior como problemáticos.

¿Qué debería saber sobre los elementos de refuerzo de señalización y balizamiento en accesos a glorietas?

- El refuerzo combinado de la señalización y balizamiento en los accesos a glorietas es más efectivo a la hora de prevenir los accesos de vehículos en sentido contrario.
- Del mismo modo, existen actuaciones tales como la ejecución de bordillos en isletas, que si bien a priori resultan ligeramente más agresivas, contribuyen, de forma similar al balizamiento, a delimitar la trayectoria de los usuarios de forma efectiva. Estas actuaciones deberán estar reforzadas con elementos de guiado óptico y su desnivel en caso de impacto no debe suponer un riesgo para la seguridad vial de los usuarios.

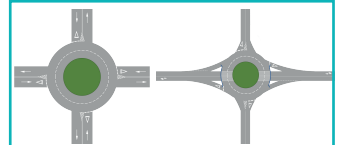
Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



Efectividad



NUDOS VIARIOS DE APLICACIÓN

Referencias

- INGARDI (2017). "Glorieta de carriles guiados".
- MOPU - Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (1989). "Recomendaciones sobre glorietas".
- Olona, A. L. (2014). "Las <turbo rotondas> y su repercusión en la Seguridad Vial". Centro Zaragoza. Instituto de Investigación sobre Vehículos.
- Servicio de Seguridad Vial. Dirección General de Transportes y Logística. (2015). "Recomendaciones sobre dimensionamiento, señalización y balizamiento de glorietas". Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medioambiente. Generalitat Valenciana.



7. ELEMENTOS DE SEPARACIÓN EN RAMALES Y ACCESOS A VÍAS DE ALTA CAPACIDAD



¿Qué son los elementos de separación en ramales y accesos a vías de alta capacidad?

Cabe diferenciar dos tipos: guías sonoras fresadas y elementos físicos de separación:

- Por una parte, las guías sonoras fresadas son pequeñas hendiduras en el firme que al ser rebasadas por el neumático del vehículo alertan sobre una posible salida de la vía.
- Por otra parte, los elementos físicos de separación consisten en barreras o elementos de balizamiento que delimitan las zonas que no deben ser atravesadas por los vehículos.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Las guías sonoras fresadas alertan al conductor, mediante sonido y vibración del abandono involuntario del carril de circulación, proporcionando un tiempo añadido de respuesta en el que poder corregir la trayectoria del vehículo. De igual modo, y de aplicación al caso de estudio, pueden alertar del cambio de circulación del ramal de entrada a la vía principal o viceversa.
- Los elementos físicos de separación favorecen la identificación de la trayectoria correcta de circulación, canalizando el tráfico y dificultando la invasión del sentido contrario.

¿Cuándo y cómo debe ser aplicado?

- Las guías sonoras deben ejecutarse en los puntos en los que se desea alertar al conductor de un cambio inadecuado en su trayectoria. Es habitual su disposición en borde o en eje, sobre marcas viales, medianas o arcén. Con objeto de advertir a los VSC en los accesos a vías de alta capacidad, se recomienda su disposición sobre el eje en ramales.
- En cuanto a los elementos de separación física, deben implantarse en aquellos tramos de vía cuyo trazado pueda generar dudas acerca del sentido de circulación de los carriles, tramos de visibilidad reducida y puntos singulares de confluencia de tráfico. Se recomienda emplear barreras rígidas de hormigón o balizas cilíndricas en función del espacio disponible en la vía y del riesgo de que se produzca una maniobra incorrecta.

¿Qué debería saber sobre los elementos de separación en ramales y accesos a vías de alta capacidad?

- Son medidas hápticas, basadas en la percepción sensorial (vibración y ruido) del conductor, siendo estos mensajes los que condicionan las decisiones finales de los conductores.
- Las distintas soluciones descritas pueden clasificarse en función del grado de protección que se deba proporcionar. Las guías sonoras conforman la medida menos agresiva, seguidas de las balizas cilíndricas, elementos visuales que no ofrecen gran resistencia a los impactos y, por último, de las barreras rígidas de hormigón, las cuales suponen un elemento infranqueable.
- Las guías sonoras fresadas se caracterizan por una mayor intensidad de alerta sobre el conductor que las marcas con pintura extruída, especialmente en el caso de autobuses y vehículos pesados.

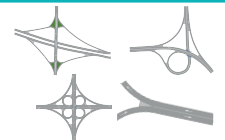
Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



Efectividad



NUDOS VIARIOS DE APLICACIÓN

Referencias

- Alluri, P., Haleem, K. & Gan, A. (2013). "In-service performance evaluation (ISPE) for G4 (15) type of strong-post W-beam guardrail system and cable median barrier: volume II". Florida Department of Transportation, Tallahassee, FL, USA.
- Austroads (2010). "Road safety engineering risk assessment: part 6: crash reduction factors". AP-T151-10, Austroads, Sydney, NSW.
- Austroads (2016). "Guidance on Median and Centreline Treatments to Reduce Head-on Casualties". AP-519-16, Sydney, NSW.
- Borrador Orden Circular ***/2011. (2011). "Recomendaciones sobre balizamiento de carreteras". Ministerio de Fomento.
- Dirección General de Tráfico (2018). "Instrucción 18/TV-102: Guías sonoras longitudinales fresadas". Ministerio del Interior.
- J.B. Cicchino (2017). "Effect of lane departure Warning on Police Reported Crash Rates". Insurance Institute for Highway Safety.
- M. Khan, A. Abdel-Rahim, C. J. Williams (2015). "Potential crash reduction benefits of shoulder rumble strips in two-lane rural highways".



8. ELEMENTOS DE SEPARACIÓN FÍSICA EN VÍAS CONVENCIONALES



¿Qué son los elementos de separación física en vías convencionales?

- Los elementos físicos de separación en vías convencionales consisten en barreras o balizas, instalados en la plataforma de la carreteras, que delimitan los sentidos de circulación y por tanto, impiden o disuaden el franqueamiento por parte de los vehículos.
- La barrera rígida de hormigón es un dispositivo de contención de vehículos formado por piezas prismáticas, con perfiles transversales específicos, que se encarga de encauzar a los vehículos que impactan contra ella.
- Las balizas son elementos de balizamiento, generalmente cilíndricos, pudiendo ser también planos o curvos, dotados de dos franjas retrorreflectantes que aumentan su visibilidad.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Mediante la instalación de elementos de separación física se consigue el refuerzo de la canalización de los flujos de tráfico, evitando o desalentando la incorporación de un vehículo en sentido contrario de circulación.
- Permite advertir al conductor de la existencia de flujos de tráfico en sentido contrario en el carril contiguo, así como mejorar la percepción del trazado de la vía por parte del conductor.

¿Cuándo y cómo debe ser aplicado?

- Cuando las características de la vía determinen la existencia de un riesgo que derive en la incorporación errónea en sentido contrario de circulación, como zonas visibilidad reducida en curvas u otros puntos singulares de la carretera.
- Los elementos de separación física deben instalarse sobre el pavimento en la calzada, centrados sobre las marcas viales y separando los dos flujos de circulación.
- En caso de existir cebreado central de transición de mediana, es imprescindible que se balice para mejorar la percepción de la transición. Se recomienda complementar el balizamiento con la colocación de la señal de sentido obligatorio.

¿Qué debería saber sobre los elementos de separación física en vías convencionales?

- Las dos soluciones descritas pueden clasificarse en función del grado de protección que se deba proporcionar. Las balizas cilíndricas consisten en elementos visuales que no ofrecen gran resistencia a los impactos mientras que las barreras rígidas de hormigón presentan el mayor grado de contención, tratándose de un elemento infranqueable.
- La instalación de los elementos de separación física deberán ir reforzados con señalización vertical que permita advertir con antelación suficiente al conductor ante un cambio en la configuración de la vía por la que circula. Es recomendable que la señalización, tanto de advertencia de peligro de circulación en ambos sentidos como la de prohibido el acceso, se repita, para ejercer como recordatorio sobre el conductor.
- El refuerzo con señalización horizontal en el entorno de la transición se podrá llevar a cabo con flechas direccionales sobre cada carril y/o empleo de captafaros con el fin de mejorar el efecto de guiado.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



Efectividad



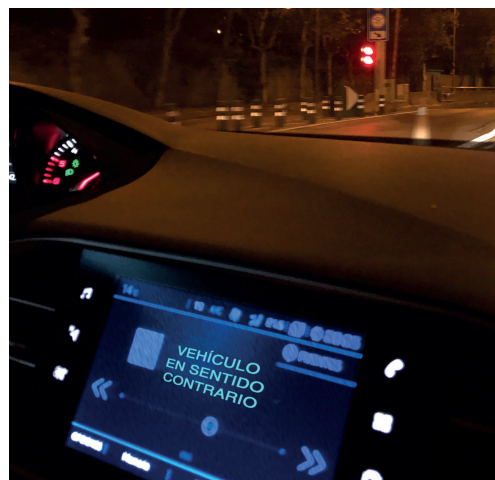
NUDOS VIARIOS DE APLICACIÓN

Referencias

- Austroads (2010). "Road safety engineering risk assessment: part 6: crash reduction factors". AP-T151-10, Austroads, Sydney, NSW.
- Borrador Orden Circular ***/2011. (2011). "Recomendaciones sobre balizamiento de carreteras". Ministerio de Fomento.
- Direcció General de Transports i Logística (2012). "Estudio de Transiciones de la Red de Carreteras de la Generalitat Valenciana". Subdirecció de Planificació, Logística i Seguretat, Generalitat Valenciana.
- J.B. Cicchino (2017). "Effect of lane departure Warning on Police Reported Crash Rates". Insurance Institute for Highway Safety.



9. SISTEMAS DE ALERTA AL USUARIO



¿Qué son los sistemas de alerta al usuario?

- Son sistemas de diversa naturaleza (equipamiento físico, comunicaciones inalámbricas, etc.) que permiten detectar, comunicar e informar al usuario acerca de una incidencia en la vía.
- La detección de gran parte de las de las incidencias en carretera se realiza por medio de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) que transmiten la información del suceso al Centro de Gestión de Tráfico correspondiente. Una vez verificada la incidencia, se procede a informar al usuario.
- La alerta al usuario se puede realizar, por ejemplo, a través de Paneles de Mensaje Variable, equipos diseñados para informar al usuario mediante pictogramas y/o mensajes alfanuméricos.
- Del mismo modo, también es posible proporcionar esta información empleando las emisoras de radio, retransmitiendo el mensaje en tiempo real y de forma simultánea.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Alertar a los usuarios acerca de una incidencia en la vía, como por ejemplo la circulación de un vehículo en sentido contrario, para que puedan extremar las precauciones y tomar las medidas oportunas.
- Mejorar la seguridad vial y minimizar las consecuencias de las posibles eventualidades en la vía.

¿Cuándo y dónde se recomienda su ejecución?

- En vías de alta capacidad en las que se disponga de equipamiento ITS y cobertura adecuada tanto para la detección como para la comunicación de las incidencias.
- En tramos críticos en los que se haya detectado de forma previa la circulación de vehículos en sentido contrario.

¿Qué debería saber sobre los sistemas de alerta a los usuarios?

- Es esencial la agilidad en el proceso de detección, verificación y alerta al usuario en este tipo de escenarios. Una información rápida, precisa y de calidad puede contribuir a evitar accidentes.
- De forma análoga a la detección del evento, el sistema de alerta es capaz de registrar a través de LPRs las matrículas de los infractores para su sanción -independientemente de que se produzca o no un accidente-.
- Si bien los sistemas de alerta descritos en apartados anteriores son los que se utilizan principalmente en la actualidad, la plataforma DGT 3.0, permitirá la comunicación de forma directa con los usuarios de la vía mediante la utilización de la red de telefonía móvil.

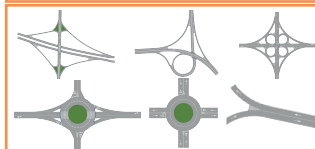
Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



Efectividad



NUDOS VIARIOS DE APLICACIÓN

Referencias

- Enterprise Federal Highways Administration Transportation Pooled Fund Study (2016). "Countermeasures for Wrong-Way Driving on Freeways".
- Simpson, S. A. (2013). "Wrong-Way Vehicle Detection: Proof of Concept". Arizona Department of Transportation (ADOT), Phoenix, AZ.
- Zhou, H., Zhao, J., Fries, R., Gahroei, M. R., Wang, L., Vaughn, B., Bahaaldin, K., and Ayyalasomayajula, B. Illinois (2012). "Investigation of Contributing Factors Regarding Wrong-Way Driving on Freeways". Center for Transportation, Rantoul, IL.
- Zhou, H. & Pour Roucholamin, M. (2014). "Guidelines for Reducing Wrong-Way Crashes on Freeways". Investigation of Contributing Factors Regarding Wrong-Way Driving on Freeways Phase II. Illinois Center for Transportation.



10. PLATAFORMA DE VEHÍCULO CONECTADO



¿En qué consiste el V2I y DGT 3.0?

- La comunicación V2I (Vehicle To Infrastructure) es un modelo de interacción cooperativa que permite conocer de forma exacta el estado e incidencia del tráfico y la ubicación y situación de los vehículos que circulan por las vías.
- DGT 3.0. es la plataforma tecnológica impulsada por la Dirección General de Tráfico por medio de la cual todos los actores implicados en la movilidad podrán estar conectados, intercambiando información de tráfico en tiempo real y permitiendo así unos desplazamientos más seguros e inteligentes.
- Tanto la comunicación V2I como la plataforma DGT 3.0 permiten avanzar hacia una conducción cada vez más conectada, autónoma, segura y sostenible.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- El objeto de la comunicación V2I es proporcionar a los usuarios avisos en tiempo real sobre condiciones existentes en la infraestructura, tales como el estado de la carretera, congestión de tráfico, accidentes, zonas con obras, disponibilidad de aparcamientos, etc.
- Detrás de la plataforma DGT 3.0. hay un único objetivo que es la consecución de los objetivos de la "Visión Cero" como base para conseguir una movilidad segura y sostenible. A mayor número de usuarios conectados que decidan interactuar en la plataforma, mayor información se generará en tiempo real para tomar mejores decisiones que permitan circular en un entorno de movilidad más seguro.

¿Cuándo y dónde se recomienda su aplicación?

- El caso de uso aplicable a autovías y autopistas para alertar de vehículos circulando en sentido contrario es viable gracias a una plataforma como DGT 3.0 que pone a disposición de todos los usuarios este evento de seguridad vial y de alto interés general. Esto es posible sin la instalación de infraestructura de comunicaciones adicional o dispositivos en carretera, ya que podrá garantizarse gracias a una extensión de la cobertura de telefonía móvil en las vías de alta capacidad.
- No obstante, la finalidad tanto de las conexiones V2I como de la plataforma tecnológica de la DGT es conectar el mayor número de kilómetros de carretera posible, con lo que cuanto mayor sea su ámbito de aplicación, más seguros serán los desplazamientos.

¿Qué debería saber sobre el vehículo conectado:V2I y DGT 3.0?

- DGT 3.0 es una de las componentes del proyecto de ecosistema Data Road Safety (Datos para la Seguridad Vial) en el que está implicada España, junto con otros estados miembros de la Unión Europea (UE), fabricantes de automóviles, proveedores de servicios de información de tráfico y autoridades de tráfico.
- La DGT, en cumplimiento del Acto Delegado de la Acción c) de la Directiva Europea 2010/40 UE de 7 de Julio de 2010, ha desarrollado y puesto en servicio el PAN (Punto de Acceso Nacional de Tráfico y Movilidad) en el que se comparten en abierto todos los incidentes e información de tráfico relevante para la movilidad segura. Gracias a este servicio es posible poner a disposición de todos los usuarios de las vías cualquier incidente, evento o información que podrán recibir en dispositivos incorporados en su propio vehículo o en sus aplicaciones de navegación o movilidad frecuentes.

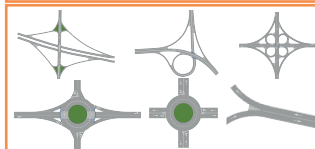
Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



Efectividad



NUDOS VIARIOS DE APLICACIÓN

Referencias

- Dirección General de Tráfico (2021). "España consolida su liderazgo en el vehículo conectado al participar en la iniciativa Data for Road Safety". Ministerio del Interior.
- National Transportation Safety Board (2012). "Wrong-Way Driving. Highway Special Investigation Report". NTSB/SIR-12/01. Washington, DC.
- Zhou, H., Zhao, J., Fries, R., Gahrooei, M. R., Wang, L., Vaughn, B., Bahaalain, K., and Ayyalasomayajula, B. Illinois (2012). "Investigation of Contributing Factors Regarding Wrong-Way Driving on Freeways". Center for Transportation, Rantoul, IL.

- Abatan, O. (2017) "Safety analysis of interchange functional areas". Iowa State University.
- Adrian Sandt (2015). "Wrong-Way Driving Prevention: Incident Survey Results and Planned Countermeasure Implementation in Florida". PI. University of Central Florida.
- Alluri, P., Haleem, K. & Gan, A. (2013). "In-service performance evaluation (ISPE) for G4 (1S) type of strong-post W-beam guardrail system and cable median barrier: volume II". Florida Department of Transportation, Tallahassee, FL, USA.
- Austrroads (2010). "Road safety engineering risk assessment: part 6: crash reduction factors". AP-T151-10, Austrroads, Sydney, NSW.
- Austrroads (2016). "Guidance on Median and Centreline Treatments to Reduce Head-on Casualties". AP-519-16, Sydney, NSW.
- Borrador Orden Circular ***/2011. (2011). "Recomendaciones sobre balizamiento de carreteras". Ministerio de Fomento.
- C. Erginbas & C. Fordham (2016). "Investigating the Requirement for Median Safety Barriers on Loop Ramps".
- Christopher Monsere, P.E., Sirisha Kothuri, Ali Razmpa (2017). "Wrong way driving analysis and recommendations". Portland State University Department of Civil and Environmental Engineering PO Box 751 Portland, OR 97207-0751.
- Direcció General de Transports i Logística (2012). "Estudio de Transiciones de la Red de Carreteras de la Generalitat Valenciana". Subdirecció de Planificació, Logística i Seguretat, Generalitat Valenciana.
- Direcció General d'Infraestructures de Mobilitat Terrestre (2015). "Instrucció DGIMT/2015 sobre l'impuls de mesures de prevenció de l'accés en sentit contrari a la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya". Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya.
- Dirección General de Tráfico (2018). "Instrucción 18/TV-102: Guías sonoras longitudinales fresadas". Ministerio del Interior.
- Dirección General de Tráfico (2021). "España consolida su liderazgo en el vehículo conectado al participar en la iniciativa Data for Road Safety". Ministerio del Interior.
- Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., and Sørensen, M. (2009). "The Handbook of Road Safety Measures, Second Edition". Emerald Group Publishing Limited.
- Enterprise Federal Highways Administration Transportation Pooled Fund Study (2016). "Countermeasures for Wrong-Way Driving on Freeways".
- Florida State University (2015). "Driving Simulator Studies of the Effectiveness of Countermeasures to Prevent Wrong-Way Crashes – recommendations". Department of Psychology.
- Gan, A., Shen, J. & Rodriguez, A. (2005). "Update of Florida crash reduction factors and countermeasures to improve the development of district safety improvement projects". Lehman Centre for Transportation Research, Miami, Florida.
- INGARDI (2017). "Glorieta de carriles guiados".
- J.B. Cicchino (2017). "Effect of lane departure Warning on Police Reported Crash Rates". Insurance Institute for Highway Safety.
- Joyce E. Copelan (1989). "Prevention of Wrong-Way Accidents on Freeways". Report No. FHWA/CA-TE-89-2.
- M. Khan, A. Abdel-Rahim, C. J. Williams (2015). "Potential crash reduction benefits of shoulder rumble strips in two-lane rural highways".
- Moler, S. (2002). "Stop. You are Going the Wrong Way!". Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- MOPU - Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (1989). "Recomendaciones sobre glorietas".
- Morena, A., Leix, T. (2012) "Where these drivers went wrong".
- National Transportation Safety Board (2012). "Wrong-Way Driving. Highway Special Investigation Report". NTSB/SIR- 12/01. Washington, DC.
- Nicolás, C. (2017). "Así se circula en las turboglorietas". Tráfico y Seguridad Vial N° 243.
- Olona, A. L. (2014). "Las <turbo rotondas> y su repercusión en la Seguridad Vial". Centro Zaragoza. Instituto de Investigación sobre Vehículos.
- Orden Circular 32/2012 (2012). "Guía de Nudos Viarios". Ministerio de Fomento.
- Páez, J. & Furones, A. (2016). "Sistemas de frenado de emergencia autónomos". Unidad de investigación de accidentes. INSIA - UPM.
- Potts, I., Studds, J., Pfefer, R., Neuman, T., Slack, K., and Hardy, K. (2004). "A Guide for Reducing Collisions Involving Older Drivers". National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.
- Queensland Government. "Road Rules for everyday driving".
- Servicio de Estadística. Observatorio Nacional de Seguridad Vial (2019). Anuarios estadísticos de accidentes 2010 a 2018. Dirección General de Tráfico.
- Servicio de Seguridad Vial. Dirección General de Transportes y Logística. (2015) "Recomendaciones sobre dimensionamiento, señalización y balizamiento de glorietas". Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medioambiente. Generalitat Valenciana.
- Simpson, S. A. (2013). "Wrong-Way Vehicle Detection: Proof of Concept". Arizona Department of Transportation (ADOT), Phoenix, AZ.
- Vicedo, P. (2007). "Preventing and Managing Ghost-Driver Incidents: The French Experience". Tollways Autumn 2007 (IBTTA)."
- Zhou, H., Zhao, J., Fries, R., Gahrooei, M. R., Wang, L., Vaughn, B., Bahaaldin, K., and Ayyalasomayajula, B. Illinois (2012). "Investigation of Contributing Factors Regarding Wrong-Way Driving on Freeways". Center for Transportation, Rantoul, IL.
- Zhou, H. & Pour Roucholamin, M. (2014). "Guidelines for Reducing Wrong-Way Crashes on Freeways". Investigation of Contributing Factors Regarding Wrong-Way Driving on Freeways Phase II. Illinois Center for Transportation."



Dirección General de Tráfico

Calle Josefa Valcárcel, 28

28071, Madrid

www.dgt.es

Dirección del trabajo

Ana I. Blanco Bergareche

Pedro Tomás Martínez



www.tekia.es

www.iceacsa.com

Equipo de trabajo

Gema Leiro García

David I. Freire Fernández

Alba Souto Amigo

Maquetación y diseño

Alejandra Ágreda Añover

Ministerio del Interior

NIPO: 128-21-001-8

Depósito Legal: M-19402-2021

