

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

VARIABLES DEFINITORIAS DE LAS GLORIETAS Y SU INCORPORACIÓN A LAS ESPECIALIDADES CIENTÍFICAS

ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS Y FACTORES DEFINITORIOS DE LAS GLORIETAS Y METODOLOGÍAS DE APLICACIÓN EN LOS PROCESOS DE MEJORA DE DISEÑO Y DISMINUCIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO

AUTOR: Jordi XIQUÉS TRIQUELL

DIRECTOR: Dr. Pedro R. MONDELO

DOCTORAT EN ADMINISTRACIÓ I DIRECCIÓ D'EMPRESES

DEPARTAMENT D'ORGANITZACIÓ D'EMPRESES (DOE)

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA INDUSTRIAL DE BARCELONA (ETSEIB)

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, BARCELONA TECH (UPC)

BARCELONA, OCTUBRE 2015

RESUMEN

Esta investigación pretende enumerar, clasificar y validar las variables que definen una glorieta desde el punto de vista geométrico, dinámico, de prevención y seguridad viaria, en el marco general de la influencia en la seguridad vial de los riesgos de las intersecciones.

A partir de las instrucciones técnicas y normativa española sobre glorietas, se ha realizado una primera relación de variables definitorias de las mismas. Se ha propuesto una primera relación en exceso de las variables para llevar a cabo su validación posterior, en la cual se han añadido o eliminado aquellas variables que no tenían aplicación en los protocolos de investigación en el ámbito de este estudio.

Estas variables iniciales se han validado mediante distintas herramientas como son las normativas internacionales, publicaciones científicas, auditorías de seguridad vial, estudios en profundidad llevados a cabo por la O.C.D.E. (in depth investigations) o dictámenes sobre reconstrucción de accidentes mortales en glorietas.

Tras la validación se ha elaborado la relación de variables finales que posteriormente se han incorporado en unos protocolos de diferentes especialidades científicas, cuya inclusión en dichos protocolos puede contribuir a una mejora de la seguridad vial.

En futuras investigaciones, esta relación de variables finales podría pasar a ser la relación de variables iniciales, incorporando nuevas variables y retroalimentando así el sistema.

Los resultados obtenidos consisten en:

- Un compendio sistematizado de variables, parámetros y factores intervinientes en la definición y funcionalidad de las glorietas, para su posible utilización en el desarrollo de investigaciones y proyectos en las distintas especialidades científicas.
- Elaboración y mejora de los protocolos para la recogida de información en las glorietas y su aplicación en la planificación, gestión del tráfico y seguridad vial en las glorietas, extensible a los demás campos que puedan confluir dentro de la seguridad vial.

La obligada ordenación sistemática de los parámetros definitorios de las glorietas que se ha llevado a cabo en esta investigación, en relación con el ordenamiento constructivo, la seguridad vial y la fluidez del tráfico, nos permite concluir que puede aportar una mejora en el trabajo de recogida de datos de la accidentalidad y su

posterior análisis, creando un marco de trabajo que contribuya a la reducción de la accidentalidad en las glorietas y extenderlo a otros campos afines de la seguridad vial.

El enfoque holístico de este trabajo confluye con los objetivos marcados por la UNE-ISO 39001: 2013, contribuyendo a organizar un sistema de gestión que permita una mejora continua de las prácticas de gestión de la seguridad vial.

ABSTRACT

This research aims to enumerate, classify and validate the variables defining a roundabout in terms of geometric, dynamic, road-safety and accident prevention.

In the first instance an initial list of variables has been extracted based on the roundabouts Spanish regulation and technical instructions .The process to consolidate the initial list consisted in a first round of variables, which were then validated or subsequently discarded if found to be out of the current scope of research or investigation protocol.

The validation process for the above mentioned variables has used several tools such as the scientific publications, road safety audits, in depth investigations carried by OECD or reconstruction of fatal accidents audits.

After the ratification, a final list of variables has been elaborated. This final compilation has been incorporated into the protocols of several scientific disciplines that may contribute to an improvement on the road-safety.

In further research, this final list of variables might become the initial process, leading to incorporate new variables and contributing the system with feedback.

The achieved results consist in:

- A systematized summary of variables, parameters and factors involved in the definition and functionality of roundabouts for possible use in future research and projects development.
- Elaboration and upgrade of standards to collect information about roundabouts, and its later application in traffic management and road-safety.

This research has performed the revision, targeting, and systematic sorting of the roundabouts defining parameters in relation to the constructive order, road-safety, and its traffic fluidity. We can conclude that it will contribute improving the collection of information regarding accidents and their further analysis, creating a framework which will contribute to reduce accidents in roundabouts.

Als meus pares, Joan i Emilia

Agradecimientos,

A las personas e instituciones que me han ayudado en esta investigación:

Al Servei de Vies Locals de la Diputació de Barcelona, al Servei Català de Trànsit de la Generalitat de Catalunya y al personal de las bibliotecas de la EPSEB, de la ETSEIB y de la ETSCCPB de la Universitat Politècnica de Catalunya.

A Javier Llovera, a Jordi Falgueras y a Julio Iglesias por su aliento en los inicios de este trabajo.

A los revisores externos Josep Bernis y Alfredo García por sus importantes consejos.

Especial agradecimiento a Josep Lluís Pedragosa cuya dilatada y reconocida experiencia en seguridad vial y reconstrucción de accidentes de tráfico ha sido una guía indispensable y a Sonia Loewe que me ha releído, aconsejado y apoyado en todo momento.

A mi mujer María José y a mi hijo Joel por su paciencia y su fuerza.

Y a Pedro Mondelo, mi Director de Tesis por su lúcido enfoque en la especialidad de organización de empresas.

ÍNDICE

PREÁMBULO	III
1. MARCO CONCEPTUAL	1
1.1 Aproximación tipológica y criterios en la implantación de glorietas	3
1.2 Las glorietas: concepto moderador de la circulación	10
1.3 Accidentalidad en glorietas. Visión comparada	11
1.4 Recuento estimado de glorietas en Cataluña en el año 2010	15
1.4.1 Prospección en carreteras de la diputación de Barcelona 2010	16
2. INTRODUCCIÓN	21
2.1 Delimitación del campo de trabajo	23
2.1.1 Delimitación tipológica: glorietas periurbanas e interurbanas	28
2.1.2 Delimitación geográfica: red de carreteras de Cataluña	32
2.2 Estado del arte	35
2.2.1 Tesis y tesinas	35
2.2.2 Artículos científicos	36
2.2.3 Instrucciones técnicas de carreteras sobre el diseño y características de las glorietas	38
2.2.4 Situación actual	40
2.2.5 Fuentes de información	40
2.3 Objetivos y resultados esperados	45
2.3.1 Objetivos de la tesis	46
2.3.1.1 Objetivo principal	46
2.3.1.2 Objetivos secundarios	47
2.3.2 Resultados esperados	50
2.4 Hipótesis de trabajo	51
2.5 Metodología e instrumentos para contrastar las hipótesis de trabajo	55
2.5.1 Propuesta de definición, clasificación y nomenclatura de las variables iniciales definitivas de las glorietas	55
2.5.2 Selección y validación de las variables que intervienen en los protocolos de investigación de las infraestructuras viarias	58
2.5.2.1 Herramienta 1: validación mediante publicaciones científicas internacionales	59
2.5.2.2 Herramienta 2: aplicación de variables en especialidades prioritarias	59
2.5.2.3 Herramienta 3: aplicación de variables en especialidades complementarias	61
2.5.3 Relación de variables definitivas. Aplicación en protocolos específicos de glorietas. Retroalimentación del sistema	63

3. PROPUESTA DE VARIABLES INICIALES	65
3.1 Variables iniciales. Elección y justificación	67
3.1.1 Bloques temáticos: su clasificación	67
3.1.2 Capítulos: justificación de contenidos	69
3.1.3 Variables genéricas.	71
3.1.4 Variables específicas. Detalle de cuestiones e ítems	81
Bloque A: variables generales	81
Bloque B: variables dinámicas: el tráfico	95
Bloque C: variables estáticas: geometría y señalización	107
Bloque D: variables preventivas: la seguridad	169
4. VALIDACIÓN DE LAS VARIABLES INICIALES Y JUSTIFICACIÓN DE NUEVAS VARIABLES	179
4.1 Validación variables iniciales bloque A. Variables definitivas	183
4.2 Validación variables iniciales bloque B. Variables definitivas	197
4.3 Validación variables iniciales bloque C: Variables definitivas	209
4.4 Validación variables iniciales bloque D. Variables definitivas	245
5. RELACIÓN DE VARIABLES DEFINITIVAS	275
6. PRODUCTOS PARA EL DESARROLLO DE LAS ESPECIALIDADES CIENTÍFICAS	279
6.1 Productos prioritarios	283
6.1.1 Auditorías de seguridad vial	283
6.1.2 Investigación de accidentes en profundidad	287
6.2 Productos complementarios	288
6.2.1 Cuestionario estadístico de accidentes en glorietas	288
6.2.2 Encuesta laboral-vial	290
6.2.3 Reconstrucción de accidentes de tráfico	291
7. CONCLUSIONES	293
8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	301
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	305
10. ANEXOS	
10.1 Anexo 1: Relación de variables finales	315
10.2 Anexo 2: Tablas Bloque D	389
10.3 Anexo 3: Carpeta cuestionario accidente	443
10.4 Anexo 4: Encuesta laboral-vial	461

PREÁMBULO

Cabe destacar tres conceptos en los que se enmarca el presente trabajo y que han conformado el hilo conductor de esta investigación:

- I. Visión Cero como objetivo de cero muertos en accidente de tráfico que se ha impuesto la Unión Europea para el 2050 después de reducir a la mitad los muertos entre el 2000 y el 2010 y de haberse impuesto (y estar cumpliéndolo) otra reducción del 50% en los muertos del 2010 al 2020, objetivos éstos que en los demás continentes (incluido USA) están muy lejos de alcanzar a pesar de los intentos de la OMS (ONU) de priorizar la seguridad vial como uno de los ejes preferentes, junto a los aspectos medioambientales, de interés social y de calidad de vida de los ciudadanos del mundo.

La Visión Cero europea se plantea para el 2050 a la vista de la paralización de la disminución de la mortalidad en los 7 países más avanzados en la UE (por este orden: Suecia, UK, Holanda, Irlanda, Dinamarca, Noruega y Finlandia) en los indicadores de muertos por millón de habitantes. Estos países se han mostrado políticamente tímidos en el abordaje de medidas efectivas en las acciones tendentes a la obtención, revisión y revocación del permiso de conducir relacionados de manera directa con las condiciones, comportamientos, hábitos y actitudes de los conductores, y también en la mejora de la investigación sobre los aspectos clave de la vía (intersecciones) o del vehículo (tacógrafos en vehículos particulares), sobre los que las grandes empresas no dan facilidades para aplicar las medidas preventivas innovadoras que serían precisas para combatir las situaciones de riesgo generadoras de accidentes graves.

La Visión Cero puede ser discutible, como concepto teóricamente utópico, pero no se le puede negar que como objetivo y como horizonte para marcar unas pautas de acción preventiva en la seguridad vial de futuro es un eslabón importantísimo, que obliga a acelerar las actuaciones y salir de las situaciones actuales de no progresión en los descensos de los países líderes mundiales hasta la fecha.

- II. España y Cataluña en particular, ha sido elegido marco territorial de referencia para esta investigación, porque dentro de los análisis de evolución de la mortalidad de tráfico en Europa, Cataluña ha sido el territorio que ha disminuido en los últimos años en mayor proporción su mortalidad¹ en accidentes de circulación, superando el conseguido en España, lo que la posiciona como referente internacional en niveles similares a países considerados referentes en esta materia como Alemania, Países Bajos, Reino Unido y Suecia.

En las acciones emprendidas entre el 2000 y el 2010 cumplió con los objetivos de disminución del 50% de muertos en tal período y en los últimos tres años ha alcanzado una disminución del 37% lo cual hace prever que alcanzará los objetivos trazados por la UE por delante de la mayoría de países y regiones.

“El Plan estratégico de seguridad vial de Cataluña 2014-2020 tiene como objetivo prioritario alcanzar en el año 2020 una reducción del cincuenta por ciento en el número de muertos en las vías catalanas respecto al año 2010, alineado con el objetivo que establece la Unión Europea para el mismo periodo. Este reto supone una primera meta a la hora de alcanzar la visión cero en 2050, que plantea la desaparición total de la mortalidad en las vías catalanas”².

La sensibilidad a nivel social y de colegios profesionales en Cataluña ha quedado manifiesta a través de comisiones y grupos de trabajo que han impulsado preguntas³ ante el parlamento de Estrasburgo, obteniendo respuestas no solo para normar en cada país avances en temas de factor humano pero también de aplicación de la Visión Cero, autorizando a que

¹ Plan estratégico de seguridad vial de Cataluña 2014-2020. Servei Català de trànsit. Generalitat de Catalunya. 2014.

² Decreto 53/2015, de 14 de abril, de Reestructuración del Servicio Catalán de Tráfico

³ El Gobierno de la Generalitat de Catalunya, mediante el Servei Català de Trànsit, viene liderando en Europa el mayor descenso porcentual en las estadísticas de mortalidad vial con un conjunto de medidas recogidas en un Plan Estratégico de Seguridad Vial 2014-2020 que contiene, además, del orden de 300 Planes Locales (Municipales) de seguridad vial urbana (que engloban al 90 % de la población del país), y quiere aplicar de manera eficaz una estrategia derivada de los objetivos de la Unión Europea que hacen de la «Visión Cero» un hito a largo plazo. Aunque la «Visión Cero» se contempla en el 2050, ¿cree la Comisión que se podría hacer un esfuerzo por aproximar este reto al 2020 en un territorio considerado «prueba piloto» para desarrollar las medidas necesarias con el máximo rigor y control?

¿Se aceptaría y apoyaría que esa prueba piloto se hiciera en Cataluña, que se esforzaría por trabajar en concordancia con las iniciativas europeas en curso? Pregunta parlamentaria realizada el 5 de noviembre 2014. Ramon Tremosa i Balcells. (Disponible en: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+WQ+E-2014-008746+0+DOC+XML+V0//ES>. Consulta realizada en febrero 2015)

Cataluña sea considerada como territorio para la prueba piloto de la Visión Cero.

De los países considerados como best practice en materia de seguridad vial (Suecia, Reino Unido, Holanda, Irlanda, Dinamarca, Noruega y Finlandia) es decir los que ocupan mejores posiciones en cuanto al número de víctimas mortales por millón de habitantes, Suecia, líder de esta clasificación propone en su Estrategia de Seguridad Vial 2013-2020 el uso de glorietas para evitar accidentes con heridos graves en cruces.

Las glorietas son por lo tanto un espacio considerado como de tratamiento prioritario en un país líder en seguridad vial y ello ha sido coincidente con la eclosión de la solución circular para las intersecciones más peligrosas, en una progresión que podría llegar a ser un fenómeno incontrolable, que requiere ser abordado con valentía en todos los ámbitos en los que se haya hecho precisa su concepción, su planificación y su mejora en aspectos organizativos, geométricos, dinámicos y preventivos.

- III. Este estudio aborda una metodología organizativa basada en las diferentes especialidades científicas que intentan aportar a los especialistas en ese ámbito, instrumentos para conseguir combatir la accidentalidad vial en las glorietas, pero dejando abierto el camino a líneas de mejora futura de la seguridad vial en las glorietas y en otros escenarios en los que se puedan aplicar dichas metodologías y protocolos.

Hay que destacar que, tal y como recoge la UNE-ISO 39001: 2013⁴, es necesario un enfoque holístico de la seguridad vial, teniendo en cuenta el gran número de parámetros que interactúan en un accidente, requiriendo un sistema eficaz que permita una mejora continua de las prácticas de gestión de la seguridad vial.

⁴ UNE-ISO 39001: 2013. Sistemas de gestión de la seguridad vial. Requisitos y recomendaciones de buenas prácticas.

I. MARCO CONCEPTUAL

1.- MARCO CONCEPTUAL

Podemos definir una glorieta¹ como un nudo o parte de un nudo sin cruces en el que las vías o tramos que acceden a él, van a parar a un anillo o calzada anular en la que se establece una circulación rotatoria de sentido único, alrededor de un islote central. La circulación por la calzada anular tiene prioridad de paso sobre la de los accesos. En los países en que se circula por la derecha, la calzada anular tiene el sentido de giro contrario al de las agujas del reloj.



*Fig.1.1 Glorieta municipio de Piera. Fotografía 01-01-2010
Disponible en: Google Earth (Consultado el 21-10-2012).*

1.1 APROXIMACIÓN TIPOLOGICA Y A CRITERIOS EN LA IMPLANTACIÓN DE GLORIETAS

Según la normativa vigente en España sobre glorietas del año 1989, se pueden diferenciar tres tipos principales de glorieta: normal, miniglorieta y doble, siendo variantes de estas las glorietas semaforizadas, glorietas a distinto nivel (glorieta de dos puentes o glorieta tipo "pesa") y las intersecciones anulares. La glorieta partida no se puede considerar como glorieta en el sentido funcional.

¹ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Glorieta normal²: "tiene una isleta central (dotada de bordillos) de 4 metros o más de diámetro y generalmente entradas abocinadas que permiten una entrada múltiple de vehículos".

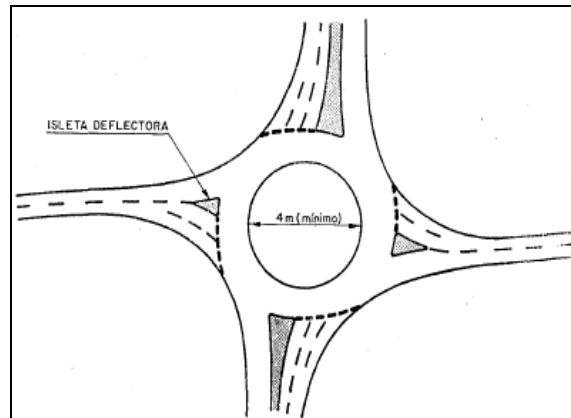


Fig. 1.2 Glorieta normal³.

Miniglorieta⁴: "tiene una isleta circular a nivel o ligeramente abombada (se recomienda una altura máxima de 15 cm en su centro) de menos de 4 metros de diámetro y entradas abocinadas o sin abocinar."⁵

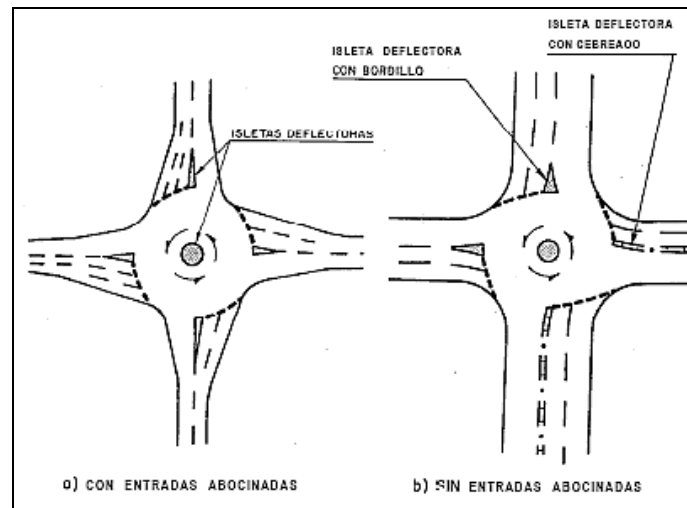


Fig. 1.3 Miniglorieta.⁶

² Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

³ Id.

⁴ Id.

⁵ Id.

⁶ Id.

Glorieta doble: “Es una intersección compuesta por dos glorietas normales o miniglorietas, contiguas o conectadas por un tramo de unión o por una isleta alargada materializada por un bordillo⁷”

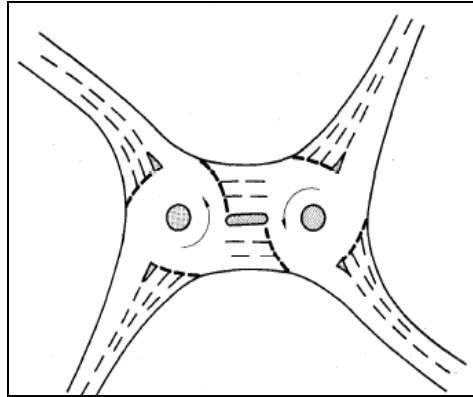


Fig.1.4 Glorieta doble.⁸

En Cataluña, el Servei Català de Trànsit, que depèn del “Departament d’Interior, Relacions Institucionals i Participació” de la Generalitat de Catalunya, classifica les gloriets en funció de la seva diàmetre exterior i la zona en que es implanta.

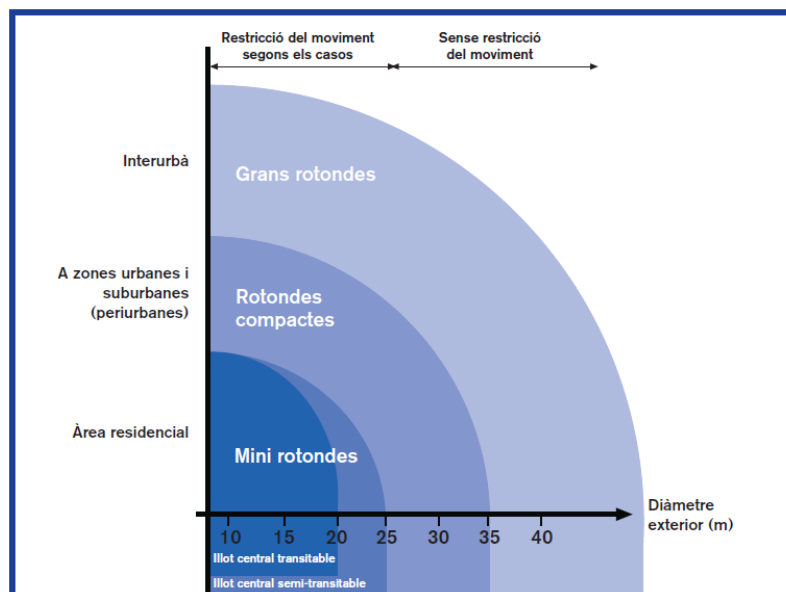


Fig. 1.5 Tipus de glorieta.⁹

⁷ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre gloriets*. Madrid. MOPU, 1989 Ministerio de Obras públicas de España. (MOPU). Mayo 1989.

⁸ Id.

⁹ Departament d’Interior, Relacions Institucionals i Participació.; Servei Català de Trànsit. *Millora de la seguretat de les rotondes*. Servei Català de Trànsit : Generalitat de Catalunya, Departament d’Interior, Relacions Institucionals i Participació. 2008.

Es cierto que desde la creación del primer "Carrefour" en la Plaza de l'Etoile en París pasando por los "roundabouts" ingleses, las glorietas han venido siendo más un recurso que una técnica protocolizada y eso es lo que nos anima a seguir con nuestra investigación para dar un importante paso adelante en la investigación de sus posibilidades.

En la instrucción técnica "Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya", posiblemente la más exhaustiva y específica de todo el estado español, y a la que se harán numerosas referencias en esta tesis, quedan excluidas las glorietas semaforizadas, glorietas partidas e intersecciones anulares.

Muchas son las ventajas que las glorietas ofrecen sobre las intersecciones convencionales, las principales son que agilizan el tráfico, permiten realizar el cambio de sentido, reducen el tiempo de demora media respecto a una intersección regulada por semáforos, provocan una moderación de la velocidad, y un aumento de la capacidad de vehículos. Pero uno de los beneficios más importantes es que se reducen los puntos de conflicto, pasando de 32 a 8 (fig.1.6). Esto conlleva una reducción del número de accidentes y la gravedad de los mismos, como quedará recogido en esta tesis, ya que se eliminan los puntos de conflicto secantes a favor de trayectorias tangentes.

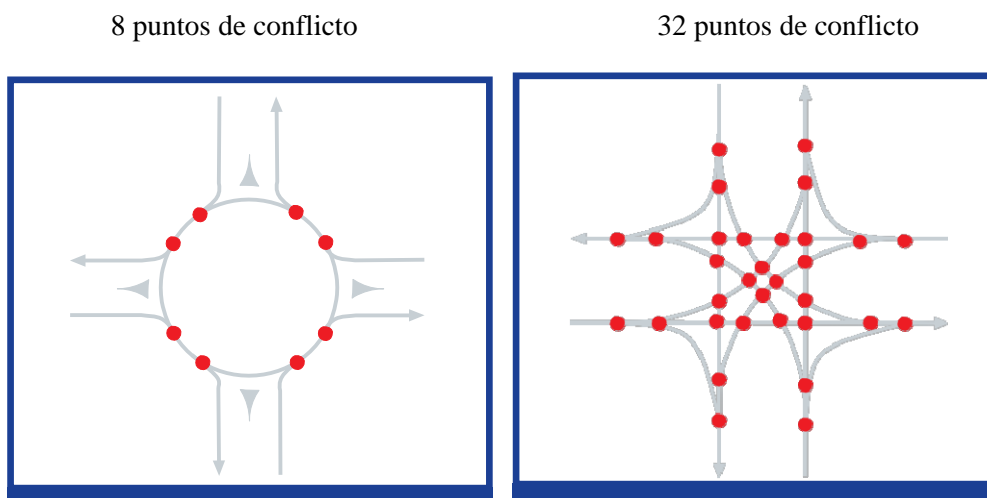


Fig. 1.6 Puntos de conflicto en una glorieta respecto a una intersección convencional.¹⁰

Implantar una glorieta en un nuevo trazado o substituyendo a una intersección convencional, puede presentar también una serie de inconvenientes, ya que precisan de más espacio y son generalmente más costosas que las intersecciones a nivel con función equivalente. No son apropiadas cuando el volumen de peatones es alto, no se

¹⁰ Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació.; Servei Català de Trànsit. *Millora de la seguretat de les rotondes*. Servei Català de Trànsit: Generalitat de Catalunya, Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació. 2008.

pueden ampliar con facilidad y por tanto no se adaptan a planes de construcción por etapas, hay un aumento relativo de las colisiones por alcance y en general no son eficaces cuando las diferencias entre el tráfico principal y el secundario son importantes.

La siguiente tabla muestra a modo de resumen las ventajas e inconvenientes que nos ofrecen las glorietas según diferentes criterios:

CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Seguridad	El nivel medio de seguridad es más alto que en una intersección convencional	En una glorieta de nueva implantación se pueden producir algunos accidentes motivados por la confusión de los conductores que no estén familiarizados con este tipo de intersecciones.
	La moderación de las velocidades contribuye a esta mayor seguridad	
	La integración del tráfico secundario al principal se realiza con más seguridad.	

CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Accidentes	Reducción del número y de la gravedad de los accidentes respecto las intersecciones convencionales	Aumento relativo de los accidentes por alcance
	Daños materiales menos importantes	
	Se evitan colisiones a 90°	
	No permiten el giro a la izquierda, que suele protagonizar los accidentes de consecuencias más graves	Aumento relativo de los accidentes por trayectorias convergentes
	Reducción de los puntos de conflicto en la intersección	
	Permite alejar los puntos de conflicto	

CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Eficacia	En general reducen el tiempo de demora media	En general no son eficaces cuando las diferencias entre el tráfico principal y el secundario son mayores a un orden de magnitud
	Buena fluidez del tráfico en condiciones normales y con diferencias de tráficos no superiores a un orden de magnitud.	
	Facilitan los intercambios y giros sin que la fluidez del tráfico se resienta.	Pierden mucha eficacia cuando se hallan cerca de su máxima capacidad
	Son el único tipo de intersección que soluciona satisfactoriamente el cruce de más de cuatro ramales.	
Circulación	Se pueden realizar giros de 180°	Menor confort de los usuarios: pérdida de prioridad, deflexión de las trayectorias, reducción de la velocidad...
	Permiten corregir errores en la toma de decisiones sobre el itinerario	
	Facilitan (en la mayoría de casos) los giros de los vehículos más largos.	
Tráfico	Capacidad de autorregulación	No permiten una gestión voluntaria del tráfico
	Su elevada capacidad permite disponer de una reserva para acomodar puntas de demanda, y evitar en muchos casos el recurso a la ordenación por semáforos.	
	Pueden utilizarse como una medida para "calmar" el tráfico.	

CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Peatones	Mayor seguridad en vías de doble sentido gracias al refugio que proporcionan las isletas deflectoras.	Aumento de la longitud de sus itinerarios
		Los cruces por zonas no destinadas a los peatones son más peligrosos
		Perdida de atención por parte de los conductores
		Los vehículos no suelen detenerse en los pasos de peatones lo que provoca un sentimiento de inseguridad por parte de los peatones
		Dificultades para las personas con problemas de visión
CRITERIO	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Ciclistas		Aumento de la longitud de sus itinerarios
		Perdida de atención por parte de los conductores
		Sentimiento de inseguridad por parte de los ciclistas
		A menudo, los ciclistas se comportan de manera indebida en la calzada anular, lo que aumenta el riesgo de accidente.
Estructuración del espacio	Mejora de la estructuración y puesta en valor del espacio circundante	Pérdida de la jerarquía de las vías más importantes.
	Posibilidad de introducir un cambio en el carácter de las vías que llegan.	En función del caso pueden ocupar un espacio ligeramente mayor que una intersección convencional.
Medioambiente	Disminución de la contaminación acústica	Mayor ocupación de suelo.
	Menor polución por emisión de gases	
	Posibilidad de tratamiento paisajístico	
	Menor impacto visual	
	Disminución del consumo de combustible	
Costes	En función del tamaño pueden ser más económicas que las intersecciones normales.	En función del tamaño pueden ser más caras que las intersecciones normales.
	Menos costes de mantenimiento	Mayor repercusión del coste del terreno

Fig. 1.7 Ventajas e inconvenientes de la implantación de una glorieta.¹¹

¹¹ Darder, V. *Funciones de las rotondas urbanas y requerimientos urbanísticos de organización*. Minor Thesis. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori. 2005.

1.2 LAS GLORIETAS: CONCEPTO MODERADOR DE LA CIRCULACIÓN

Es evidente que la glorieta es un elemento esencial al hablar de la moderación de la circulación, ya que impide circular a velocidades elevadas, disminuye las diferencias de velocidad y facilita los cambios de sentido.

Veremos que para el buen funcionamiento de la glorieta, será necesario adecuar su entorno así como las vías incidentes en la misma.

Según el estudio de Frederic Freixa¹² (1995), "este concepto, tomado desde su más amplio punto de vista, engloba, no sólo una fórmula para incrementar la seguridad vial sino que contempla la lucha en contra de la contaminación y el ruido, el ahorro de energía, el reparto de actividades en el espacio ciudadano, la utilización sensata del suelo y, en líneas generales, es una reflexión permanente y global sobre el actual desarrollo urbanístico.

El "boom" de la motorización comportó una constante y tenaz adaptación de esta red al automóvil en detrimento del elemento más débil del tráfico, el peatón, que paulatinamente ha visto como "su espacio" se iba reduciendo y degradando.

En la década de los setenta y hasta mediados de los ochenta, la red vial de las ciudades se convierte en feudo casi exclusivo del automóvil, elemento preferido por las autoridades que tienden a darle la mayor preponderancia en perjuicio del peatón. No es más que rendir culto al enorme deseo de movilidad en libertad que acumula la persona y que intenta posibilitar su acceso al automóvil. En consecuencia, la vía pública se va adaptando al automóvil, a sus necesidades y a un siempre creciente volumen de tráfico y lentamente se logra que uno solo de los factores de la circulación se imponga rotundamente a las demás.

El espacio urbano y por extensión el interurbano, no es tan solo una calzada cuyo único destino sea absorber una oleada de vehículos ni tampoco es exclusivamente un lugar de paso. El espacio vial se caracteriza por su compleja multifuncionalidad que abarca varias actividades (lugar de encuentro, de juegos, de compras, de paseo) además de la circulación de vehículos y peatones y de ser elemento de identificación del barrio para sus habitantes.

Así pues, contemplado el problema originado, se tratará de conciliar la circulación rodada y sus peligros con la mejora de la calidad de vida. Al considerar la inseguridad vial que se genera al permitir y propulsar la prioridad del automóvil sobre el peatón,

¹² Freixa, F. Moderación de la circulación. Aplicación de una política para mejorar la calidad de vida. Anuario de psicología. nº 65. Facultat de psicología. Universitat de Barcelona. 1995.

nace el concepto de moderación de la circulación y así se crean islas de peatones, zonas de prioridad invertida (prioridad para el más débil) y áreas de velocidad muy reducida (señalada, o con impedimentos físicos).

La moderación de la circulación es pues, la fórmula que intenta conseguir llevar al coche, elemento degradante de nuestra calidad de vida, al lugar que realmente le corresponde como elemento de transporte que no como devorador de un espacio urbano”.

1.3 ACCIDENTALIDAD EN GLORIETAS. VISIÓN COMPARADA

La proliferación de glorietas en todo el estado español en las últimas dos décadas ha sido imparable. En el año 2008, el número de glorietas en España¹³ era de 24.000, según estimaciones de la Agencia EFE. Es objeto de un apartado posterior de esta investigación una estimación del número de glorietas existentes actualmente en Catalunya.

Esta implantación de glorietas no siempre se ha llevado a cabo con criterios objetivos y respondiendo a una necesidad real, a la vez que no se han seguido unas recomendaciones técnicas de diseño necesarias tanto para la funcionalidad de la misma como para la seguridad de los diferentes usuarios de la infraestructura.

“Cabe señalar que la difusión creciente de las glorietas no siempre ha ido acompañada de un diseño adecuado a su funcionalidad. Errores de concepción producto de la aparente simplicidad de su proyecto, han comportado en muchos casos configuraciones accidentógenas. Hay que poner el acento por tanto en un diseño que contribuya a reducir la accidentalidad existente¹⁴”

“Algunas glorietas se han construido sin que se haya analizado con rigor si harán mejorar el tráfico. Hay un abuso de las glorietas. Algunas provocan más problemas de los que solucionan¹⁵.”

Paralelamente, los accidentes en las glorietas han ido aumentando año tras año:

En el año 2004 el número de accidentes con víctimas en intersecciones en Catalunya fue de 9.902, de los cuales 716 se produjeron en glorietas. Por lo que el número de accidentes en glorietas representó el 7,2% del total de accidentes en intersecciones.

¹³ Informe de TeleAtlas 2008. Agencia EFE.

¹⁴ Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació.; Servei Català de Trànsit. *Millora de la seguretat de les rotondes*. Servei Català de Trànsit : Generalitat de Catalunya, Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació. 2008.

¹⁵ Declaraciones del Sr. Ferran Camps, responsable de la “Área de seguretat viària de la Direcció General de Carreteres de la Generalitat de Catalunya” recogidas por el Periódico “ARA” del 23 de febrero de 2013.

En intersecció		Zona urbana	Zona interurbana	Total	% ZU	% ZI	% Total
En X o +		6.277	97	6.374	66,5	21,1	64,4
En T o Y		2.086	218	2.304	22,1	47,4	23,3
Giratòria		617	99	716	6,5	21,5	7,2
Enllaç d'entrada		80	19	99	0,9	4,1	1,0
Enllaç de sortida		42	11	53	0,4	2,4	0,5
Un altre		340	16	356	3,6	3,5	3,6
Total		9.442	460	9.902	100,0	100,0	100,0

Fig. 1.8 Accidentes con víctimas en intersección en Catalunya¹⁶. 2004.

En el año 2010 el número de accidentes con víctimas en intersecciones en Catalunya fue de 9.595 de los cuales 1256 se produjeron en glorietas. Este valor representó el 13,1% del total de accidentes en intersecciones.

En intersecció		Zona urbana	Zona interurbana	Total	% ZU	% ZI	% Total
En X o +		5.689	166	5.855	67,0	15,0	61,0
En T o Y		1.755	391	2.146	20,7	35,4	22,4
Giratòria		925	331	1.256	10,9	30,0	13,1
Enllaç d'entrada o de sortida		117	208	325	1,4	18,9	3,4
Pas a nivell		1	0	1	0,0	0,0	0,0
Es desconeix		4	8	12	0,0	0,7	0,1
Total		8.491	1.104	9.595	100	100	100

Fig. 1.9 Accidentes con víctimas en intersección en Catalunya¹⁷. 2010.

¹⁶ Anuari Estadístic d'accidents a Catalunya 2004. Servei Català de Trànsit. Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya. Disponible en: www.idescat.cat (consultado el: 17-03-2011).

¹⁷ Anuari Estadístic d'accidents a Catalunya 2010. Servei Català de Trànsit. Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya. Disponible en: www.idescat.cat (consultado el: 17-03-2011).

Podemos observar en la siguiente tabla la evolución de los accidentes durante este período.

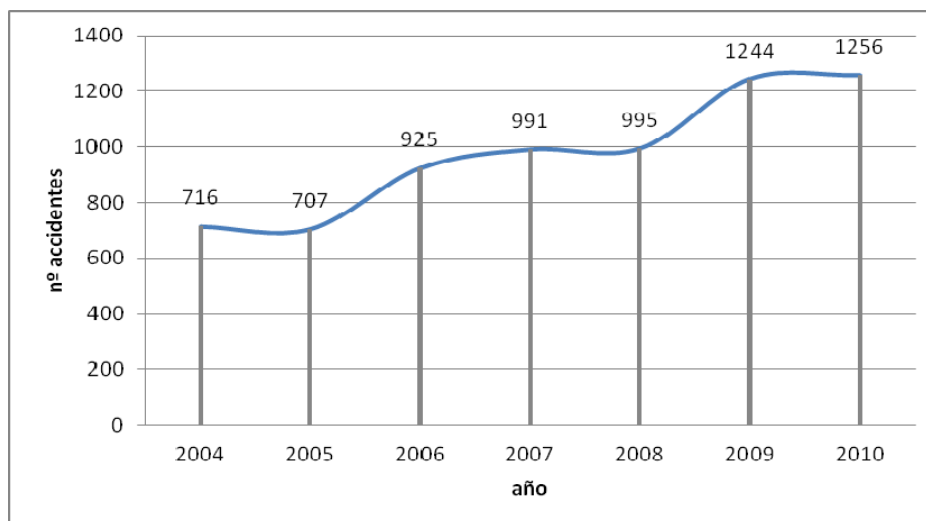


Fig. 1.10 Evolución de los accidentes con víctimas en glorietas en Catalunya. Elaboración propia.

En resumen, el número de accidentes en glorietas ha aumentado en un 45% del año 2004 al año 2010 de forma continuada.

A partir del año 2011 los anuarios de accidentes del Servei Català de Trànsit, ya no recogen el dato de número de accidentes con víctimas en glorietas. Este dato es substituido por el de número de muertos y heridos graves en glorietas, que en el año 2011 fue de 119, en el 2012 de 91, en el 2013 aproximadamente de 95 (faltan datos en la tabla) y en el año 2014 fue de 108.

Aunque no ha sido posible disponer del incremento del número de glorietas durante este período, podríamos suponer que el incremento de accidentes en las glorietas es una consecuencia lógica del aumento de las mismas, y no ir más allá en su análisis.

Si buscamos un referente en Europa en el campo de las glorietas, este sin duda es Francia:

- Eugène Hénard ya proyectó en París en 1906 las primeras glorietas urbanas.
- En 1907 se instala la circulación giratoria de sentido único en la Place de l'Étoile, en torno al arco de triunfo.
- Dispone de numerosos estudios que analizan desde diferentes puntos de vista las glorietas (giratoires) a través de dos centros principales:
 - C.E.R.T.U : Centro de estudios de los transportes urbanos.
 - S.E.T.R.A: Servicio de estudios técnicos de carreteras y autopistas.

- En el año 2006 se estima que en Francia existían unas 30.000 glorietas¹⁸.

La siguiente tabla aparece en un estudio que el CERTU llevó a cabo en el año 2009:

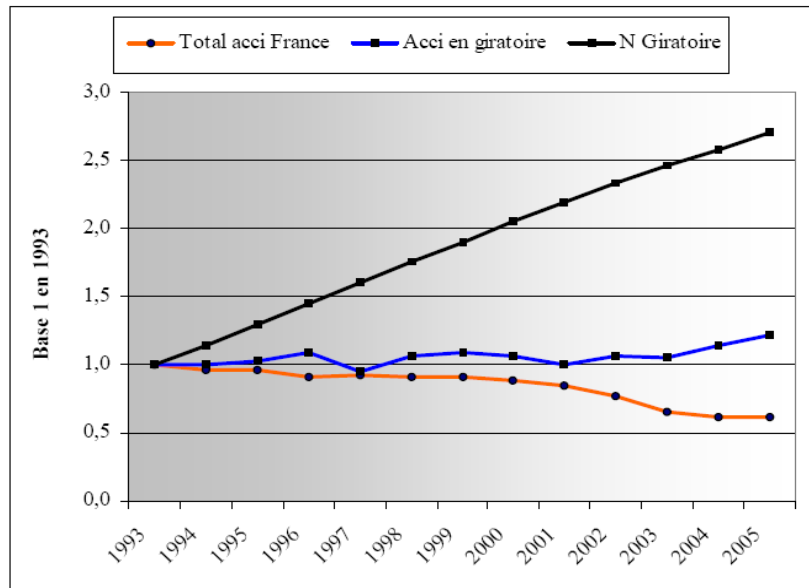


Fig. 1.11 Accidentes en glorietas respecto a su número. Fuente: CERTU.

De este estudio se concluye que:

De 1993 a 2005 el número de accidentes totales en Francia¹⁹ disminuyó un 38,5%. Durante este periodo el número de accidentes en glorietas se estabilizó mientras el número total de glorietas se triplicaba.

No parece lógico por tanto el razonamiento anteriormente expuesto de que si el número de glorietas va en aumento, el número de accidentes en ellas debe de seguir creciendo. La experiencia francesa nos muestra cómo, a pesar de seguir incrementando de forma ostensible el número de glorietas, se estabilizó el número de accidentes que en ellas se producían.

Dentro de los Planes de Seguridad Vial de interés público siempre se llevan a efecto trabajos tendentes a incidir en los tres factores que constituyen el tráfico: la vía, el vehículo y la persona, estableciendo programas y recursos según el nivel de influencia de cada uno de ellos en la producción de los accidentes de circulación. El factor humano es el que en una mayor proporción interviene en la ocurrencia de los siniestros, pero es la vía y sus elementos constituyentes, la que en segundo lugar está presente en las situaciones de riesgo, y no siempre sola sino en ocasiones son el

¹⁸ Guichet, B.; Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. *Les accidents dans les carrefours giratoires urbains. Étude statistique de 1993 à 2005*. CERTU. 2009.

¹⁹ Guichet, B.; Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. *Les accidents dans les carrefours giratoires urbains. Étude statistique de 1993 à 2005*. CERTU. 2009.

tándem vía-persona o vehículo-persona (e incluso el tridente vía-vehículo-persona) los que combinan influencias. La vía pues, y la adaptación de la persona y el vehículo a sus condiciones, es un elemento primordial de la seguridad vial y a ella nos aplicaremos en dar tratamiento.

Se trata por lo tanto de materializar un protocolo de definición de indicadores justificados, y una metodología de uso de tales indicadores para permitir la evaluación de las glorietas, tanto para posibles estudios en profundidad (in depth investigations) como para posibles auditorías de seguridad vial y otras especialidades científicas.

1.4 RECUENTO ESTIMATIVO DE GLORIETAS EN CATALUÑA DEL AÑO 2010

No se ha tenido acceso a un registro o inventario público de glorietas en la red vial catalana, no tan solo a nivel de clasificación por sus características, sino que no se dispone de datos exactos sobre su número y la evolución que haya podido tener su extensión en el transcurso del tiempo. La dispersión competencial en la gestión puede haber sido un impedimento, aunque tampoco todas las administraciones responsables las registran.

El importante crecimiento del número de glorietas, no se ha podido evaluar al no disponer de datos objetivos hasta la fecha. Todo parece indicar que la implantación de glorietas, responde a múltiples factores llevando a quienes, en su ámbito de competencias, han decidido que una intersección podía o debía ser ordenada como glorieta.

Ello nos anima a priorizar la realización de un estudio que nos oriente sobre el estado de situación del número de glorietas interurbanas en la demarcación de la provincia de Barcelona y extrapolable a toda Cataluña.

Actualmente existen seis grupos de entidades constructoras²⁰ y explotadoras de vías interurbanas en Cataluña y del orden de 947 Ayuntamientos²¹ que toman decisiones en sus respectivos municipios, lo cual dificulta la coordinación y homogeneización de criterios a la hora de decidir la construcción de una glorieta. Francia, país de referencia en la implantación de glorietas dispone de un Instituto de investigación vial

²⁰ Estado Español, Generalitat de Catalunya, Diputaciones, Consells Comarcals, Municipios y concesionarias.

²¹ Disponible en www.idescat.cat. Consultado el: 16-04-2011.

Inrets²², actualmente Ifsttar²³, no obstante sólo disponía de un registro aproximado que indicaba una cifra de 30.000 glorietas en todo el país²⁴ en el año 2006.

Se ha llevado a cabo un trabajo de estimación del número de glorietas existentes en Cataluña, mediante un sistema de observación suficiente y que ha permitido recoger un mínimo de variables sobre sus características.

Para ello se ha sobrevolado con el programa Google Earth Pro, la totalidad de la red de carreteras de la Diputación de Barcelona, en el ámbito interurbano, siguiendo el criterio que acto seguido se expone:

1.4.1 PROSPECCIÓN EN CARRETERAS DE LA DIPUTACIÓN DE BARCELONA. 2010

El estudio se ha realizado en la red de carreteras de la Unidad de Vías Locales de la Diputación Provincial de Barcelona sobre un total de 1460,719 kilómetros en los que se han contabilizado un total de 123 glorietas interurbanas.

▪ KILOMETRAJE DE LA RED VIAL CATALANA

Se ha realizado una extrapolación de estos datos en relación con toda la red de carreteras de Cataluña, siguiendo los datos recogidos de las estadísticas aportadas en los Boletines Estadísticos del Servei Català de Trànsit del Departament d'Interior de la Generalitat de Catalunya, de cuyo último trabajo en el año 2009 se obtiene la siguiente clasificación de vías en Catalunya por kilómetros:

Demarcación Provincial	Autopistas y autovías		Carreteras convencionales		TOTAL
	Peaje	Libres	Calzada doble	Calzada única	
Barcelona	284	318	30	3.320	3.952
Girona	104	48	18	2.213	2.383
Lleida	69	98	13	2.606	2.786
Tarragona	202	46	48	2.484	2.780
TOTAL	659	510	109	10.623	11.901
%	5,5	4,3	0,9	89,3	100

Para el trabajo que nos ocupa se puede resumir el análisis en dos grandes grupos de carreteras según sean con calzadas únicas o con calzadas separadas, puesto que el

²² Inrets: Institut National de Recherche sur le Transport et leur Sécurité.

²³ Ifsttar: Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux.

²⁴ Guichet, B.; Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. *Les accidents dans les carrefours giratoires urbains. Étude statistique de 1993 à 2005*. CERTU. 2009.

trabajo de investigación realizado sobre la red de vías locales de la Diputación de Barcelona lo ha sido al 100% sobre carreteras de calzada única.

Por ello la tabla estadística a considerar será la siguiente:

Demarcación	Calzada doble	Calzada única	TOTAL Km
Barcelona	632	3.320	3.952
Girona	170	2.213	2.383
Lleida	180	2.606	2.786
Tarragona	296	2.484	2.780
TOTAL	1.278	10.623	11.901

La composición del kilometraje de la red vial catalana por competencia de los Organismos correspondientes es la siguiente:

Organismo	Kilómetros	%	Estudio realizado	% sobre total
Estado	1.798	15,1	----	
Generalitat	5.782	48,6	----	
Diputaciones	4.321	36,3	1460,719 km	33,8%
TOTAL	11.901	100,0	1460,719 km	12,3%

Por lo tanto, el estudio realizado abarca un 33,8% del total de red vial de las Diputaciones y un 12,3% del total.

▪ INVESTIGACIÓN COMPLEMENTARIA EN VÍAS DE DOBLE CALZADA

La observación de los 1.278 Km de doble calzada de la red vial catalana nos ha venido a mostrar un hecho significativo para nuestro trabajo: la glorieta viene a ser la solución prácticamente única utilizada en todos los accesos de distribución del tráfico para las entradas y salidas de las autopistas, autovías y calzadas dobles de la red catalana.

El promedio de distancias de separación entre accesos es variable según las autopistas sean de peaje, libres o autovía o vías de calzadas separadas, siendo más

cortas las distancias en la medida que la vía se desarrolla en un entorno metropolitano que en zona rural.

Las valoraciones que se hacen son las siguientes:

En los 659 kilómetros de tramos de peaje de las autopistas catalanas la separación media entre salidas viene a ser de 8 kilómetros por lo que el número de accesos total es de 82.

En los 510 kilómetros de tramos de autopista o autovía libre en la red catalana vial la distancia media entre salidas viene a ser de 5 kilómetros por lo que el número de accesos total es de 102.

En los 109 kilómetros de tramos de carretera convencional con doble calzada en la red vial catalana la distancia media entre salidas viene a ser de 3 kilómetros por lo que el número de accesos total es de 36.

El total de accesos es pues:

En autopistas de peaje.....	82
En autopistas y autovías libres.....	102
En carreteras de doble calzada.....	36
Total accesos.....	222

Aunque tales accesos puedan tener más de una glorieta de distribución lo cierto es que el sistema de ordenación más general es que sea una sola glorieta la que distribuya entradas y salidas por lo que se puede afirmar que las glorietas de estas características pueden ser en Cataluña 222.

▪ **EXTRAPOLACIÓN A LA RED CONVENCIONAL DE CALZADA ÚNICA**

El estudio realizado en la muestra de la red de la Diputación de Barcelona es una referencia objetiva de que en 1460,719 Km existen 123 glorietas interurbanas

A partir del dato de 10.623 km de carreteras de calzada única, podemos decir que el total de glorietas interurbanas es aproximadamente de 894.

▪ **RESUMEN TOTAL DE GLORIETAS INTERURBANAS EN LA RED VIAL CATALANA.**

Las 222 glorietas estimadas en los accesos de la red de vías de calzada doble, hay que añadirlas al número de glorietas interurbanas halladas en la red vial de calzada única, siendo por tanto el valor total de glorietas estimadas el siguiente:

Glorietas Interurbanas:	894
Glorietas de acceso vías calzada doble:	222
Total de glorietas interurbanas estimadas en la red vial Catalana:	1116

Esta aproximación no difiere en exceso del valor estimativo de 1234 glorietas²⁵, declarado por Ferran Camps, responsable de l'Àrea de Seguretat Viària de la Direcció General de Carreteres de la Generalitat de Catalunya, en fecha 23 de febrero de 2013, donde ponía de manifiesto la dificultad de su recuento exacto.

Resulta evidente que la multiplicación de glorietas por parte de las diferentes administraciones de carreteras, no ha permitido disponer de un registro de las mismas que ayuden a definir unos protocolos de evaluación de la accidentalidad en tales intersecciones, y que sería deseable ordenar y oficializar este registro tanto en zona interurbana y periurbana como en zona urbana.

²⁵ Declaraciones del Sr. Ferran Camps, responsable de la "Área de seguretat viària de la Direcció General de Carreteres de la Generalitat de Catalunya" recogidas por el Periódico "ARA" del 23 de febrero de 2013.

2. INTRODUCCIÓN

2. INTRODUCCIÓN

2.1 DELIMITACIÓN DEL CAMPO DE TRABAJO

El campo de trabajo de este estudio se ciñe específicamente a parámetros y variables a tener en cuenta en la definición de las glorietas de la red viaria, para ser utilizados en metodologías de aplicación en los procesos de disminución de los accidentes de tráfico.

Además de una delimitación tipológica y geográfica de las que trataremos a continuación, es preciso establecer en primer lugar los límites conceptuales de estos parámetros, referidos a conceptos genéricos, dinámicos (tráfico circulante), estáticos (geometría) y preventivos (seguridad).

Al tratarse de la causalidad de los accidentes de tráfico, la mayoría de los debates derivan hacia la pregunta clásica: ¿Cual es la causa principal: la vía, el vehículo o la persona?

Se recoge, en la siguiente tabla, las conclusiones de los estudios realizados por el TRRL¹, centro de referencia de la investigación de accidentes de tráfico del mundo, que cada década publica el grado de incidencia de estos parámetros en los accidentes de tráfico en la Gran Bretaña, utilizando la totalidad de la abundante información que tienen en sus manos, que sintetiza los datos medios de los estudios de los años setenta, ochenta y noventa con una columna de determinación de tendencias.

Causa accidentalidad vehículo-vía-persona

	%	Tendencia
Vehículo solo	3	Sube
Vía sola	2	Baja
Vía sola	2	Baja
Persona sola	73	Sube
Vehículo-vía	1	Baja
Vehículo-persona	2	Baja
Vía-persona	18	Baja
Vehículo-Vía-Persona	1	Baja

Fig.2.1 Tabla accidentalidad vehículo-vía-persona.

¹ Transport and Road Research Laboratory. Crowthorne (Reino Unido).

Se puede ver a primera vista la importancia capital de la persona en el accidente de tráfico.

De esta manera se puede sacar la primera conclusión:

- La persona participa en el 94% de los accidentes.
- La vía participa en el 22% de los accidentes.
- El vehículo participa en el 7% de los accidentes.

No será prioritaria en nuestra investigación, por sus características urbanísticas y ambientales, la problemática urbana por lo que se tratará de abordar La vía interurbana: las carreteras y sus elementos básicos.

Para que exista una mayor seguridad en la vía interurbana es necesario regular algunos aspectos relacionados con las carreteras y los elementos que las componen o complementan, tales como el trazado, la señalización o el pavimento. Las carreteras tienen como elementos básicos:

- El trazado.
- La señalización.
- El balizamiento.
- El pavimento.

El trazado es el término que establece la geometría de la carretera. Dado que ésta discurre en un espacio tridimensional, el trazado se estudia mediante su análisis en planta, obtenido mediante la proyección sobre un plano horizontal, y su análisis en alzado, resultante de la proyección sobre un plano vertical.

El trazado en planta está constituido por una serie de alineaciones rectas, curvas circulares y curvas de transición, que son los elementos de unión de las anteriores. Por su parte, el trazado en alzado se constituye mediante alineaciones rectas y curvas parabólicas que se adaptan a las rampas y pendientes del terreno.

Una vez construida la carretera, su trazado es invariable y permanente, salvo que se emprendan costosas actuaciones de rectificación.

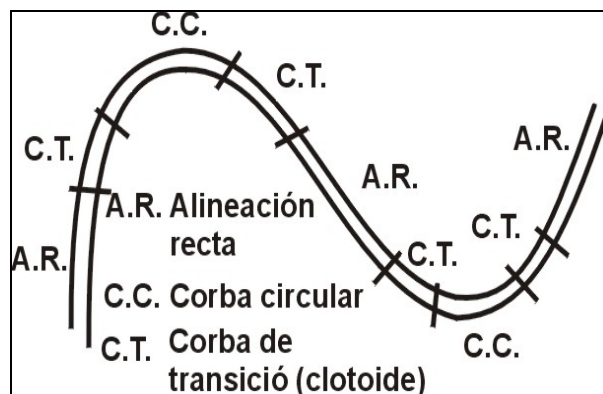


Fig. 2.2 Trazado en planta.²

El trazado de la carretera no se proyecta para velocidades superiores a un determinado umbral, que es función, básicamente, de la importancia de la vía. Evidentemente, para autopistas se diseña una velocidad de proyecto muy superior a la adoptada para carreteras secundarias, resultando un coste económico de construcción de la carretera tanto más elevado cuanto mayor sea la velocidad del proyecto, a igualdad de las demás variables. La velocidad del proyecto permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado en condiciones de seguridad y comodidad, pero la velocidad no es el único parámetro definitorio del proyecto como veremos a continuación.

Por otra parte, puede afirmarse que los vehículos actuales son capaces de desarrollar velocidades reales muy superiores a las de proyecto, en cuyo caso, se eleva considerablemente, de forma exponencial, el riesgo de accidentalidad y su gravedad, por lo que resultan comprensibles los esfuerzos y la adopción de medidas cautelares, incluso sancionadoras, de los responsables de tráfico para que las velocidades de circulación no superen ciertos límites.

La velocidad de proyecto desde la perspectiva de la geometría de la carretera queda definida a partir de los valores de los parámetros que determinan el trazado: radios, peraltes y pendientes.

En España, como en todos los países, existen carreteras antiguas en las que el trazado es más dificultoso: menores radios, rampas y pendientes mayores, etc., lo que obliga a circular con velocidades menores que las deseadas por los usuarios, acostumbrados a carreteras de nueva construcción o de mayor importancia, para las que se adoptan superiores estándares de calidad que permiten, a su vez, mayores velocidades.

²Servei Català de Trànsit .Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya. *La reconstrucció de l'accident de trànsit*. Reges, Col.lectiu Eixample sccl. 2001.

Características geométricas de la vía: Perfil longitudinal y la sección transversal.

“El perfil longitudinal es la intersección del terreno con el plano vertical definido a partir de un determinado eje longitudinal proyectado. Su representación se realiza sobre unos ejes cartesianos X e Y, que definen la distancia al origen y la altitud respectivamente³”.

En la parte gráfica aparecen representados el perfil longitudinal del terreno y la rasante proyectada.

En la parte numérica (guitarra del perfil) encontramos los datos referentes a las alineaciones correspondientes, distancias, cotas (de terreno, rasante y cotas rojas), así como la transición de los peraltes y datos de los acuerdos verticales en caso necesario.

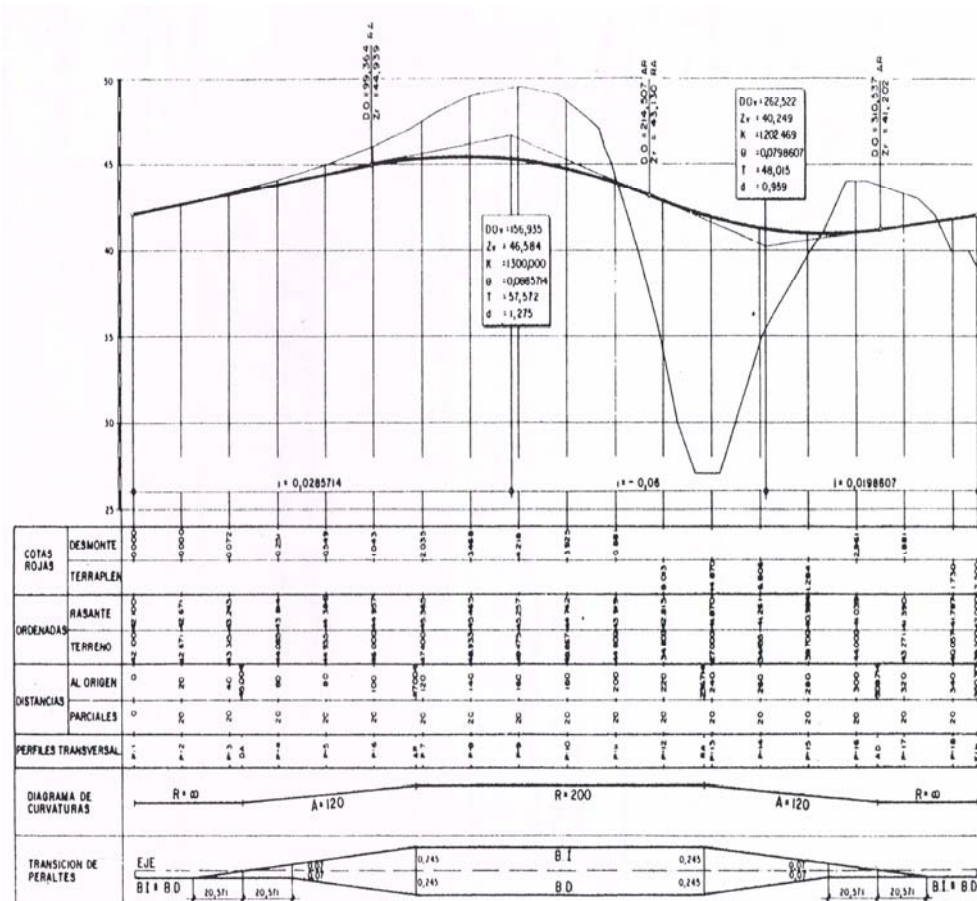


Fig.2.3 Perfil longitudinal.⁴

La sección transversal corresponde a una sección normal al eje longitudinal de cualquier tipo de obra lineal proyectada. Esta sección será distinta en cada punto del eje longitudinal por donde se toma.

³ De Corral, I. *Topografía de obras*. Edicions UPC. 1996.

⁴ De Corral, I. *Topografía de obras*. Edicions UPC. 1996.

Los elementos de la sección transversal cuando nos referimos a una carretera son: el terreno, la cota roja, la sección tipo, los taludes y cunetas y los peraltes⁵.

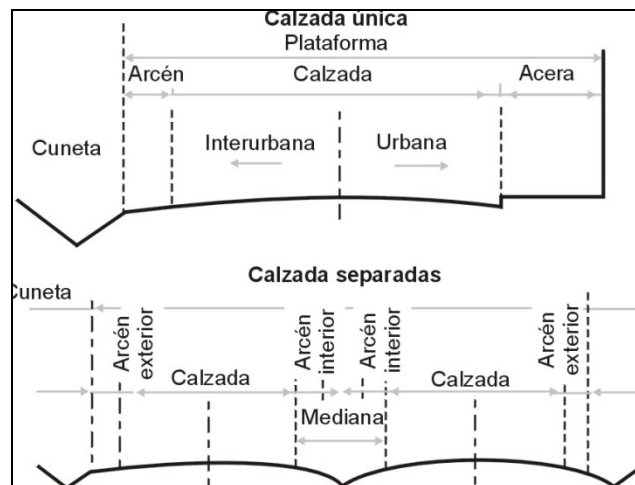


Fig.2.4. Sección Tipo.⁶

De los parámetros básicos que definen la influencia del trazado de la carretera sobre la seguridad vial, puede sintetizarse lo siguiente:

- El trazado define la geometría de la carretera, que está formada por un conjunto de rectas, curvas circulares y curvas de transición en planta, y por alineaciones rectas y curvas parabólicas, en alzado.
- Los valores adoptados para cada uno de esos elementos (radios de curvatura, pendientes, etc.) delimitan un umbral de velocidad por encima del cual el riesgo de accidentalidad, y su gravedad, es elevado.
- La mayor parte de los vehículos actuales, incluso los pesados, son capaces de alcanzar velocidades superiores a las limitadas por el trazado de la carretera. Por ello es factor primordial valorar su distancia de parada como distancia frontal recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan pronto como sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto que motiva su detención.

⁵ De Corral, I. *Topografía de obras*. Edicions UPC. 1996.

⁶ Servei Català de Trànsit .Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya. *La reconstrucció de l'accident de trànsit*. Reges, Col.lectiu Eixample sccl. 2001.

- Aunque desde el punto de vista técnico sería posible el proyecto de todas las carreteras con unos parámetros de trazado que permitiesen el desarrollo de altas velocidades, iguales o superiores a las que son capaces de alcanzar los vehículos actuales, funcional y económicamente resulta del todo inviable.
- El continuo avance tecnológico de la industria del automóvil ha ocasionado que una gran parte de la red de carreteras, proyectada y construida hace años de acuerdo a unos estándares de calidad aceptables entonces, se haya quedado actualmente "anticuada", y ello ha ocurrido no solo en España, sino en todos los países. Las soluciones "importadas" como las glorietas, han beneficiado en gran manera la seguridad, pero no se ha estudiado en qué medida se ha mejorado.
- Las Administraciones responsables de la política de carreteras han reaccionado invirtiendo importantes recursos económicos en obras denominadas de mejora y rectificación de trazado e incremento de la anchura de la plataforma, cuyo objetivo es modernizar la red de carreteras elevando su estándar de calidad. Las intersecciones se erigen como puntos calientes de tratamiento prioritario.

2.1.1 DELIMITACIÓN TIPOLOGICA: GLORIETAS PERIURBANAS E INTERURBANAS

A partir de las recomendaciones de diferentes expertos en la materia, especialmente del profesor del Departament d'Infraestructura del Transport i Territori de la UPC, F. Xavier Massallé Puig, llegamos a las siguientes conclusiones:

Abarcar el amplio campo de las glorietas podría diluir la trascendencia de las conclusiones a las que se puede llegar, al ser el tráfico muy distinto, según las características de la zona donde se hallan ubicadas.

Las glorietas interurbanas⁷ son aquellas que aparecen como solución de seguridad vial para las intersecciones en las carreteras de circulación interurbana pura y constituyen un obstáculo que interrumpe el ritmo de crucero de un tráfico que se desarrolla en régimen de carretera (rase campagne), sin ningún condicionante especial de aglomeración urbana próxima, o de congestión de tráfico próximo a los problemas periurbanos.

⁷ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya. "Rotondes interurbanes: Són les rotondes situades fora de poblat".

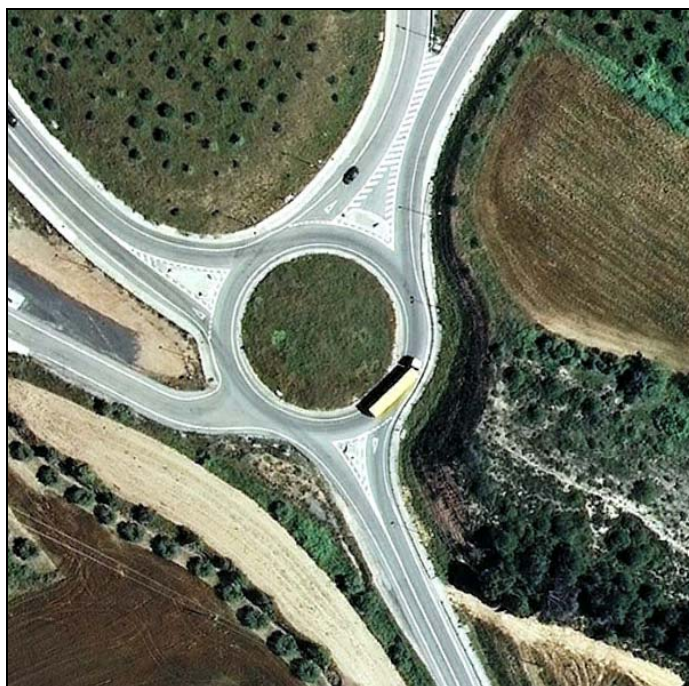


Fig.2.5. Glorieta interurbana. Municipio de Igualada.

Fotografía 01-01-2010.

Disponible en: Google Earth (Consultado el 21-10-2012)

Las glorietas periurbanas⁸ son las que se hallan sumidas en zonas intermedias entre las urbanas y las interurbanas, en lo que podríamos llamar, vías de transición o metropolitanas, y se erigen como puntos negros de gran acumulación de accidentes por tener que adoptar frecuentemente medidas de regulación y ordenación especiales, para adaptarlas al tráfico habitualmente circulante en el entorno.

⁸ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya. "Rotondes periurbanes: Són les rotondes situades dins de poblats, en les que com a mínim una entrada no té règim de circulació en poblats o en la que prèviament i dins del propi poblats no s'hi ha produït cap discontinuïtat a la circulació".

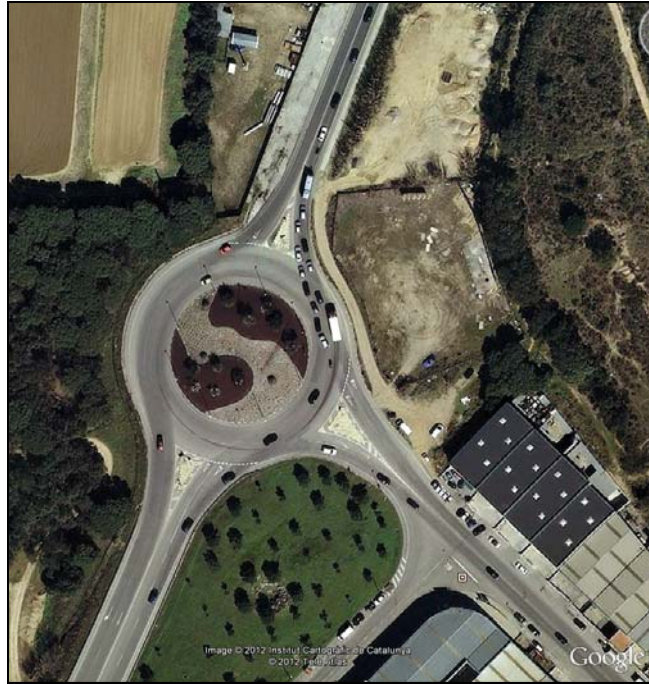


Fig.2.6 Glorieta periurbana Municipio de Palafolls.

Fotografía 01-01-2010.

Disponible en: Google Earth (Consultado el 21-10-2012)

Las glorietas urbanas⁹, sumidas dentro de un espacio tan limitado por los problemas urbanísticos propios de unas calles, envueltas de edificaciones y población peatonal, que poco a poco va recuperando el espacio natural perdido a costa de una circulación del vehículo privado voraz en el Siglo XX, no se erigen como un campo en que el tráfico muestre sus peculiaridades más emblemáticas.

En el contexto de esta investigación, no serán objetivo específico las glorietas urbanas en beneficio de un estudio donde las variables sean mucho más visibles y concordantes con la teoría del tráfico tendente a seguir parámetros de flujos teóricos, semejantes a la hidrodinámica, en las que tiende a prevalecer el flujo laminar sobre el flujo turbulento.

⁹ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya. "Rotondes urbanes: Són les rotondes situades dins de poblats amb totes les entrades amb règim de circulació en poblats i en les que prèviament i dins del propi poblats s'hi ha produït una discontinuïtat a la circulació, ja sigui un semàfor, un stop o un cedi el pas no dotat de carril d'acceleració."



Fig.2.7. Glorieta urbana Municipio de Girona.

Fotografía 01-01-2010.

Disponible en: Google Earth (Consultado el 21-10-2012)

Hay que notar que, debido al extraordinario crecimiento urbanístico que han sufrido la totalidad de municipios en toda Cataluña y España en estos últimos 10 años, algunas glorietas periurbanas pueden considerarse ya prácticamente urbanas y así mismo algunas glorietas interurbanas las podemos clasificar como periurbanas.

Elegiremos por tanto preferentemente las glorietas periurbanas e interurbanas para llevar a cabo este estudio, sin excluir resultados sobre glorietas urbanas que aporten datos relevantes y extrapolables a las otras tipologías.

Es obvio que económicamente no es posible la mejora del trazado de la totalidad de la red de carreteras, que en España alcanza¹⁰ a 31 de diciembre de 2011, 165.907 Km. de los cuales 25.835 (RCE) están gestionados por la Administración Central y acogen el 51,9% del tráfico, 71.853 Km. están gestionados por las Comunidades Autónomas (42,2% del tráfico) y 68.219 por las Diputaciones (5,9% restante). Además, existen 361.192 Km. de carreteras interurbanas gestionadas por los Ayuntamientos y otros organismos que acogen un 2,5% del tráfico total, según estimaciones de la Dirección General de Carreteras (DGC).

¹⁰ Ministerio de Fomento. www.fomento.es. Consultada el 24-05-2013.

Como consecuencia de lo anterior, es imprescindible que el conductor adapte su velocidad y forma de conducción al tipo y características de la carretera por la que circula. Proceder de otra forma conlleva asumir elevados riesgos de accidentalidad. La moderación de la circulación mediante uno de sus máximos exponentes como son las glorietas, es un referente muy importante en el campo de los riesgos en las intersecciones.

Las Administraciones Públicas deben continuar el esfuerzo inversor ya iniciado, en obras de mejora de trazado, ya que en España existe una parte importante de la red con características geométricas peligrosas para la Seguridad Vial. Transformar intersecciones en glorietas viene siendo últimamente un recurso muy extendido aunque no suficientemente estudiado.

Las autopistas, autovías y carreteras con calzadas separadas con protector central (carreteras de primer nivel), son el sistema básico o futuro de la red vial principal en un país a partir de cierto volumen de tráfico. Fuera de ellas, la red convencional de carreteras (de segundo o tercer nivel), precisa eludir puntos de conflicto como las intersecciones, y las glorietas, se erigen como importante recurso preventivo.

2.1.2 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA: RED DE CARRETERAS DE ESPAÑA Y CATALUÑA

Datos básicos de la red vial de Cataluña.

Superficie: 32.106,54 Km² (6,3 % de todo el territorio del Estado)

Población: 7.210.508 habitantes al final del 2007 (un 15,6% de España)

Kilómetros de vías públicas interurbanas: 12.362 (un 7,5 % de la red española)

Titularidad vías interurbanas	Km. España	%	Km. Cataluña	%
Estado (Ministerio de Fomento)	25.415	15	2.015	16
CCAA (En Catalunya la Generalitat)	70.755	43	6.008	49
Diputaciones, Cabildos y otras	69.476	42	4.339	35
TOTAL¹¹	165.646	100	12.362	100

Fig.2.8 Datos Vías Interurbanas de España y Cataluña.

¹¹ Servei Català de Trànsit, Idescat y Ministerio de Fomento.

Se aprecian las grandes dificultades que tiene el tráfico catalán, con una precaria red vial en relación con la demografía y la superficie, en relación con el parque de vehículos circulantes (5.284.341 incluidos los ciclomotores) y respecto al censo de conductores (3.936.783 incluidas las licencias de ciclomotor), ya que ambas cifras suponen el 16 % del respectivo parque y censo español¹².

La movilidad catalana es por tanto de gran densidad y, en consecuencia, probabilísticamente mucho más generadora de riesgos que la mayoría de los demás territorios del Estado (Euskadi y Madrid son otros ejemplos) y se hace más complejo en tanto en cuanto la actividad industrial y comercial concentra en la carretera el 86 % del transporte de mercancías y el 88% del transporte de viajeros.

Aun así, los esfuerzos realizados por las responsables de la seguridad vial en España y Cataluña, han conseguido reducir el número de muertos en accidentes de tráfico de manera ostensible.

Comparativa europea (datos año anterior)

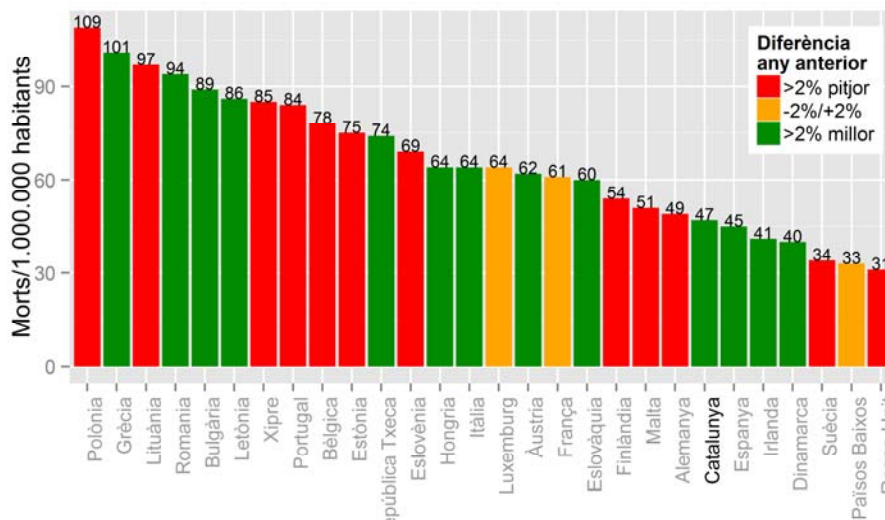


Fig.2.9 Muertos/1.000.000 de habitantes de la Unión Europea (muertos a 30 días) 2011.¹³

¹² Dirección General de Tráfico.

¹³ Servei Català de Trànsit. Anuari Estadístic d'Accidents de Trànsit a Catalunya 2012. Generalitat de Catalunya. Departament d'Interior. 2012.

2.2 ESTADO DEL ARTE

Los estudios que tratan sobre glorietas los podemos agrupar en dos grandes categorías,: trabajos científicos y normativas e instrucciones técnicas.

2.2.1 TESIS Y TESINAS

El interés sobre glorietas y la seguridad vial es creciente como demuestra el incremento de tesis escritas en la última década. De entre las tesis consultadas, cabe destacar algunos títulos que hemos agrupado en función de su temática.

Tesis sobre los accidentes de tráfico¹ en el territorio español y sus diferentes repercusiones en la sociedad, las cuales identifican previamente los factores y variables de riesgo, para posteriormente elaborar unos modelos de predicción de los mismos.

Otras inciden más en el diseño y planificación de las redes de carreteras² en distintas zonas de España, analizando factores históricos y geográficos que han llevado a la configuración de la actual red de carreteras y el futuro de las mismas.

También desde el ámbito de las ciencias de la información, existen tesis relacionadas con los accidentes de tráfico³, estudiando la incidencia positiva o negativa que pueden tener las campañas publicitarias de prevención.

Las investigaciones científicas sobre glorietas, a nivel internacional, abarcan desde la creación de modelos para la predicción de la accidentalidad⁴ en las mismas hasta la

¹ Pulido, J. *Metodología modelizada para el tratamiento de la siniestralidad producida por el tráfico urbano*. Universidad de Granada. 2001.

Azparren, C. *Modelización de la accidentalidad según el tipo de carretera y su circulación*. Univesidad Politécnica de Madrid. 2003.

Paez, J. *Modelo de predicción de ocurrencia de accidentes en tramos de carreteras mediante la medición continua de variables de influencia*. Universidad Politécnica de Madrid. 1999.

Serrano, A. *Análisis y evaluación de las desventajas sociales de los accidentes de tráfico*. Universidad politécnica de Madrid. 1977.

² Mayoral, R. *Infraestructures viaries i organització del territory. Contribució al coneixement del procés de formació de la xarxa viaria de Catalunya*. Universitat de Barcelona. 1991.

Calvo, JI. *Tráfico y transporte en la comarca de Logroño*. Universidad de Zaragoza. 1999.

³ Vargas, J. *Las campañas publicitarias como instrumento de prevención de accidentes de tránsito en Costa Rica*. Universidad de La Laguna. Tenerife 1999.

⁴ Isebrands, H. *Quantifying safety and speed data for rural roundabouts with high-speed approaches*. Iowa State University. 2011.

evaluación de beneficios de las turbo-glorietas⁵, estudiándose en todas ellas parámetros interrelacionados como son el diseño⁶, la capacidad y la seguridad⁷, y que recogemos en nuestra investigación.

Existen diversas tesinas⁸ tutoradas por profesores de la UPC, relacionadas directamente con las glorietas, estudiándolas desde diferentes puntos de vista que van desde el cálculo de los diferentes elementos geométricos hasta auditorias de seguridad vial, pasando por las necesidades y requerimientos que se precisan para su correcta implantación y su coste económico.

2.2.2 ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Se han consultado numerosos artículos científicos sobre glorietas, contrastando resultados, que han sido de vital importancia para la validación de las variables propuestas en la presente investigación.

La lectura y análisis de cada uno de ellos, ha aportado una visión global de cómo y de que manera se están estudiando las glorietas en los diferentes países así como las conclusiones a las que se llegan.

Una parte considerable de estos estudios, se dedican a verificar que la implantación de las glorietas, sustituyendo una intersección en X o en T, disminuye el número de accidentes y sobre todo la gravedad de los mismos⁹.

⁵ Bulla, L. *Metodología para la evaluación técnica y operativa de turbo glorietas como alternativa de intersección vial en el ámbito urbano*. Universidad Nacional de Colombia. 2010.

⁶ Salah-ud-Din Mujahid, R. *Dual-Lane Roundabouts Geometric Design for Optimum Design Consistency and Operation*. Ryerson University. 2012.

⁷ Fortuijn, L.G.H. *Turbo Roundabout and Turbo Circle; Design, Capacity and Safety*. TU Delft. Delft University of Technology. 2013.

⁸ Serra, R. *Manual de càlcul geomètric de rotondes*. Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona. 2009.

Guillen, A. *Auditorias de seguridad vial. Problema de velocidad: Transiciones y accesos a glorietas*. Universitat politècnica de Catalunya. Barcelona. 2006.

Darder, V. *Funciones de las rotondas urbanas y requerimientos urbanísticos de organización*. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. 2005.

Benguigui, A. *Método de cálculo estimativo de costes de construcción de rotondas*. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. 2002.

⁹ Shasi, S ; Venu, P. *A comparative evaluation of the safety performance of roundabouts and tradicional intersection controls*. ITE journal. Marzo 2007.

Bhagwant, N;Persaud, R; Retting. et al. *Crash and injury reduction following installation of roundabouts in the United States*. American Journal of Public Health. Vol91, No 4. April 2001.

También es objeto de análisis en otros artículos, el recuento y clasificación de los tipos de accidentes que se generan en las glorietas¹⁰, desde los más habituales a los más esporádicos.

Otro grupo importante profundiza sobre su diseño¹¹ y las características geométricas de los diferentes elementos de la glorieta, en relación a la seguridad en las mismas.

Existen a su vez numerosos estudios sobre el impacto de las glorietas en los ciclistas¹², que analizan la tipología de accidente más habitual que suele producirse, sobre todo en los países nórdicos, donde este medio de transporte está mucho más extendido.

Menor número de artículos estudian la seguridad de los peatones¹³ en el momento de tener que cruzar por una glorieta.

Es muy abundante la información que los gobiernos de los diferentes países, a través de su ministerio correspondiente o asociaciones relacionadas con el tráfico, han publicado para informar a los conductores sobre como circular en las glorietas, en forma de trípticos, páginas web, y demás, con información eminentemente gráfica¹⁴, explicando cómo incorporarse a las mismas, como circular en el interior de la glorieta, o quien debe ceder el paso en el momento de entrar o salir de la glorieta.

¹⁰ Mauro,R; Catan,M. *Model to evaluate potencial accident rate of roundabouts*. Journal of transportation engineering. DOI:10.1061(ASCE)0733-947X(2004)130:5(602).

Stijn D; Brijs,T; Nuyts,E et al. *Extended prediction models for crashes at roundabouts*. Safety Science 40 (2011) 198-207.

Guichet, B.; Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. *Les accidents dans les carrefours giratoires urbains. Étude statistique de 1993 à 2005*. CERTU. 2009.

¹¹ Easa,S; Mehmood,A. *Optimizing geometric desing of single-lane roundabouts: Consistency analysis*. Civ.Eng.31:1024-1038. 2004.

Pratelli, A. *Design of modern roundabouts in urban traffic systems*. Iowa State University. 2009.

Fisk, C. *Traffic performance analysis at roundabouts*. Transportation Research Part B, Vol.25B, Nos 2/3, pp 89-102. 1991.

¹² Daniels, S; Wets, G. *Traffic safety effects of roundabouts: a review with emphasis on bicyclist's safety*. Hasselt University, Transportation Research Institute. Belgium.2005.

Sakshaug, L; Laureshyn, A; Svensson, A. et al. *Cyclists in roundabouts: Different design solutions*. Accident Analysis Prevention, v42 n4 :1338-1351. 2010.

¹³ Bastos, A; Vasconcelos,L. *Microsimulation applied to performance analysis of roundabouts: the effect of the pedestrians crossings*. Department of civil Engineering. University of Coimbra and Polytechnic Institute of Viseu. Portugal 2009.

¹⁴ US Department of Transportation. Federal Higway Administration. *Roundabouts: an informational guide*. Second Edition. Whasington. 2010.

Otros aspectos más tangenciales como ver el efecto que se produce en la reducción de la emisión de gases¹⁵, el ahorro de combustible, e incluso en la contaminación sonora¹⁶, han sido también objeto de algunos estudios.

Cabe destacar los congresos monográficos sobre glorietas que se celebran cada tres años en Estados Unidos¹⁷ desde el año 2005, donde se presentan ponencias que abordan todos los puntos de vista sobre la problemática de las glorietas.

2.2.3 INSTRUCCIONES TÉCNICAS Y NORMATIVA DE CARRETERAS SOBRE EL DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DE LAS GLORIETAS

La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento es la que tiene el reconocimiento general de todas las Administraciones de Carreteras de CCAA, Diputaciones y entes locales sobre las características de los perfiles de las vías y las normas de construcción de las vías públicas interurbanas mediante las denominadas "Instrucciones Técnicas de Carreteras" (ITCs), las cuales marcan las pautas de mínimos de obligado cumplimiento por los respectivos responsables de la construcción, señalización, explotación, gestión y conservación.

Las Instrucciones Técnicas generales no vienen contemplando las glorietas de manera protocolizada, sino que dan instrucciones sobre las soluciones de seguridad vial en las intersecciones, sin entrar en las características de las posibles glorietas como solución.

La publicación más actual específicamente sobre glorietas en España, data del año 1989 y son unas recomendaciones editadas por el MOPU. La normativa más elaborada en este campo, la encontramos en Cataluña, con la "Instrucció per al Disseny i Projecte de Rotondes. Generalitat de Catalunya. Esborrany abril 2006", que aun siendo sólo un borrador ya establece una diferenciación entre Normas de obligado cumplimiento, directrices también de obligado cumplimiento excepto si se justifican los posibles cambios y recomendaciones que como su nombre indica no son de cumplimiento obligatorio.

En diciembre de 2012 el Ministerio de Fomento editó la Guía de nudos viarios donde, entre los distintos tipos de nudos, se tratan las glorietas.

¹⁵ Várhelyi, A. *The effects of small roundabouts on emissions and fuel consumption: a case study*. Transportation research Part D.7(2002) 65-71.

¹⁶ Makarewicz, R; Golebiewski, R. *Modeling of the roundabout noise impact*. Acoustical Society of America. Vol.122, No 2. [DOI: 10.112/1.2749700] 2007.

¹⁷ TRB International Roundabout Conference 2005. Vail. Colorado.
TRB International Roundabout Conference 2008. Kansas City. Missouri.
TRB International Roundabout Conference 2011. Carmel. Indiana.
TRB International Roundabout Conference 2014. Seattle. Washington.

En algunas Comunidades Autónomas existen dossiers técnicos, fichas técnicas y recomendaciones sobre el diseño de glorietas, pero en ningún caso unas instrucciones técnicas actuales y definitivas monográficas sobre glorietas.

Por ello como en cualquier obra civil, los proyectos que las definen tienen necesariamente que seguir unas pautas generales de obligado cumplimiento, que constituyen las obvias prescripciones a las que de manera general, se deben de someter todas las obras de construcción o de conservación, pero sin detallar las variables constructivas a disponer.

La definición de tales normas de señalización y de prevención vienen recogidas en la Instrucción de Carreteras Norma 8.1-IC del Ministerio de Fomento del Estado, desarrollada en la Orden de 6 de Junio de 1973 por el entonces Ministerio de Obras Públicas que posteriormente ha sido revisada y completada por la orden del Ministerio de Fomento de 28 de Diciembre de 1999.

Algunos de los textos en los cuales se pueden apoyar los proyectistas en España son los siguientes:

- Recomendaciones sobre glorietas. MOPU. Mayo 1989.
- Guía de nudos viarios. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.
- Instrucció per al diseny i projecte de rotondes. Generalitat de Catalunya. Esborrany abril 2006.
- Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas. Comunidad de Madrid. Segunda edición 1995.
- Ficha 5.3 Intersecciones giratorias o glorietas. Instrucción de vía pública. Ayuntamiento de Madrid. Diciembre 2000.
- Dossier tècnic de seguretat viària nº19. Millora de seguretat de les rotondes. Generalitat de Catalunya. 2008.

Citemos a nivel internacional, las siguientes normativas e instrucciones técnicas de referencia:

- Guide Suisse des giratoires. Institut des Transports et de Planification. Lausanne.1991.
- Guide des carrefours urbains. CERTU.2010.
- Design manual for roads and bridges. Department of transport. Volume 6, Section 2, Part 3: Geometric design of roundabouts. Reino Unido. 2007.
- Roundabouts: An informational guide. Second edition. U.S. Department of transportation. Federal Highway Administration. 2010.

2.2.4 SITUACIÓN ACTUAL

Aunque últimamente se está iniciando la implantación en España de las Auditorías de Seguridad Vial, para revisar sistemáticamente las condiciones de seguridad de las vías interurbanas, bien sobre proyectos en fase de elaboración, de ejecución o incluso en vías abiertas al tráfico, se constata la necesidad de la utilización de indicadores sobre aspectos infraestructurales, que detecten y reflejen riesgos en función de parámetros geométricos o físicos.

Las primeras informaciones recogidas apuntan a que existe un cierto vacío en el estudio y determinación de índices orientativos sobre las variaciones de los factores viales y su influencia en la producción de accidentes.

Las glorietas, dentro de este contexto, son aún una solución nada contrastada en sus resultados, que a veces adolecen de considerar como obvio que la glorieta mejora la seguridad vial sin entrar en los porqués.

Las glorietas se vienen implantando dentro de una política general de moderación de la circulación y se pueden apoyar sus habilitaciones en dos supuestos genéricos:

- Glorietas infraestructurales que pretenden modificar de manera sustancial el régimen de tráfico del entorno.
- Glorietas coyunturales no tanto por su provisionalidad como por su improvisación para paliar, de manera rápida, un problema de inseguridad planteado.

2.2.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

▪ CONTACTOS CON DEPARTAMENTOS DE LA UPC

Los primeros contactos en la UPC se hicieron en el ámbito del CERpIE, "Centre Específic de Recerca per a la Millora i Innovació de les Empreses", y con los profesores de la Unidad de Tráfico y Seguridad Vial Fernando Terrés y José Luis Pedragosa. El campo de las glorietas, sin embargo, no había sido tratado en el CERpIE, más dedicado a los efectos de la seguridad laboral vial, y sobre todo al mundo del transporte profesional.

El profesor Xavier Massallé Puig del "Departament d'Infraestructura del transport i del territori" y el profesor Leif Thorson, gerente de proyectos del "Centre d'Innovació del Transport" (CENIT), han sido consultados para la elaboración de esta investigación.

▪ ADMINISTRACIONES PÚBLICAS, RESPONSABLES DE CARRETERAS Y TRÁFICO.

Se mantuvieron reuniones con responsables de Administraciones Autonómicas y Locales: Julio Velázquez y Velázquez, Ingeniero de Caminos y Responsable de Senyalització i Seguretat Viària de la Direcció General de Carreteres del Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya; Paloma Sanchez-Contador, responsable de Seguridad Vial de la Unidad de Vías Locales de la Diputación Provincial de Barcelona; y Ferran Camps, responsable de l'Àrea de Seguretat Viària de la Direcció General de Carreteres de la Generalitat de Cataluña.

▪ FUENTES ESTADÍSTICAS

Ya se ha mencionado anteriormente, avalado por muchos estudios, que la sustitución de un cruce convencional por una glorieta, no sólo hace disminuir el número de accidentes, sino que implica una disminución de la gravedad de los mismos.

Pero no es fácil saber exactamente el número de accidentes acaecidos en las glorietas y su área de influencia, pues es difícil a veces localizar las glorietas en los partes estadísticos de accidentes, que es el procedimiento actual de recogida de información de los accidentes de tráfico interurbanos.

Los accidentes interurbanos como estadística, no necesariamente responden a la plena totalidad de la realidad producida. Las estadísticas oficiales se basan en las fuentes de información reconocidas por los procedimientos de captación de información, determinados reglamentariamente y que obliga a los policías de carretera a cumplimentar el amplio y teóricamente, minucioso parte estadístico de accidente diseñado y regulado por la Dirección General de Tráfico y adaptado, corregido o mejorado por las autoridades de tráfico de las Comunidades Autónomas con la competencia transferida.

Las policías de Carretera españolas (Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil, Ertzaina y Mossos d'Esquadra) actúan de manera similar, pues sus respectivas escuelas de formación determinan esquemas prácticamente iguales de intervención en los accidentes, pero el parte estadístico adolece de ciertos déficits tanto en lo referente a los datos estructurales de las glorietas como en los de su localización.

Por otra parte, las policías de carretera no intervienen (no levantan atestado judicial ni hacen parte estadístico de accidente) si entre los accidentados hay acuerdo y utilizan el parte de declaración amistosa que promueve el sector asegurador (lo que viene a

ser coincidente con la mayoría de accidentes sin lesionados, es decir de solo daños materiales).

Esta circunstancia llega a influir de manera significativa, incluso en los accidentes con víctimas en los que no interviene la policía, no solo porque a veces un aparente accidente de solo daños materiales acaba presentando lesiones no detectadas al principio en los participantes sino que, muy frecuentemente, en los accidentes con lesionados se evacua a los heridos con tal rapidez, que la policía al llegar ya no encuentra rastros. En otras ocasiones, ni los lesionados ni los propios centros sanitarios, por motivos diversos, deciden avisar a la policía.

Un estudio realizado por el Instituto Catalán de Seguridad Vial¹⁸ en el trienio 1992-93-94 demostró que la cifra de heridos en accidente de tráfico atendidos en la red hospitalaria de utilización pública catalana, doblaba a la cifra de heridos que, oficialmente recogía la estadística de la D.G.T. Todo ello es demostrativo de que, no siempre, las estadísticas oficiales son las más fidedignas de la realidad efectiva y que existen otras fuentes de información que, en algunos casos, posiblemente den una versión más completa del problema como pueden ser las Compañías de Seguros (con limitaciones por la protección de datos personales) de la rama del automóvil en el caso de accidente de tráfico y como pueden ser los centros hospitalarios en el caso de heridos en accidente.

Las fuentes de información sobre heridos, por lo tanto, conviene desplazarlas hacia los centros sanitarios y resulta interesante valorar convenientemente, las cifras de heridos asistidos en los servicios de urgencias hospitalarios y dentro de ellos a aquellos que son ingresados en los Hospitales, los cuales constan en las fichas o estadillos de alta hospitalaria de obligada cumplimentación en todos los hospitales del Estado y de registro comprobatorio en las Consejerías de Sanidad de los respectivos Gobiernos Autonómicos.

Allí constan no solo los motivos de la lesión sino el diagnóstico, el tratamiento, la hospitalización y sí cupiese la rehabilitación dentro de dicho hospital. Resulta más asequible la información sobre lesionados en los hospitales públicos que en los privados, no tanto por tal carácter, sino porque los públicos (y dentro de ellos especialmente los de Seguridad Social, propios o concertados) vierten

¹⁸ Institut Català de Seguretat Viària.- Projectes de recerca. 1992-1994.

sistemáticamente sus informaciones a los Organismos de los que dependen, estatales (INSALUD) o autonómicos si tienen las competencias transferidas.

Al tratar el concepto "MUERTO" en accidente, las fuentes de información también se diversifican. A las ya citadas informaciones procedentes de la policía de tráfico, Dirección General de Tráfico (DGT) o Servei Català de trànsit (SCT), y que dan las cifras oficiales de muertos en accidentes de tráfico y en accidente de trabajo por parte de los organismos oficiales respectivamente, hay que añadir otra de mayor rigor médico, aunque de distinta significación conceptual, que son las cifras de muertos según los certificados de defunción que llevan anexos los Boletines Estadísticos de Defunción, confeccionados por los médicos que decretan el fallecimiento de la persona accidentada (generalmente, pero no necesariamente los médicos forenses¹⁹).

En este contexto, la información sobre accidentes de las glorietas, requiere de un cambio en positivo que exija un máximo rigor teniendo en cuenta que a partir de unos buenos protocolos de información sobre las glorietas y sus accidentes, se pueden derivar productos beneficiosos para la seguridad vial.

Bases de Datos Estadísticas:

- Idescat: Instituto de Estadísticas de Cataluña. www.idescat.cat
- Ine: Instituto Nacional de Estadística. www.ine.es
- Anuari Estadístic d'accidents a Catalunya. Servei Català de Trànsit: www.gencat.cat/transit/
- Anuario Estadístico de Accidentes en España. www.dgt.es
- Diputació de Barcelona: www.diba.cat
- IDES: Institut d'Estudis de la Seguretat. www.seguretat.org

▪ BIBLIOGRAFIA Y TRABAJOS CIENTIFICOS

Muchos de los artículos científicos consultados relacionan glorietas con algunos parámetros, pero de forma parcial y sin recogerlos de forma exhaustiva.

¹⁹ Pedragosa, JL. *Accidents amb víctimes a la carretera*. Intitut d'Estudis de la Seguretat. (IDES) 2007. www.seguretat.org

A continuación destacaremos algunos de los títulos analizados en este trabajo de investigación, no restando importancia a la bibliografía que recogemos en el capítulo específico.

- Spacek, P. *Basis of the Swiss Design Standard for Roundabouts*. Transportation research record. no. 1881, (2004): 27-35.
- Guichet, B.; Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. *Les accidents dans les carrefours giratoires urbains. Étude statistique de 1993 à 2005*. CERTU. 2009.
- Brilon, W. *Studies on Roundabouts in Germany: Lessons Learned*. 3rd International TRB - Roundabout Conference, Carmel, Indiana. 2011.
- Bhagwant, N;Persaud, R; Retting, A. *Safety effect of roundabout conversions in the United States*. Transportation research record 1751. Paper No.01-0562.
- Departament d'Interior. Servei Català de Trànsit. *Sistema integral de recollida de dades d'accidents de trànsit: SIDAT. Quadern de trànsit 3*. Generalitat de Catalunya. 2006.
- Departament d'Interior. Servei Català de Trànsit. *La reconstrucció de l'accident de trànsit: Quadern de trànsit 1*. Generalitat de Catalunya. 2001.

Por todo ello, se evidencia que no han sido estudiados hasta la fecha de forma global las variables y factores definitorios de las glorietas y su aplicación en los procesos de mejora y de disminución de los accidentes de tráfico, lo cual avala la presente investigación.

2.3 OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS

A la vista de las fuentes de información y del estado de la cuestión, expuestos en apartados anteriores, se está en condiciones de formular los objetivos de esta tesis doctoral que nació con el título de:

LAS GLORIETAS Y LA SEGURIDAD VIAL.

Análisis de los parámetros y factores definitorios de las glorietas y metodologías de aplicación en los procesos de disminución de los accidentes de tráfico.

Al profundizar en las investigaciones y artículos científicos publicados hasta la fecha en este campo, se ha decidido precisar los objetivos de este estudio e incorporarlos en este nuevo título.

VARIABLES DEFINITORIAS DE LAS GLORIETAS Y SU INCORPORACIÓN A LAS ESPECIALIDADES CIENTÍFICAS.

Análisis de los parámetros y factores definitorios de las glorietas y metodologías de aplicación en los procesos de mejora de diseño y disminución de los accidentes de tráfico.

Tanto en la propuesta de título anterior como en la actual, queda claro el denominador común de las glorietas y la seguridad vial.

Por ello, desde la presentación de la propuesta de tesis hasta la fecha, los objetivos, hipótesis y la propia tesis ha ido evolucionando hacia un planteamiento más específico, y de aplicación directa en la investigación de accidentes para que las conclusiones no reviertan solamente en el campo de las glorietas sino que la metodología y gran parte de los contenidos polivalentes puedan extenderse a las distintas especialidades cuya actividad y desarrollo permitan influir de manera cualificada en la mejora de la seguridad vial. Por consiguiente, la temática de las glorietas que son el concepto originario de esta tesis, ha ido aprovechando los beneficios propios de este trabajo, para erigirse como puente o catalizador entre los dos grandes conceptos diana que subyacen permanentemente en esta tesis: la seguridad vial (beneficio social) y los productos especializados (beneficios científicos).

En el siguiente cuadro se observa en forma de esquema, la estructura de la Tesis, con un objetivo principal del cual se derivan cinco objetivos secundarios, correspondientes cada uno de ellos a una especialidad científica determinada.

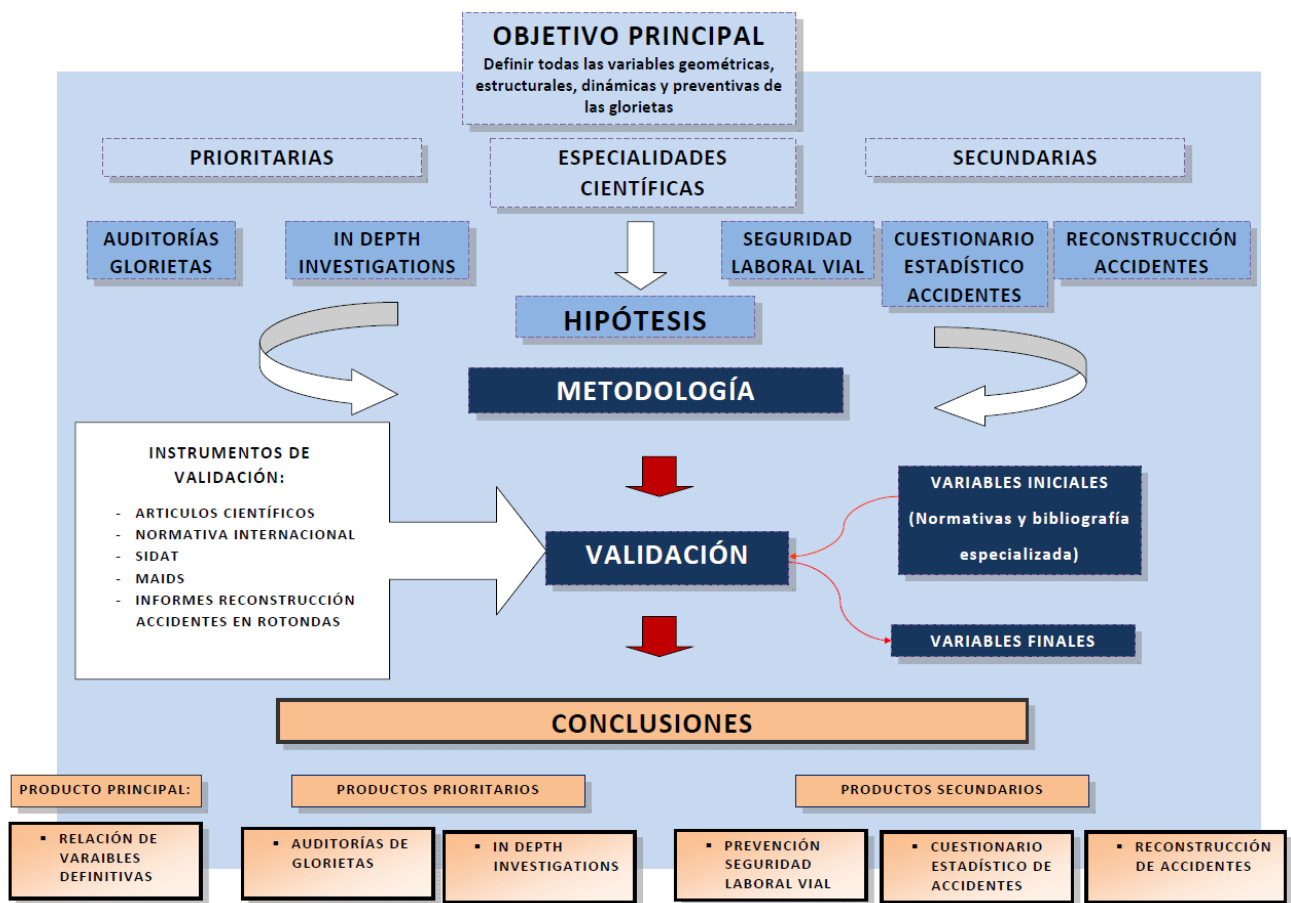


Fig.2.10 Esquema estructura tesis. Elaboración propia.

2.3.1 OBJETIVOS DE LA TESIS

En el marco pues de una constante en esta investigación, que es la mejora de la seguridad vial, y a partir de un objetivo principal de definición de variables en glorietas, se derivan otros objetivos específicos cuya finalidad es su aplicación en unas especialidades científicas sobre esta temática.

2.3.1.1 OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal de esta investigación es:

- Definir las variables geométricas, funcionales, dinámicas y preventivas de las glorietas, sobre las que se justificará su elección para aplicarlas en protocolos de investigación para mejorar la seguridad vial.

El objetivo principal pretende revisar, objetivar y ordenar sistemáticamente los parámetros y factores definitorios de las glorietas, entendido como una glosa amplia, minuciosa y rigurosa posible de estas variables, definidoras de las glorietas en relación con el ordenamiento constructivo, la seguridad vial y la fluidez del tráfico.

No se trata sólo de un mero inventariado sino de un tratamiento especializado y justificado de estas variables en beneficio de los productos finales.

El concepto de variable se ha adoptado no tan sólo para definir la geometría de las glorietas, sino también otros aspectos como por ejemplo el flujo circulatorio, las intensidades medias de tráfico, la densidad o separación entre vehículos e incluso las velocidades medias de los vehículos, que serían catalogables como variables dinámicas¹. Es por ello que se proponen conceptos de estudio más amplios y genéricos como pueden ser los parámetros o incluso los factores tan influyentes en la seguridad vial como son el vehículo y el conductor.

En cualquier caso hay que hacer constar que en esta investigación, las variables planteadas inicialmente y aquellas otras que se añadan y resulten como finales, presentan interdependencia entre ellas, tanto en su valoración conjunta como cuando son inscritas en alguno de los objetivos, hipótesis, validaciones y áreas de trabajo concretas.

2.3.1.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

- **ESPECIALIDADES CIENTÍFICAS**

Cada objetivo secundario corresponde a la aplicación de las variables a una especialidad científica determinada.

Podemos entender como *especialidades científicas* aquellas líneas de trabajo o de investigación, que pueden intervenir en las glorietas y que requieren de una mayor concreción y un más profundo rigor en los estudios y tareas relacionados con esta modalidad de mejora de las intersecciones viales. Se trata por tanto, de un conjunto de **metodologías de aplicación en los procesos de investigación de disminución de accidentes de tráfico en glorietas, que pueden ser aplicados a ámbitos más amplios de la seguridad vial.**

¹ Highway capacity manual 2010. Transportation research board. National Academies of science. USA Government. 2010.

Se han escogido dos especialidades como prioritarias:

- 1.- Auditorías de seguridad vial
- 2.- Investigación de accidentes en profundidad

Y otras tres especialidades como complementarias:

- 3.- Cuestionario estadístico de accidentes
- 4.- Ámbito laboral vial
- 5.- Reconstrucción de accidentes

Todas ellas evidentemente, con el denominador común de su aplicación al caso de las glorietas, con mayor o menor interactividad o influencia pero ampliables en su desarrollo a la seguridad vial.

- **OBJETIVO SECUNDARIO 1**
AUDITORIAS DE SEGURIDAD VIAL

A partir de las variables validadas, se pretende aportar mejoras en los procedimientos de recogida de datos y metodología de trabajo de los auditores de seguridad vial, cuando tengan que evaluar los riesgos de las glorietas, en los distintos tipos de auditoria (en fase de proyecto, obra acabada sin circulación o tramo abierto al tráfico).

- **OBJETIVO SECUNDARIO 2**
IN DEPTH INVESTIGATION (Investigación de accidentes en profundidad en las glorietas)

A partir de las variables validadas, se pretende proponer un procedimiento de toma de datos específico de glorietas, para facilitar los estudios de macro investigación de accidentes, en los ámbitos en los que los responsables de tráfico crean oportuno hacer estudios específicos in depth (en profundidad), para conocer las causas de los mismos y aplicar correcciones. Esta línea ha sido probablemente la que más ha inspirado este trabajo con la modalidad de revisión de aspectos o variables mediante el sistema de cuestionario de cada una con las respuestas (inputs) posibles, fundamentadas en intervalos de clase coherentes a partir de informaciones e instrucciones de la bibliografía reglamentaria y científica consultada.

- **OBJETIVO SECUNDARIO 3**
CUESTIONARIO ESTADÍSTICO DE ACCIDENTE

A partir de las variables validadas y de los cuestionarios estadísticos existentes², elaborar los contenidos y procedimientos de toma de datos de accidentes específicos de glorietas, en el contexto de una posible mejora en la recogida de información sistemática de los datos de los accidentes, por parte de la Policía de Tráfico, tanto a efectos estadísticos como judiciales.

La complejidad y el gran número de variables a tratar justifican la creación de tablas de cruce de variables, clarificando su utilización.

- **OBJETIVO SECUNDARIO 4**
ÁMBITO LABORAL VIAL

Se pretende contemplar los riesgos viales de los trabajadores en itinere, in labore o en misión, tanto en su exposición al riesgo en vía pública como en viales privados. Se pondrá énfasis en las colisiones e intersecciones y en el beneficio de la utilización de las glorietas como solución paliativa, pero con la perspectiva de utilizar la metodología en los Planes de Movilidad de Empresa, en los Planes de seguridad vial territoriales y en los Planes de Prevención realizados por los expertos prevencionistas laborales.

- **OBJETIVO SECUNDARIO 5**
LA RECONSTRUCCIÓN DE LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO

Estudiar las técnicas reconstructivas para evaluar la posibilidad de su mejora a través de la definición de las variables y factores intervinientes en la producción de un accidente de tráfico, para su posible consideración por parte de los reconstructores de accidentes en glorietas, y su extensión para otros supuestos que puedan utilizar la metodología que se propone en este trabajo.

² Departament d'Interior. Servei Català de Trànsit. *Sistema integral de recollida de dades d'accidents de trànsit: SIDAT. Quadern de trànsit 3*. Generalitat de Catalunya. 2006.
Orden del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno de 18 de febrero de 1993 por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación (B.O.E. nº 47 de 24 de febrero de 1993).

2.3.2 RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados que se esperan obtener de este estudio, se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Un compendio sistematizado de variables, parámetros y factores intervinientes en la definición y funcionalidad de las glorietas, que quede a disposición de las comunidades científicas para su posible utilización en el desarrollo de investigaciones y proyectos relacionados con las intersecciones circulares u otros proyectos de mejora de la seguridad vial.
- Mejora en la protocolización de la recogida de información en las glorietas para su aplicación en la planificación, gestión del tráfico y seguridad vial en ellas, ampliables a la seguridad vial general.
- Disponibilidad de encuestas y tablas de aplicación para el estudio de las mejoras de la seguridad vial en las glorietas y extensión de las mismas para los avances que puedan aportarse a las especialidades científicas contempladas como productos de este trabajo.

2.4 HIPÓTESIS DE TRABAJO

- A partir de la documentación y bibliografía específica sobre glorietas en España, se ha venido detectando un cierto déficit en algunos aspectos que se refieren a factores constructivos, de explotación y preventivos de las glorietas. De hecho, en el transcurso de este trabajo se han publicado Instrucciones con mención a las glorietas (Guía de nudos del Ministerio de Fomento¹ español en 2012), pero no se ha publicado en España una Guía monográfica sobre glorietas como en las líneas establecidas en otros países, (UK ,USA o Suiza). En consecuencia hasta la fecha, y en nuestro entorno de la gestión vial, responsables de la construcción, señalización, mantenimiento, explotación y gestión de las glorietas, han suplido estas deficiencias con sus propios criterios profesionales².

A parte de este déficit general, hemos detectado otras deficiencias en el ámbito de las auditorías de seguridad, estudios en profundidad y protocolos de seguridad vial como son:

- Recientemente se ha publicado el Real Decreto 345/2011 de 11 de Marzo sobre gestión de la seguridad de las Infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado, que por primera vez fija unos parámetros genéricos sobre las auditorías de seguridad vial en España. Su desarrollo deberá ser implementado mediante instrucciones técnicas, lo que significa que actualmente los auditores no tienen a su disposición protocolos de análisis de los factores de riesgo, entre ellos, en las glorietas.

La inexistencia de protocolos de análisis de la inseguridad vial para los auditores de carreteras sobre las glorietas, no permite desarrollar auditorías eficientes que detecten los factores de riesgo con exhaustividad y precisión, y propongan las medidas correctoras oportunas.

El primer país que comenzó a valerse de las auditorías de seguridad vial como instrumento para reducir las altas tasas de siniestralidad en sus carreteras fue el Reino Unido, a principios de la década de los 90. Los buenos resultados obtenidos en este país animaron, poco después, a otros como Australia y Nueva Zelanda a seguir el mismo camino.

¹ Guía de nudos viarios. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.

² Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació.; Servei Català de Trànsit. *Millora de la seguretat de les rotondes*. Servei Català de Trànsit : Generalitat de Catalunya, Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació. 2008.

Hasta la fecha, las ASV están totalmente implantadas en otros países europeos, como Dinamarca y Alemania (donde son obligatorias en todas las carreteras nacionales y se realizan en 7 de cada 15 regionales). Asimismo, se encuentran en fase de aplicación en otros como Holanda y Portugal y en varios países europeos su implantación está prevista para los próximos años. Fuera del Viejo Continente, se están llevando a cabo proyectos piloto en países como Estados Unidos y Canadá y en algunos hispanoamericanos como Chile.

Las Auditorías exigen un minucioso y riguroso control de las variables productoras de riesgo y no se tiene conocimiento que en el caso de las glorietas se hayan establecido protocolos de evaluación de tales factores en España.

- Las técnicas de investigación en profundidad parecen ser las más adecuadas para conocer los factores preferentes que determinan la producción de accidentes. Aunque el procedimiento de realización sea más costoso, se tiene el convencimiento de que promover estas líneas de trabajo repercutirá en beneficio de nuestra calidad de vida, al aportar un importante plus en las mejoras de la seguridad vial. De hecho, la metodología utilizada en nuestra investigación se ha inspirado en los estudios in depth más relevantes (MAIDs Project 1999-2002) y las líneas que aquí establecemos son absolutamente concordantes con la metodología in depth, que será así la especialidad científica más directamente beneficiada en la aplicación de los resultados de este trabajo, para los estudios sobre seguridad vial en las glorietas.

Las investigaciones en profundidad sobre los aspectos más importantes de la seguridad – inseguridad vial a nivel internacional, y concretamente el estudio MAIDs³ no incluye una batería de preguntas o de ítems suficientes sobre intersecciones, que llegaran a acotar el marco de influencias de tales variables en los riesgos de accidente.

- Los procedimientos⁴ que hasta la fecha vienen utilizando quienes tienen la misión de asistir al lugar del accidente, recoger la información y más adelante confeccionar los partes estadísticos de cada accidente, no favorecen el desarrollo de estudios eficientes en la materia, cuando se trata de los análisis de los riesgos en glorietas.

³ OCDE. Grupo de trabajo de seguridad vial. MAIDs. 1998-2001.

⁴ Cuestionario estadístico de accidentes de tráfico. Anexos a la Orden de 18 de febrero de 1993 (BOE de 24 de febrero de 1993). Dirección General de Tráfico. Ministerio del interior.

La insuficiencia de datos sobre los factores de riesgo inherentes al uso del tráfico en intersecciones con glorietas en los partes estadísticos de accidentes, no permiten un desarrollo efectivo de estudios macro estadísticos de los que deriven planes de prevención de accidentes en tales contextos.

- Las técnicas utilizadas para la reconstrucción de los accidentes de tráfico se basan en los antecedentes que recoge la policía en el lugar de los hechos que, cuando se trata de un accidente en glorietas, viene siendo una información limitada que impide a los investigadores abrir el campo de las casuística de los accidentes que investigan más allá de la información que les proporcionan los agentes actuantes en las diligencias de toma de datos, por no disponer de un protocolo sistematizado que revise otros factores de causalidad de tales accidentes.
- La inexistencia de valoración sobre el número de glorietas y su evolución, tanto en la red vial de carreteras y vías urbanas de nuestra demarcación como en viales privados de las empresas, es un hecho trascendente en el ámbito laboral, dado que los accidentes laborales de tráfico suponen cerca de la mitad de los accidentes de tráfico mortales. La laboralidad como factor de riesgo ha estado ausente hasta hace muy poco tiempo en la consideración de las causas de accidentalidad de tráfico, y también de la accidentalidad laboral, por lo que tales déficits han venido generando un gran vacío en las posibilidades de mejora de la prevención de riesgos laborales en el marco de la movilidad de los trabajadores

En la medida en que se han ido incorporando estudios e investigaciones sobre las “modalidades científicas”, y una vez asumida, asimismo, la línea de prevención de riesgos laborales viales, se ha constatado que el abandono que inicialmente se encontró en la consideración de esta especialidad, se transformó en prioridad cuando los organismos responsables de la seguridad laboral y la seguridad vial (en general departamentos de Trabajo y de Interior) y también los empresarios y sus técnicos de prevención, fueron descubriendo la severa participación de los accidentes laborales viales en los respectivos campos de acción preventiva. En tal coyuntura se ha podido comprobar que las innovaciones de mejora de las intersecciones como es el caso de las glorietas, entraban dentro de este nuevo espacio de necesaria mejora en todos los ámbitos. Tanto campo por recorrer (casi partiendo de cero) existía en los aspectos de riesgo en el diseño de las glorietas como en la interpretación de su uso por parte de los conductores (aún lejos de un reciclaje obligatorio de conocimientos y de una actualización de sus hábitos y actitudes en la convivencia sobre la vía pública con los demás usuarios). Las

glorietas se erigen pues, como un nuevo escenario, banco de pruebas de aspectos prácticos de mejora de la seguridad laboral y vial.

A partir de estas deficiencias detectadas nuestra hipótesis de trabajo es:

La definición sistematizada de variables geométricas, funcionales, dinámicas y preventivas de glorietas, para ser aplicadas en protocolos de investigación, permitirá analizar con mayor rigor las causas de la accidentalidad en las glorietas. Esta sistematización de variables podrá ser extrapolable, parcial o totalmente, a otras especialidades científicas que acaben revertiendo en la mejora de la seguridad vial general.

2.5 METODOLOGÍA E INSTRUMENTOS A UTILIZAR PARA CONTRASTAR LAS HIPÓTESIS DE TRABAJO

La materia relacionada con las glorietas así como el alcance y objetivos de esta investigación nos obliga a sistematizar el inventario de variables de las glorietas.

Se realizará una primera relación de variables definatorias de las glorietas para alcanzar los objetivos propuestos. Esta primera relación se realizará a ser posible en exceso para llevar a cabo la validación, en la cual se añadirán o eliminarán aquellas variables que no tengan aplicación en los protocolos de investigación en el ámbito de este estudio.

Para ello proponemos la siguiente metodología de trabajo:

- Propuesta de definición, clasificación y nomenclatura de las variables iniciales definatorias de las glorietas.
- Selección y validación de las variables que intervienen en los protocolos de investigación de las infraestructuras viarias.
- Relación de Variables Definitivas, aplicación en protocolos específicos de glorietas y ampliación en especialidades afines.

2.5.1 PROPUESTA DE DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA DE LAS VARIABLES INICIALES DEFINITORIAS DE LAS GLORIETAS

La ordenada disposición de las variables puede abrir importantes posibilidades para una toma de datos rigurosa sobre accidentes en glorietas, y facilitar la metodología de recogida de información de los auditores de seguridad vial e investigadores de accidentes.

Se ha partido del sistema de clasificación de variables preestablecido por la metodología de investigación de accidentes de la OCDE, utilizado en las hojas de toma de datos "Data Summary Sheets" de los cuestionarios de cierre del MAIDS Project¹. La metodología del MAIDS Project se apoya en una exhaustiva clasificación de variables para ser utilizadas en análisis multivariantes, sobre 921 accidentes de vehículos de dos ruedas, ocurridos en cinco países de la Comunidad Europea.

¹ MAIDS. Motorcycle Accidents In Depth Study. *In-depth investigations of accidents involving powered two wheelers*. 2009.

El método utilizado por el MAIDS ya era recogido por el Hurt Study², basándose ambos en la definición de variables codificadas en cada accidente y posteriormente analizadas.

Ambas metodologías recogen unas 2000 variables, incluyendo una completa reconstrucción del accidente, estado del vehículo, información médica y entrevistas de las personas que intervinieron en el accidente. Toda la información recogida de forma codificada es posteriormente analizada, para investigar los factores que han contribuido en el accidente.

Recordemos que las variables del presente estudio, se han limitado a los condicionantes propios de las glorietas.

El punto de partida de **Definición de variables iniciales** de las glorietas es el campo informativo de la bibliografía convencional, de las Normativas e instrucciones técnicas de uso generalizado en el campo de la construcción y gestión de carreteras, y en especial de las glorietas, a nivel nacional.

Al finalizar la recopilación de conceptos objetivables y cuantificables de las glorietas, y ampliada hasta finalizada la fase de validación de variables iniciales, se inicia la fase de enumeración y clasificación.

En esta fase de **Enumeración y clasificación de variables iniciales** se han agrupado las variables según 4 Bloques temáticos, de una misma categoría, correspondientes a Variables Generales, Variables Dinámicas, Variables Estáticas y Variables Preventivas.

² Hurt Report. *Motorcycle Accident Cause Factors and Identification of Countermeasures*. 1981. U.S. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration.

Bloque A.
Variables generales

Capítulo A1.- Antecedentes
Capítulo A2.- Aspectos básicos



Bloque B.
Variables dinámicas: El tráfico

Capítulo B1.- Tráfico circulante



Bloque C.
Variables estáticas:
Geometría y señalización

Capítulo C1.- Plataforma anular
Capítulo C2.- Entradas y salidas
Capítulo C3.- Isletas
Capítulo C4.- Delimitación otros usos
Capítulo C5.- Señalización
Capítulo C6.- Pavimento



Bloque D.
Variables preventivas:
La seguridad

Capítulo D1.- Datos de accidentalidad
Capítulo D2.- Medidas de prevención
y protección



Se propone una **Nomenclatura de variables** que permita una estructura de trabajo y sea base para el sistema de clasificación.

La Nomenclatura utilizada se aplicará a todos los documentos de trabajo y a los finalmente propuestos en este estudio. Para su definición se ha tenido en cuenta una jerarquía constituida por niveles y cubriendo todos los campos, objeto del estudio.

Se ha realizado la Nomenclatura según el modelo establecido por el MAIDS, pero a diferencia de este, se ha abierto el sistema, de tal manera que se puedan abrir los campos.

La clasificación de las variables realizada a partir de los Bloques temáticos, se ha dividido en Capítulos, los cuales se subdividen en las Variables Genéricas.

De estas variables Genéricas se pueden derivar ya los ítems o, si el capítulo lo requiere, se incluyen previamente las variables específicas, siendo de estas últimas de donde se desprenden los ítems.

Los ítems cubren a manera de encuesta las investigaciones de las especialidades contempladas en esta tesis. De esta forma, quedan cubiertas las posibles respuestas a cada cuestión planteada, de manera que mediante la cobertura exhaustiva de cada cuestión, se pretende que haya un ítem identificativo de cada respuesta.

Ejemplo de nomenclatura:

D1.2.1 Tendencia de accidentes con víctimas en los últimos tres años.

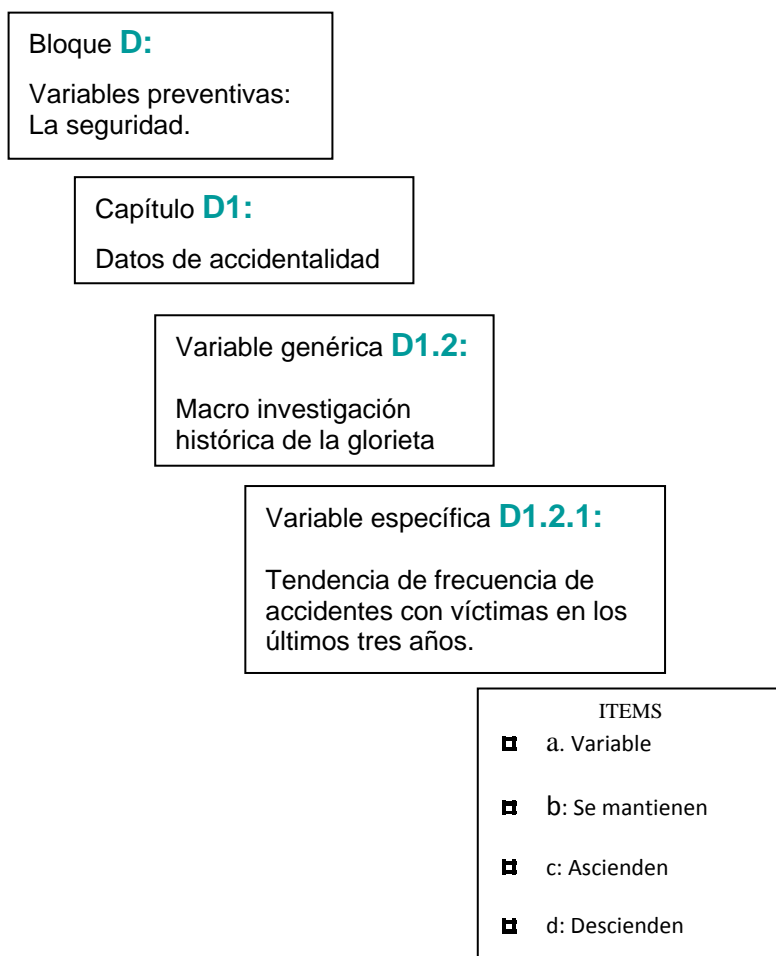


Fig. 2.11 Ejemplo de nomenclatura de una variable. Elaboración propia.

2.5.2 SELECCIÓN Y VALIDACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LOS PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS VIARIAS.

Los distintos frentes abiertos en el propio desarrollo de la tesis en las diferentes especialidades científicas nos han llevado a abrir varios campos de acción con sus correspondientes instrumentos y metodologías.

De entre la relación de variables iniciales, realizada a partir de las Normativas e Instrucciones Técnicas, se ha llevado a cabo la **selección y validación de las variables definitivas**, tras ser contrastadas con trabajos científicos a nivel internacional, y de su aplicación en las especialidades científicas.

HERRAMIENTA 1	HERRAMIENTA 2	HERRAMIENTA 3
PUBLICACIONES CIENTÍFICAS NORMATIVAS INTERNACIONALES	ESPECIALIDADES PRIORITARIAS - AUDITORIAS DE SEGURIDAD VIAL - INVESTIGACIONES DE ACCIDENTES EN PROFUNDIDAD. IN DEPTH (MAIDS)	ESPECIALIDADES COMPLEMENTARIAS - SIDAT - RECONSTRUCCION ACCIDENTES EN GLORIETAS - PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES VIALES

Fig. 2.12 Esquema de herramientas de validación de variables iniciales. Elaboración propia.

2.5.2.1 HERRAMIENTA 1: VALIDACIÓN MEDIANTE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS INTERNACIONALES Y NORMATIVAS INTERNACIONALES.

Para la validación a través de las publicaciones científicas, se ha teniendo en cuenta la fecha de dicha publicación y la posición de la revista según los Indicadores del Journal Citation Reports.

Las revistas de publicación se han seleccionado en un ámbito geográfico amplio, pero también se han tenido en cuenta estudios realizados a nivel nacional o de otros países de la Comunidad que no han sido publicados en el ranking pero que se pueden asimilar al caso de Cataluña, por su proximidad geográfica, cultural o económica.

También se han utilizado para la validación normativas e instrucciones técnicas internacionales de países como Francia, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos.

2.5.2.2 HERRAMIENTA 2: APLICACIÓN DE VARIABLES EN ESPECIALIDADES PRIORITARIAS.

Las Especialidades prioritarias, se han realizado en un estricto marco jurídico.

Nos referimos a las Instrucciones y Normativas relacionadas en el capítulo del Estado del Arte, y al **Real Decreto 345/2011** de 11 de marzo del Ministerio de Fomento, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado.

Las líneas de trabajo principales, por los efectos prácticos y las repercusiones en beneficio de ambas especialidades en el futuro, se han realizado en las **Auditorías de Seguridad Vial** y en las **Investigaciones de Accidentes en profundidad**. La primera de estas especialidades se centra en los aspectos geométricos, dinámicos y de seguridad de la glorieta y la segunda, en el análisis y causalidad de los accidentes en la glorieta de estudio, para proponer las medidas preventivas o correctoras oportunas.

Según la Ley de carreteras 25/1988 de 29 de Julio, los métodos de evaluación que se recogen y que se encuadran dentro del marco general establecido, son:

- La evaluación del impacto de las infraestructuras viarias en las fases iniciales de planificación.
- Las **auditorías de seguridad** viaria en las fases de anteproyecto, proyecto, previa a la puesta en servicio y en período inicial de servicio de las carreteras.
- La clasificación de seguridad en los tramos de la red atendiendo a la concentración de accidentes y al potencial de mejora de la seguridad, el tratamiento prioritario de los tramos de concentración de accidentes y de los que representen un mayor potencial de ahorro de costes causados por los accidentes.
- La realización periódica de inspecciones de seguridad viaria en las carreteras en servicio.

Las Investigaciones de Accidentes, In Depth Investigation, se están empezando a introducir en España, como una línea de trabajo obligada por la Comunidad Europea. En estos casos, es necesario definir los datos a recoger previamente, no tanto para comodidad del equipo investigador, sino para conseguir homogeneizar la muestra y contemplar los aspectos más relevantes que se deseen investigar.

Estos trabajos, por ser prospectivos son bastante más caros, pero sus resultados son mucho más satisfactorios dado que de cada accidente se obtienen del orden de 500 informaciones que supone informatizar unos 2.000 conceptos en código numérico.

La experiencia del MAIDS Project (Motorcycle Accidents In Depth Study) desarrollado en Barcelona para la Unión Europea constituye una pauta cualitativa referencial a tener en consideración para extrapolar a las glorietas. (MAIDS Project Results 2007).³

³ MAIDS Project Barcelona. 1999-2001.
MAIDS Project resultados. Bruselas. 2007.

2.5.2.3 HERRAMIENTA 3: APLICACIÓN EN ESPECIALIDADES COMPLEMENTARIAS

Cuestionarios estadísticos policiales. Proyecto SIDAT como trabajo investigador en Cataluña.

El proyecto SIDAT, diseñado por el "Servei Català de Trànsit" es un modelo integrado para todos los cuerpos policiales que intervienen en la recogida de datos en accidentes de tráfico con víctimas.

Este proyecto se recoge en el "Quadern de trànsit num.34," editado por el Servei Català de Trànsit", que contiene los siguientes puntos:

- Situación del estado actual en el registro de informaciones de cada accidente.
- Resultados fundamentales del SIDAT referentes a la reseña del proceso de trabajo realizado, así como conclusiones generales sobre la tarea realizada y reflexiones sobre las líneas de futuro del registro de datos de accidentalidad en el contexto de la investigación de la seguridad vial.
- Manual de descripción de las variables y campos con los correspondientes sistemas de rellenado y ejemplos en pliegos de resumen.⁵

Técnicas de reconstrucción de accidentes.

Los principios físicos en los que se basa la reconstrucción de accidentes de tráfico deben de ser necesariamente aquellos que están contenidos en la física general, aunque es evidente que no aplicando estrictamente los principios de la física teórica pura sino que se trata de una especialidad suficientemente desarrollada con el estudio de casos prácticos como para que sus técnicas de análisis y realización tengan un mayor fundamento en la física experimental.

Se ha accedido y se ha considerado en la validación de variables, 10 reconstrucciones de accidentes en glorietas relacionadas a continuación, realizadas por especialistas para evaluar la influencia de las variables que han intervenido en estas reconstrucciones y detectar aquellos aspectos deficitarios de dichos dictámenes que hubieran podido mejorar su calidad caso de haber dispuesto de la relación de variables finales:

⁴ Departament d'Interior. Servei Català de Trànsit. *Sistema integral de recollida de dades d'accidents de trànsit: SIDAT. Quadern de trànsit 3. Generalitat de Catalunya. 2006.*

⁵ Departament d'Interior. Servei Català de Trànsit. *Sistema integral de recollida de dades d'accidents de trànsit: SIDAT. Quadern de trànsit 3. Generalitat de Catalunya. 2006.*

- Reconstrucción del accidente ocurrido en la glorieta de las calles Josep Tarredelles, Prat de la Riba, Jaume Abril de Viladecans del 4 de abril de 1996.
- Reconstrucción del accidente ocurrido en la glorieta ubicada en el Pk.2,800 de la carretera C148A, variante de Balaguer en el término municipal de Vallfogona el 17 de noviembre de 1996.
- Reconstrucción del accidente ocurrido en la glorieta ubicada en el Pk. 81,700 de la carretera local LC-403 en el término municipal de Santa Comba en La Coruña el 2 de mayo de 1999.
- Reconstrucción del accidente ocurrido en la glorieta ubicada en el Pk.14,400 de la carretera C-250 de Girona a Sant Feliu de Guixols en el término municipal de Cassà de la Selva el 24 de diciembre de 1999.
- Reconstrucción del accidente ocurrido en la glorieta de la intersección de la carretera de las cuevas de porto Cristo y el acceso a las cuevas del Drac en el Municipio de Manacor el 2 de abril del 2000.
- Reconstrucción del accidente ocurrido en la glorieta de la carretera BI-3739 PK. 7,850 de Larrea a Lutxana en el término municipal de Baracaldo el 28 de noviembre de 2000.
- Reconstrucción del accidente ocurrido en la glorieta ubicada en el Pk.8,400 de la carretera N-344 de Alcantarilla a Valencia, termino municipal de Torres de Cotillas el13 de enero de 2001.
- Reconstrucción del accidente ocurrido en la glorieta ubicada en el Pk.18,600 de la carretera BP-1503 de Gracia a Manresa en el núcleo urbano de Rubí el 2 de abril de 2002.
- Reconstrucción del accidente ocurrido en la glorieta ubicada en el PK 0,00 de la carretera B-510 de argentona a Llinars del Vallés en la confluencia con la carrtera C-1415 de Argentona a Dosrius en el municipio de Argentona el 14 de marzo de 2003.
- Reconstrucción del accidente ocurrido en la glorieta ubicada en el Pk.27,200 de la carretera C-712 de Artà a Puerto de Alcudia el 29 de diciembre de 2004.

Prevención de riesgos laborales viales

Las estadísticas de accidentalidad laboral son concluyentes al demostrarnos que el lugar de trabajo más accidentógeno es la vía pública, el equipo de trabajo más agresivo es el móvil (vehículo o máquina) y la máxima exposición al riesgo de lesiones severas en un puesto de trabajo es la conducción de vehículos a motor. Los accidentes "in itinere", "in labore" y en misión se muestran como el fenómeno más frecuente en las tablas de análisis de los accidentes de trabajo mortales y graves, y, al

mismo tiempo, se presentan como ese gran vacío de gestión técnica empresarial y de las entidades especializadas en accidentes, sobre el que existen dificultades evidentes para crear y realizar actuaciones preventivas y de control.

Las técnicas más avanzadas en la prevención de riesgos laborales son contempladas, desarrolladas y aplicadas en el CERPIE⁶ de la UPC, centro universitario de referencia en este campo, el cual nos ha cedido material de formación y estudio para utilizar en la validación de las variables iniciales. En concreto se trata de los esquemas de planes de movilidad para empresas, herramientas de análisis para poder comprobar si es una especialidad científica dadora o receptora de información sobre las glorietas.

2.5.3 RELACIÓN DE VARIABLES DEFINITIVAS. APLICACIÓN EN PROTOCOLOS ESPECÍFICOS DE GLORIETAS. RETROALIMENTACIÓN DEL SISTEMA. AMPLIACIÓN EN ESPECIALIDADES AFINES.

Finalizada la validación mediante las herramientas desarrolladas en el apartado anterior, se obtiene la relación de variables definitivas específicas de glorietas y aplicables a otras especialidades afines.

De la relación de variables definitivas, se discriminarán las necesarias para elaborar los diferentes protocolos de investigación de glorietas.

Intencionadamente, el sistema se ha diseñado abierto para poder añadir nuevas variables, si fuera necesario, a medida que se apliquen los diferentes protocolos.

En futuros estudios, esta relación de variables finales podría pasar a ser la relación de variables iniciales, incorporando nuevas variables, retroalimentando así el sistema y pudiendo extrapolar su aplicación a otros campos de la seguridad vial.

⁶ Centre Específic de Recerca Per a la millora i Innovació de les Empreses.

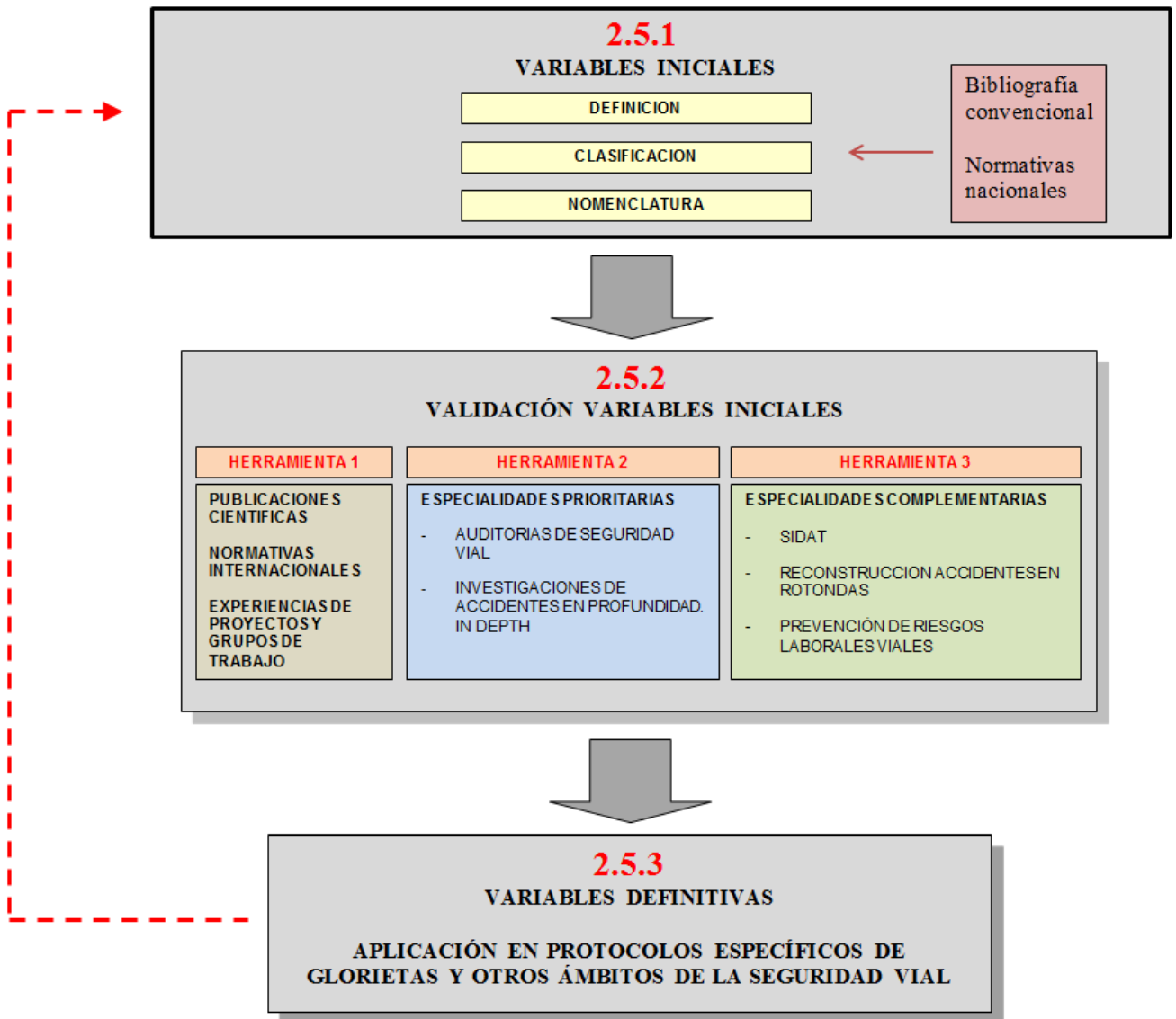


Fig. 2.13 Esquema metodología utilizada. Elaboración propia.

3. PROPUESTA DE VARIABLES INICIALES

3.1 VARIABLES INICIALES. ELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El punto de partida del trabajo de definición de variables de las glorietas es el campo informativo de la bibliografía convencional y de la normativa específica e instrucciones técnicas a nivel nacional consultadas.

3.1.1 BLOQUES TEMÁTICOS: SU CLASIFICACIÓN

La relación de variables iniciales se ha clasificado en 4 "Bloques" temáticos, que agrupan temas de una misma categoría correspondientes a: Variables Generales, Variables Dinámicas, Variables Estáticas y Variables Preventivas.

Para obtener la definición de estas variables, los bloques temáticos se han dividido en Capítulos que a su vez contienen las Variables llamadas Genéricas.

De estas Variables Genéricas, se derivan directamente, en algunos capítulos, los denominados "Ítems".

En otros, de las Variables Genéricas, se desprenden unas Variables Específicas, siendo de estas últimas de las que se derivan los ítems.

Los "Ítems" cubren a manera de encuesta polivalente, las posibles respuestas a cada cuestión planteada, de manera que mediante la cobertura exhaustiva de cada cuestión, se pretende que haya un ítem identificativo de cada respuesta.

Veamos un ejemplo de lo dicho anteriormente:

BLOQUE B	CAPÍTULO B1	VARIABLE GENÉRICA B1.10	a	Inferior a los 5 m
VARIABLES DINÁMICAS	TRÁFICO CIRCULANTE	Densidad media de las vías	b	Entre 5 y 10 m
EL TRÁFICO		de entrada y salida de la	c	Entre 10 y 15 m
		glorieta	d	Entre 15 y 20 m
			e	Más de 20 m

Fig. 3.1 Ejemplo de clasificación sin variables específicas y cinco ítems.

				Variable específica C1.4.7	Existencia de arcén exterior
				a	No existe arcén
BLOQUE C	CAPÍTULO C1		VARIABLE GENÉRICA C1.6	b	Menor de 0,5m
VARIABLES ESTÁTICAS:	DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS	Existencia de arcones		c	Entre 0,5 y 1m
LA GEOMETRÍA	GEOMÉTRICAS EN PLANTA			d	Más de 1m

Fig.3.2. Ejemplo de clasificación con variables específicas y cuatro ítems.

Al cerrar la relación de variables iniciales los 4 bloques temáticos se han constituido 11 capítulos, 53 variables genéricas y 117 variables específicas que, siguiendo criterios de clasificación¹ de la OCDE en sus encuestas de investigación de accidentes en profundidad, han recibido una numeración susceptible de ser integrada de manera ordenada en cualquier programa informático que requiera la obtención de resultados.

En resumen, los 4 grandes BLOQUES corresponden a temas tan distintos como:

- **BLOQUE A:** VARIABLES GENERALES.
- **BLOQUE B:** VARIABLES DINÁMICAS: EL TRÁFICO.
- **BLOQUE C:** VARIABLES ESTÁTICAS : GEOMETRIA Y SEÑALIZACIÓN.
- **BLOQUE D:** VARIABLES PREVENTIVAS: LA SEGURIDAD.

¹ MAIDS. Motorcycle Accidents In Depth Study 199-2001. *In-depth investigations of accidents involving powered two wheelers*. 2009 (Conclusiones actualizadas).

3.1.2 CAPITULOS: JUSTIFICACIÓN DE CONTENIDOS

Tras una primera definición de los bloques, estos se han dividido en capítulos, con el fin de homogeneizar los criterios de clasificación.

BLOQUE A: VARIABLES GENERALES

CAPITULO A1: Antecedentes.

CAPITULO A2: Aspectos básicos.

Estos dos capítulos permiten la identificación tipológica, funcional, administrativa y de características básicas de la glorieta. Esto nos permite sentar un marco inicial de datos de localización, de antigüedad, de personalidad básica por sus condiciones más amplias y sobre los órganos responsables de su proyecto, así como los datos de la construcción, explotación, mantenimiento y gestión. Al ser la glorieta una intersección receptora de vías, con mucha frecuencia contiene ramales de calles o carreteras dependientes de organizaciones responsables distintas.

El Capítulo A1, referente a aspectos básicos, se erige como un primer apartado tendente a remarcar la historia de la intersección, en la medida que puede pertenecer o haber pertenecido a la competencia de distintos Organismos, tanto el proyecto de glorieta en sí, como los ramales de acceso a la misma, ya que no siempre se trata de Organismos coincidentes.

También se incluye el motivo por el cual se tomó la decisión de ordenar la intersección con anillo. Se pretende determinar los motivos o causas que influyeron fundamentalmente en la construcción de la glorieta, y finalmente se marcan las dos variables de mayor carácter definitorio: la cronología (fechas de los cambios estructurales de la intersección) y localización o ubicación de la misma.

BLOQUE B: VARIABLES DINÁMICAS: EL TRÁFICO

CAPITULO B1: Tráfico circulante.

El tráfico de vehículos es el protagonista principal de este Capítulo, en el cual se recoge información de intensidades medias diarias (IMD), del volumen de tráfico, y de otros parámetros como, por ejemplo, el tipo de vehículo.

BLOQUE C: VARIABLES ESTÁTICAS: GEOMETRÍA Y SEÑALIZACIÓN

CAPITULO C1: Plataforma anular.

CAPITULO C2: Entradas y salidas.

CAPITULO C3: Isletas.

CAPITULO C4: Delimitación de otros usos.

CAPITULO C5: Señalización.

CAPITULO C6: Pavimento.

En este capítulo se incluyen las variables definitorias de la geometría de la glorieta tanto en planta como en alzado y los elementos de señalización tanto horizontal como vertical en la propia glorieta y en las vías de acceso a la misma.

BLOQUE D: VARIABLES PREVENTIVAS: LA SEGURIDAD

CAPITULO D1: Datos de accidentalidad.

CAPITULO D2: Medidas de prevención y protección.

Probablemente sea éste el Capítulo más abierto y que aporte más posibilidades de extensión en la medida en que, las investigaciones de accidentes en profundidad, pueden abrirse a más amplias consideraciones en los antecedentes de accidentalidad, no solo en la propia intersección, sino en los ramales de aproximación.

3.1.3 VARIABLES GENÉRICAS

Como se comentó anteriormente, estas variables genéricas se erigen como pregunta a la que ya pueden responder los ítems de respuesta.

Sin embargo hay algunos capítulos que aun requieren de un peldaño más de aproximación a las respuestas: las Variables específicas, las cuales se trataran en el punto 3.1.4.

BLOQUE A: VARIABLES GENERALES

Capítulo A1: Antecedentes.

Dentro de este capítulo, tenemos las siguientes *Variables Genéricas Iniciales*:

- A1.1 Funcionalidad y objetivo principal.
- A1.2 Ubicación de la glorieta.
- A1.3 Administraciones responsables de las vías incidentes.
- A1.4 Organismo competente en la construcción de la glorieta.
- A1.5 Organismos responsables de la explotación, gestión y mantenimiento de la glorieta.
- A1.6 Coordinación entre organismos cuando las vías de acceso corresponden a distintas competencias.
- A1.7 Cronología.

Las variables genéricas:

- A1.1 Funcionalidad y objetivo principal.
- A1.2 Ubicación de la glorieta.

Se derivan de la bibliografía convencional general sobre glorietas, fundamentalmente de los dos dossieres técnicos editados por la Generalitat de Catalunya sobre glorietas, uno del Institut Català de Seguretat Viària² y otro del Servei Català del Trànsit³ donde se exponen la justificación y las ventajas de solucionar los problemas de seguridad de las intersecciones con las glorietas o glorietas.

² Institut Català de Seguretat Viària. Dossier tècnic nº4 de seguretat viària: *Les rotondes*. Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya. 1992.

³ Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació.; Servei Català de Trànsit. *Millora de la seguretat de les rotondes*. Servei Català de Trànsit : Generalitat de Catalunya, Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació. 2008.

Las variables genéricas:

- **A1.3 Administraciones responsables de las vías incidentes.**
- **A1.4 Organismo competente en la construcción de la glorieta.**
- **A1.5 Organismos responsables de la explotación, gestión y mantenimiento.**
- **A1.6 Coordinación entre organismos.**
- **A1.7 Cronología.**

Son el reflejo de los Planes de construcción de carreteras de los distintos Organismos responsables de la planificación urbanística, territorial y vial, Leyes de Movilidad⁴ aplicables vigentes y de los estudios realizados por dichas organizaciones, ahora mismo adscritas a Ministerios, Consejerías y Diputaciones, para la detección y eliminación de puntos negros y tramos peligrosos que vienen haciendo por períodos, poniendo especial énfasis en la sustitución de intersecciones peligrosas por ordenaciones de mejora, entre ellas las glorietas.

En la fase inicial de este proyecto se ha establecido contacto los responsables de la Dirección General de Carreteras del Departament de Política Territorial y Obres Públiques, actualmente Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya y especialmente con la Unidad de Vías Locales de la Diputació Provincial de Barcelona, quienes nos han orientado sobre los esquemas organizativos y de coordinación competencial que aparecen en este apartado.

BLOQUE A: VARIABLES GENERALES

Capítulo A2: Aspectos básicos.

Dentro de este capítulo, tenemos las siguientes *Variables Genéricas Iniciales*:

- A2.1 Tipo de glorieta.**
- A2.2 Forma geométrica en planta.**
- A2.3 N° de ramales (calzadas de acceso) totales de entrada y salida de la glorieta.**
- A2.4 N° de flujos de tráfico de entrada a la glorieta.**
- A2.5 N° de flujos de tráfico de salida de la glorieta.**
- A2.6 Rango (aportación de tráfico) de las vías incidentes a la glorieta.**
- A2.7 La glorieta en el contexto de la política de ordenación de la zona.**

⁴ Llei 9/2003 de 13 de junio de la movilidad. DOGC 3913, 27-06-2003. Generalitat de Catalunya. 2003.
Directrius Nacionals de Mobilitat. Decret 362/2006. Generalitat de Catalunya. 2006.

Se han incluido los aspectos definitorios de la glorieta más clásicos y visibles, empezando por la forma de la glorieta y acabando con los ramales y flujos circulatorios en la medida que cada acceso puede tener sentido único o doble sentido de circulación habilitado.

Estas variables constituyen el compendio marco de elementos definitorios de una glorieta desde la vertiente de diseño y solución adaptada a las circunstancias de la circulación vial de la intersección en la que se ubican. Se han extraído de la bibliografía básica, de la observación directa así como de los proyectos facilitados por la *Unitat de Vies Locals de la Diputació* de Barcelona en la fase inicial de esta tesis.

Los Dosieres Técnicos sobre glorietas del *Departament d'Interior* de la Generalitat de Catalunya ya mencionados, las Instrucciones que sobre definición de glorietas publicó en 1991 la Dirección de Carretera de la Comunidad Autónoma de Madrid y la Guía de nudos viarios de diciembre de 2012 del Ministerio de Fomento, han complementado la información sobre estas variables.

BLOQUE B: VARIABLES DINÁMICAS: EL TRÁFICO

CAPITULO B1: Tráfico circulante

La circulación de vehículos a motor tanto particulares (turismos, motocicletas y ciclomotores), como peatones y bicicletas, como los vehículos pesados (camiones, autocares y vehículos especiales) son quienes dan vida al tráfico de las glorieta tanto en su interior como en sus accesos, por lo que, para utilizar las variables dinámicas de la circulación nos tenemos que referir necesariamente a las magnitudes habitualmente utilizadas en la Ingeniería del Tráfico, así como a las peculiaridades que cada tipo de móvil presenta en el contexto de cada glorieta.

Dentro de este capítulo, tenemos las siguientes *Variables Genéricas Iniciales*:

B1.1 Intensidades Medias Diarias Anuales (IMD).

B1.2 Volúmenes de tráfico en hora punta de las vías de entrada a la glorieta.

B1.3 Proporcionalidad de volúmenes de tráfico incidentes.

B1.4 Proporcionalidad de volúmenes de tráfico de salida.

B1.5 Porcentaje de turismos que circulan por la glorieta en relación al parque de turismos de Cataluña.

B1.6 Porcentaje de camiones y furgonetas que circulan por la glorieta en relación al parque de camiones y furgonetas de Cataluña.

B1.7 Porcentaje de vehículos de dos ruedas con motor (motocicletas y ciclomotores) que circulan por la glorieta en relación al parque de vehículos de dos ruedas con motor (motocicletas y ciclomotores) de Cataluña.

B1.8 Velocidad media de los vehículos circulantes en el interior de la glorieta.

B1.9 Densidad media en la calzada anular.

B1.10 Densidad media de las vías de entrada y salida de la glorieta.

B1.11 Capacidad de las vías de entrada a la glorieta.

Los factores definidores del tráfico se obtienen en la bibliografía convencional sobre Ingeniería de Tráfico, como por ejemplo, el texto de referencia, Highway Capacity Manual⁵ y la publicación de Antonio Valdés Suárez Roldán⁶.

A nivel local, las referencias vienen recogidas especialmente en el Manual de Tráfico Urbano⁷ editado por el Institut Català de Seguretat Viària de la Generalitat en 1994. En

⁵ Highway capacity manual. Transportation research board. National Academies of science. USA Government. 2010.

⁶ Valdes, A. *Ingeniería de tráfico*. 3ª edición. Editorial Bellisco. Madrid. 2008.

⁷ Institut Català de Seguretat Viària *Manual del trànsit Urbà*. Departament de Governació. Generalitat de Catalunya. 1995.

cualquier caso, los datos de tráfico reales son obtenidos por los Departamentos competentes de Obras Públicas de las entidades citadas en el Capítulo A.1 con sus contadores de aforos de vehículos, sus centros de control de tráfico y actualmente mediante los localizadores de móviles del Google Maps y el sistema inteligente de localización de vehículos israelí Cellint⁸, en prueba actualmente por el Servei Català de trànsit en los accesos a Barcelona.

⁸ Road Traffic Monitoring and Mobile Network Optimization. www.cellint.com/

BLOQUE C: VARIABLES ESTÁTICAS: GEOMETRÍA Y SEÑALIZACIÓN

CAPITULO C1: Plataforma anular.

La primera referencia oficial sobre la geometría en nuestro ámbito específico, son las Recomendaciones sobre glorietas del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, hoy de Fomento, que se publicaron en 1989 y que fueron detalladas con más concreción en unos protocolos sobre glorietas urbanas y periurbanas de la Comunidad de Madrid a la que antes nos hemos referido.

En diciembre de 2012 el Ministerio de Fomento publicó una guía de nudos viarios en la que, entre los diferentes tipos de nudos, aparecen las glorietas con información ampliada en algunos puntos respecto a las recomendaciones de 1989.

La referencia específica en Cataluña es la "Instrucció per al Disseny i Projecte de Rotondes. Esborrany d'abril de 2006", que constituye un reconocido Vademécum redactado por Xavier Massallé.

Dentro de este capítulo, tenemos las siguientes *Variables Genéricas Iniciales*:

C1.1 Forma en planta.

C1.2 Diámetro exterior de la calzada anular.

C1.3 Anchura de la calzada anular.

C1.4 Inclinación longitudinal de la plataforma anular.

C1.5 Existencia de gorguera.

C1.6 Existencia de arcenes.

C1.7 Sección transversal.

BLOQUE C: VARIABLES ESTÁTICAS: GEOMETRÍA Y SEÑALIZACIÓN

CAPITULO C2: Entradas y salidas.

Dentro de este capítulo, tenemos las siguientes *Variables Genéricas Iniciales*:

C2.1 Carriles en las entradas y salidas.

C2.2 Existencia de arcén en las entradas a la glorieta.

C2.3 Radios mínimos de las entradas y salidas.

C2.4 Existencia de carriles segregados para giro a la derecha.

C2.5 Ángulo de entrada.

C2.6 Visibilidad en las entradas a la glorieta.

BLOQUE C: VARIABLES ESTÁTICAS: GEOMETRÍA Y SEÑALIZACIÓN

CAPITULO C3: Isletas.

Dentro de este capítulo, tenemos las siguientes *Variables Genéricas Iniciales*:

C3.1 Características de la isleta central.

C3.2 Características de las isletas deflectoras.

BLOQUE C: VARIABLES ESTÁTICAS: GEOMETRÍA Y SEÑALIZACIÓN

CAPITULO C4: Delimitación de otros usos.

Dentro de este capítulo, tenemos las siguientes *Variables Genéricas Iniciales*:

C4.1 Zonas de estacionamiento.

C4.2 Interacción con peatones.

C4.3 Interacción con ciclistas.

C4.4 Interacción con transportes colectivos.

BLOQUE C: VARIABLES ESTÁTICAS: GEOMETRÍA Y SEÑALIZACIÓN

CAPITULO C5: Señalización.

La señalización y el balizamiento constituyen equipamientos adicionales que se disponen en la carretera con los siguientes objetivos básicos:

- Informar al conductor de las características de la carretera (curvas, pendientes, estrechamientos, etc.).
- Aconsejar o imponer limitaciones en la forma de conducir (velocidad máxima, prohibición de adelantar, de detención, circulación obligatoria etc.).
- Disminuir la gravedad de los accidentes (función a la que están destinadas, por ejemplo las barreras de seguridad).

La señalización de ayuda es a veces la única "fuente informativa", que percibe el conductor, a través del sentido de la vista, sobre las características de la carretera. Los distintos elementos del balizamiento, y también la señalización, presentan una función pasiva, ya que no impiden que se produzca el accidente, pero sí que pueda disminuir su gravedad. Así, en el caso de las ya citadas barreras de seguridad, su disposición no evita el accidente pero sí puede disminuir su importancia, por ejemplo, eliminando una colisión frontal. En definitiva, la señalización tanto vertical como horizontal, así como el

balizamiento desempeñan una función importantísima en la Seguridad Vial. Las Administraciones Públicas tienen una gran responsabilidad en este campo y deben disponer una señalización adecuada y clara así como mantenerla en buen estado.

En sí misma, la señalización no da margen a otros conceptos que no sean en Europa a los marcados por el Convenio de Viena de señalización⁹ desde 1968 y por las Instrucciones emanadas del Reglamento General de Circulación, normativa de carreteras y sobre todo por las Instrucciones Técnicas de señalización¹⁰, con aplicación tanto en el ámbito urbano como en el periurbano y el interurbano, y específicamente en la ordenación de las intersecciones y en las soluciones de glorietas.

Dentro de este capítulo, tenemos las siguientes *Variables Genéricas Iniciales*:

C5.1 Señalización vertical.

C5.2 Marcas viales.

BLOQUE C: VARIABLES ESTÁTICAS: GEOMETRÍA Y SEÑALIZACIÓN

CAPITULO C6: Pavimento.

El estado del firme de una carretera es sin duda uno de los factores que pueden influir en la seguridad vial, siendo la capa de rodadura y la intermedia, es decir, el pavimento, donde se concentran la mayoría de déficits del firme. Estos déficits pueden ser más graves afectando en ocasiones a las capas más internas del firme como la base o la subbase.

Estudiaremos en este capítulo los principales déficits y características que puede presentar el pavimento, diferenciando entre firmes flexibles de base granular y firmes rígidos con pavimento de hormigón.

Se ha utilizado para su definición y clasificación los catálogos de deterioros de pavimentos flexible y rígidos del Consejo de directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica del año 2012.

Dentro de este capítulo, tenemos las siguientes *Variables Genéricas Iniciales*:

C6.1 Tipo de pavimento.

C6.2 Deterioros del pavimento.

⁹ *Conférence des Nations Unies sur la circulation routière; Vienne, 7 octobre-8 novembre 1968: acte final, convention sur la circulation routière, convention sur la signalisation routière = United Nations Conference on Road Traffic; Vienna, 7 October-8 November 1968 : Final Act, Convention on Road Traffic, Convention on Road Signs and Signals.* New York : United Nations, 1969.

¹⁰ *Señalización vertical. Instrucción de carreteras. Norma 8.1-IC.* Madrid, Ministerio de Fomento. Diciembre 1999. *Marcas viales. Norma de Carreteras 8.2-IC.* Madrid MOPU, Centro de Publicaciones 1987.

BLOQUE D: VARIABLES PREVENTIVAS: LA SEGURIDAD

CAPITULO D1: Datos de accidentalidad.

Dentro de este capítulo, tenemos las siguientes *Variables Genéricas Iniciales*:

D1.1 Frecuencia de accidentes con víctimas.

D1.2 Mortalidad de tráfico.

Se han tenido en cuenta para la definición de las variables de este capítulo los estudios llevados a cabo por el Institut d'Estudis de la Seguretat (IDES)¹¹, teniendo en cuenta indicadores que aportan información más significativa que las de las policías locales, provenientes bien de policías de carreteras (accidentes con víctimas) o bien del sector sanitario (muertos según los certificados de defunción).

BLOQUE D: VARIABLES PREVENTIVAS: LA SEGURIDAD

CAPITULO D2: Medidas de prevención y protección.

El concepto de moderación de la circulación, tomado desde su más amplio punto de vista, engloba, no sólo una fórmula para incrementar la seguridad vial, sobre todo en el ámbito urbano, sino que contempla conceptos más amplios como la lucha en contra de la contaminación y el ruido, el ahorro de energía, el reparto de actividades en el espacio ciudadano, la utilización sensata del suelo urbano y, en líneas generales, es una reflexión permanente y global sobre el actual desarrollo urbano. La red vial, que representa entre un tercio y una cuarta parte de la totalidad de la superficie urbana, es el conjunto de calles, avenidas, plazas y bulevares que conforma el entramado de nuestras ciudades. El "boom" de la motorización comportó una constante y tenaz adaptación de esta red al automóvil en detrimento del elemento más débil del tráfico, el peatón, que paulatinamente ha visto como "su espacio" se iba reduciendo y degradando.

Así pues, contemplado el problema originado, se tratará de conciliar la circulación rodada y sus peligros con la mejora de la calidad de vida, y es de ahí que, sobre todo al considerar la inseguridad vial que se genera al permitir y propulsar la prioridad del automóvil sobre el peatón, nace el concepto de moderación de la circulación y así se crean islas de peatones, zonas de prioridad invertida (prioridad para el más débil) y áreas de velocidad muy reducida (señalizada, o con impedimentos físicos).

¹¹ Institut d'Estudis de la Seguretat (IDES) Fundació Privada creada por el Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona (CETIB) y el Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya (COEIC). Disponible en: www.seguretat.org (consultada el: 15-12-2012).

La moderación de la circulación es pues, la fórmula que intenta conseguir llevar al vehículo a motor, al lugar que realmente le corresponde como elemento de transporte, respetando la calidad de vida. La moderación de la circulación puede ser un instrumento que ayude a promover un modelo de comportamiento individual y social y a la recomposición de los espacios viales públicos urbanos.

Dentro de este capítulo, tenemos las siguientes *Variables Genéricas Iniciales*:

D2.1 Medidas de moderación en la calzada y ramales de acceso.

D2.2 Peatones, ciclistas y pasajeros de transporte público.

D2.3 Otros factores de riesgo o seguridad.

En la fase inicial de diseño de este estudio se entró en valorar de manera genérica, la aplicación de medidas de seguridad en las glorietas relacionadas con el diseño, de manera que la prevención y protección era una consecuencia de la propia geometría, de las características de la glorieta y basándonos en la bibliografía básica de las Instrucciones que los expertos de Obra Civil y Obras de vías públicas han venido utilizando.

Gran parte de la información es por tanto la misma en este caso que la citada para los Capítulos C.1, C.2 y B1 de este mismo trabajo.

3.1.4 VARIABLES ESPECÍFICAS. DETALLE DE CUESTIONES E ÍTEMS

En este último punto del estudio y presentación de las variables iniciales definitorias de las glorietas se entrará en el detalle de los aspectos concretos que caractericen y diferencien una de otras glorietas, lo que se presenta en forma de cuestionario, cuya justificación se irá exponiendo.

VARIABLES ESPECÍFICAS INICIALES BLOQUE A:

VARIABLES GENERALES

CAPITULO A1: Antecedentes.

Variable genérica A1.1 Funcionalidad y objetivo principal.

La decisión de ordenar una intersección como glorieta puede ser tomada de inicio al hacer el proyecto constructivo inicial, pero esta opción no viene siendo la más frecuente ya que los supuestos más habituales se refieren a cruces convencionales que por distintos motivos invitan a los responsables de la fluidez y la seguridad del tráfico a transformar la intersección en glorieta y a conseguir que los flujos circulatorios secantes pasen a serlo tangentes. Por ello, esta cuestión abre todas las posibilidades que hayan influido en quienes tuvieron un motivo para construirla.

- a) Siempre ha tenido esta estructura circular y se ha mantenido en el tiempo.
- b) Puerta de entrada y/o salida del tráfico de una población para moderar el ritmo de la circulación, para preservar la moderación del tráfico y la seguridad vial.
- c) Transformación de una intersección convencional para evitar situaciones de riesgo de accidente por cortes de flujos vehiculares secantes y conseguirlos tangentes.
- d) Solución para ordenar una encrucijada o un contexto vial con numerosos flujos circulatorios.
- e) Coherencia con las fórmulas de ordenación de otras intersecciones de la misma vía o de la misma zona.
- f) Redistribución de la circulación en los accesos de una vía de gran circulación de tráfico.
- g) Varias de las previstas en los apartados anteriores (concretar).
- h) Otras razones no descritas en apartados anteriores (concretar).
- i) Sin razones comprensibles.

Variable genérica A1.2 Ubicación de la glorieta.

Se pretende clasificar las glorietas en unas agrupaciones determinadas, que permitan sucesivamente a los investigadores, encuadrar cada intersección circular en sus respectivos ámbitos urbanos, interurbanos o periurbanos con unos intervalos de clase que sean lo más acordes posible con las estadísticas clásicas sobre cada grupo.

Variable específica A1.2.1 En pleno ámbito urbano.

Se entiende por ámbito urbano aquel que se enclava en zonas habitadas y donde existe una mayoría de viviendas o de edificios de servicios u otras funciones.

Ítems:

- a) Población de más de 1.000.000 de habitantes.
- b) Población de entre 1.000.000 y 100.000 habitantes.
- c) Población de entre 100.000 y 50.000 habitantes.
- d) Población de entre 50.000 y 10.000 habitantes.
- e) Población de entre 10.000 y 5.000 habitantes.
- f) Población de menos de 5.000 habitantes.
- g) Zona residencial (aislada o lejana del centro urbano).

Variable específica A1.2.2 En pleno ámbito interurbano.

Es interurbana la vía que, al contrario de la anterior, no se desarrolla su trazado en el entorno con edificios en los que frecuentan personas. En este punto nos remitimos a la clasificación de vías que son definidas por la vigente reglamentación española¹² y que las contempla así:

Autopista.- Carretera que está especialmente proyectada, construida y señalizada como tal para la exclusiva circulación de automóviles y reúne las siguientes características:

¹² Real decreto 1812/1991 de 2 de septiembre por el que se aprueba el reglamento general de carreteras. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio ambiente.
Real decreto 1428/2003 de 21 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación. Ministerio del Interior.

a) No tener acceso a la misma las propiedades colindantes.

b) No cruzar a nivel ninguna otra senda, vía, línea de ferrocarril o tranvía, ni ser cruzada a nivel por senda, vía de comunicación o servidumbre de paso alguna.

Por lo tanto está prohibida la circulación de bicicletas y ciclomotores por ella por varias razones. Primera que no es un automóvil, y segunda porque el según el art. 49 del R.G.C. la velocidad mínima en Autopista será de 60 km/hora, y los ciclomotores sólo pueden alcanzar una velocidad máxima de 40 km/hora.

Autovía.- Carretera que no reuniendo todos los requisitos de autopista tiene calzadas separadas para cada sentido de circulación y limitación de accesos a propiedades colindantes. No cruzará a nivel ninguna otra senda, vía, línea de ferrocarril o tranvía, ni será cruzada a nivel por senda, vía de comunicación o servidumbre de paso alguna. En esta clase de vía las bicicletas y ciclomotores sí pueden circular, siempre atendiendo las normas establecidas en la Ley y Reglamento de circulación.

Vía rápida.- Carretera de una sola calzada y con limitación total de accesos a las propiedades colindantes. Las vías rápidas no cruzarán a nivel ninguna otra senda, vía, línea de ferrocarril o tranvía, ni serán cruzadas a nivel por senda, vía de comunicación o servidumbre de paso alguna.

Las vías rápidas, equiparadas al concepto reglamentario de "Vía para automóviles"¹³, constituyen un supuesto no deseable para los prevencionistas por incitar indirectamente a la velocidad y además por su subjetividad, no parece adecuado incluirla en los ítems y sí hacerlo refiriéndonos a tipos de vías más conocidas por el uso habitual.

Carreteras convencionales.- Son las que no reúnen las características propias de las autopistas, autovías y vías rápidas.

¹³ Real decreto 1812/1991 de 2 de septiembre por el que se aprueba el reglamento general de carreteras. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio ambiente.
Real decreto 1428/2003 de 21 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación. Ministerio del Interior.

Ítems:

- a) En el contexto de una autopista y sus accesos.
- b) En el contexto de una autovía y sus accesos.
- c) En el contexto de una carretera con calzadas separadas (que no es autopista ni autovía) y sus accesos.
- d) En el contexto de una carretera principal sin mediana central y dos sentidos de circulación.
- e) En el contexto de una carretera nacional (interprovincial).
- f) En el contexto de una carretera comarcal (intercomarcal).
- g) En el contexto de una carretera local.
- h) En el contexto de un camino vecinal.
- i) En el contexto de una vía rural o forestal.
- j) Calzada de sentido único interurbana.

Variable específica A1.2.3 De ámbito periurbano (metropolitano o de cercanías a gran población).

Son glorietas que se ubican en vías de tráfico importante con velocidades elevadas y que normalmente cumplen la función de acceso o de circunvalación de una población o polígono industrial. Son actividades que generan importantes volúmenes de desplazamiento como los centros de ocio o grandes superficies, y se suelen ubicar en las inmediaciones de intersecciones de este tipo, aprovechando las ventajas de accesibilidad que ello supone.

Normalmente son de gran diámetro o bien de tipo compacto¹⁴ pero nunca se utilizan mini glorietas para este tipo de intersecciones.

Ítems:

- a) Vía o tramo vial de penetración o salida de población.
- b) Travesía de una carretera dentro de una población.
- c) Variante exterior de una travesía de población.

¹⁴ Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació.; Servei Català de Trànsit. *Millora de la seguretat de les rotondes*. Servei Català de Trànsit : Generalitat de Catalunya, Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació. 2008.

Variable específica A1.2.4 De ámbito industrial.

Se trata de glorietas que se hallan ubicadas en zonas industriales y que están especialmente concebidas para vehículos industriales y de transporte de mercancías, aunque su uso sea para todos los vehículos que a ella accedan.

Ítems:

- a) Totalmente industrial.
- b) Parcialmente industrial (con otros servicios o viviendas).

Variable genérica A1.3 Administraciones responsables de las vías incidentes.

Una de las problemáticas que siempre han tenido las intersecciones en carreteras (interurbanas) es que las vías incidentes pueden pertenecer desde el punto de vista competencial a distintos órganos de carreteras. Siempre que un Organismo decide hacer una glorieta o transformar una intersección convencional en glorieta, ha de tener en consideración los efectos de esta variación sobre las vías confluyentes, para que los respectivos responsables de tales vías puedan establecer las medidas correspondientes.

En España tienen competencia en carretera el Ministerio de Fomento del Estado, las Comunidades Autónomas en sus respectivas Consejerías de Obras Públicas, las Diputaciones provinciales o Cabildos Insulares con sus Unidades de Vías Locales, los Ayuntamientos con sus calles y travesías e incluso variantes y las entidades privadas o concesionarias como las de Autopistas. Por ello es importante ser minucioso y detallista en la contemplación de todos los supuestos.

Variable específica A1.3.1 Vía principal competencia del Estado.

Ítems:

- a) Sólo Estado.
- b) Estado – Comunidad Autónoma.
- c) Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial.
- d) Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento.
- e) Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento – Vía privada.

Variable específica A1.3.2 Vía principal competencia de la Comunidad Autónoma.

Ítems:

- a) Sólo Comunidad Autónoma.
- b) Comunidad Autónoma – Diputación Provincial.
- c) Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento.
- d) Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento - Vía privada.

Variable específica A1.3.3 Vía principal competencia de la Diputación Provincial.

Ítems:

- a) Sólo Diputación provincial.
- b) Diputación Provincial – Ayuntamiento.
- c) Diputación Provincial – Ayuntamiento – Vía privada.

Variable específica A1.3.4 Vía principal competencia de Ayuntamiento.

Ítems:

- a) Sólo Ayuntamiento.
- b) Ayuntamiento – Vía privada.

Variable específica A1.3.5 Vía principal competencia de Concesionaria de Autopistas o Túneles de peaje.

Ítems:

- a) Sólo Concesionaria.
- b) Concesionaria – Estado.
- c) Concesionaria - Estado – Comunidad Autónoma.
- d) Concesionaria - Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial.
- e) Concesionaria - Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento.
- f) Concesionaria - Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento – Vía privada.

Variable genérica A1.4 Organismo competente en la construcción de la glorieta.

Ítems:

- a) Estado.
- b) Comunidad Autónoma.
- c) Diputación Provincial.
- d) Ayuntamiento.
- e) Concesionaria de autopistas.
- f) Otros privados.

Variable genérica A1.5 Organismos responsables de la explotación, gestión y mantenimiento de la glorieta.

Ítems:

- a) Estado.
- b) Comunidad Autónoma.
- c) Diputación Provincial.
- d) Ayuntamiento.
- e) Concesionaria de autopistas.
- f) Otros privados.

Variable genérica A1.6 Coordinación entre Organismos cuando las vías de acceso corresponden a distintas competencias.

Coordinación interadministrativa entre los organismos de carreteras que de una u otra manera tienen relación en la intersección o en las vías incidentes.

Variable específica A1.6.1 Coordinación en la decisión de crear la glorieta.

Ítems:

- a) La hubo.
- b) No la hubo.
- c) Se desconoce.

Variable específica A1.6.2 Coordinación en la gestión, explotación, señalización y conservación de la glorieta.

Ítems:

- a) La hay.
- b) No la hay.

Variable específica A1.6.3 Coordinación en la explotación y señalización de las vías incidentes a la glorieta.

Ítems:

- a) La hay.
- b) No la hay.

Variable genérica A1.7 Cronología.

Es un dato que puede influir en las características, diseño, modalidades u oportunidad de la construcción de una glorieta el de las fechas en que se desarrolló todo el proceso de ordenación de una intersección mediante la solución circular. La cronología debería constar para hacer las correspondientes evaluaciones, tanto de la aprobación como del proyecto, la construcción y sucesivas modificaciones estructurales o de señalización. Las gestiones realizadas en la elaboración de la tesis nos han venido a demostrar un gran desconocimiento sobre la historia de la glorieta y sus distintas fases, lo que oculta importante información que podría ser relevante para valorar distintos aspectos de su situación actual.

Variable específica A1.7.1 Tiempo que lleva construida la glorieta.

Ítems:

- a) Menos de un año.
- b) De 1 a 5 años.
- c) De 5 a 10 años.
- d) Más de 10 años.

Variable específica A1.7.2 Tiempo transcurrido desde la última modificación estructural.

Ítems:

- a) No ha tenido modificaciones.
- b) Menos de 1 año.
- c) De 1 a 5 años.
- d) De 5 a 10 años.
- e) Más de 10 años.

Variable específica A1.7.3 Tiempo transcurrido desde la última modificación de señalización.

Ítems:

- a) Se mantiene la señalización inicial.
- b) Menos de un año.
- c) De 1 a 5 años.
- d) De 5 a 10 años.
- e) Más de 10 años.

CAPÍTULO A2: Aspectos generales.

Variable genérica A2.1 Tipo de glorieta.

El amplio concepto de glorieta abarca desde una pequeña intersección con isleta central hasta una amplia glorieta redistribuidora del tráfico en los accesos a una autopista.

No se deriva de las Variables genéricas de este capítulo ninguna variable específica, colgando por tanto directamente de ellas los diferentes *items*.

Items:

- a) Glorieta urbana.
- b) Glorieta periurbana.
- c) Glorieta interurbana.

Variable genérica A2.2 Forma geométrica en planta.

La característica fundamental de la glorieta es su forma de círculo, óvalo o figura geométrica que obligue a la generación de trayectorias que eviten el corte de flujos circulatorios.

Items:

- a) Círculo.
- b) Óvalo o elipse.
- c) Otras formas geométricas.

Variable genérica A2.3 Número de ramales (calzadas de acceso) totales de entrada y salida de la glorieta.

Otro de los factores clave definitorios de una glorieta es el número de ramales de acceso así como de las condiciones del tráfico de los mismos de uno o dos sentidos de circulación (sentido único o doble sentido).

Ítems:

- a) Dos.
- b) Tres.
- c) Cuatro.
- d) Cinco.
- e) Seis.
- f) Siete.
- g) Ocho.
- h) Más de ocho.

Variable genérica A2.4 Número de flujos de tráfico de entrada a la glorieta.

Entendemos por flujos circulatorios las trayectorias posibles de los vehículos que acceden a la glorieta. Las entradas al anillo tienen mayor incidencia en los riesgos que las salidas, en la medida en que al acceder, están confluyendo vehículos por distintos ramales y se encuentran varios dentro de la anilla por los carriles existentes en su perímetro.

Ítems:

- a) Dos o menos.
- b) Tres.
- c) Cuatro.
- d) Cinco.
- e) Seis.
- f) Más de seis.

Variable genérica A2.5 Número de flujos de tráfico de salida de la glorieta.

Las salidas de una glorieta ya han dejado atrás la anilla y se establecen las condiciones en la vía a la que se incorporan, pero hay que considerar este factor porque según sus características puede absorber o no con más agilidad al tráfico de la glorieta.

Ítems:

- a) Dos o menos.
- b) Tres.
- c) Cuatro.
- d) Cinco.
- e) Seis.
- f) Más de seis.

Variable genérica A2.6 Rango (aportación de tráfico) de las vías incidentes a la glorieta.

Los ramales de entrada y salida tendrán mayor o menor trascendencia en la glorieta según las características del tráfico que por ellas circulan, lo que se verá con más detalle y objetividad en el análisis de las variables dinámicas más adelante. Aquí se recogen en líneas generales si existe desequilibrio en la calidad y cantidad de tráfico de los ramales y flujos en la medida que hayan algunos de mayor rango que otros.

Ítems:

- a) Hay una vía principal que termina en la glorieta.
- b) Hay una vía principal que atraviesa la glorieta.
- c) Inciden dos vías importantes que mueren en la glorieta.
- d) Inciden dos vías importantes, una de las cuales muere en la glorieta.
- e) Inciden dos vías importantes que atraviesan la glorieta.
- f) Las vías incidentes tienen rangos similares.

Entendemos por "vía importante" aquella que aporta a la glorieta un volumen de tráfico significativo en relación con los demás accesos.

Variable genérica A2.7 La glorieta en el contexto de la política de ordenación de la zona.

En los entornos viales de una glorieta hay factores organizativos o planificadores influyentes que no pertenecen a la misma glorieta sino al contexto de la red vial de aproximación, en la medida en que la glorieta puede ser menos sorpresiva si en el recorrido de la carretera de aproximación hay otras glorietas que por similitud o características pueden generar un hábito de conocimiento en los conductores que se aproximan.

Ítems:

- a) La glorieta es la primera con la que se encuentran los conductores, en un área de tres kilómetros, en las vías incidentes en el trazado en el que hay otras intersecciones ordenadas sin glorieta.
- b) Alguna de las vías incidentes proviene de un tramo con glorietas similares aunque de un área superior a tres kilómetros.
- c) En todo el entorno vial se repiten glorietas de similares características, dentro de un área de tres kilómetros.
- d) En un área de tres kilómetros hay otras glorietas pero de tipología distinta.

VARIABLES ESPECÍFICAS INICIALES BLOQUE B:

VARIABLES DINÁMICAS: EL TRÁFICO

CAPITULO B1: Tráfico circulante.

Variable genérica B1.1 Intensidades Medias Diarias Anuales (IMD).

“Se define como intensidad de tráfico al número de vehículos que pasan a través de una sección fija de la carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son las de vehículos/hora (intensidad horaria) y vehículos/día (intensidad diaria)”.¹⁵

La máxima intensidad de circulación de cualquier vía es su capacidad. La densidad a la que esto se produce se denomina *densidad crítica*, y la velocidad a la que esto ocurre se denomina *velocidad crítica*. Al aproximarse a la capacidad, la circulación se hace más inestable al existir menos intervalos en el tráfico utilizables, y cualquier perturbación producida por vehículos que se incorporen o abandonen la vía, o de maniobras de cambio de carril internas, crean unas alteraciones que no pueden ser amortiguadas o disipadas eficazmente. En consecuencia, es difícil mantener la explotación de la vía en el entorno de la capacidad durante períodos largos de tiempo sin que se formen colas, siendo casi inevitable el flujo forzado o el colapso. Debido a esto, la mayoría de las estructuras viales se proyectan para una operación en volúmenes inferiores a la capacidad.

A menudo el período de medición de la intensidad diaria de una vía es un año, definiendo por tanto la (IMD) como el número de vehículos que pasan por una sección fija de carretera en un año dividido por 365 días.

Variable específica B1.1.1 Intensidades Medias Diarias Anuales (IMD) de las vías de entrada a la glorieta.

Se considera que la capacidad máxima de un carril de circulación con tráfico continuo¹⁶ es de 2000 vehículos a la hora, lo que en ningún caso se ha venido planteando en el supuesto de las intersecciones que generan obvias discontinuidades o viscosidades en los flujos vehiculares. Se parte pues del principio de que la llegada de vehículos por un solo carril a una glorieta debe de ser menor que los 2000 vehículos/hora convencionales y por las observaciones realizadas, en general, un carril

¹⁵ Instrucción de carreteras. Norma 3.1-1C. Trazado. Madrid. Ministerio de Fomento. 2000.

¹⁶ Highway capacity manual. Transportation research board. National Academies of science. USA Government. 2010.

discontinuo que aporte 10.000 vehículos al día (que puede suponer del orden de un 90% en circulación diurna) es una referencia de máximos. Una entrada de 8.400 día por ramal pone en cuestión la capacidad máxima de absorción de la glorieta si los demás ramales son activos. A partir de aquí, el intervalo de clase elegido se acota como sigue para determinar el orden de IMDs de la glorieta.

Ítems:

- a) Más de 10.000 vehículos.
- b) Entre 5.000 y 10.000.
- c) Entre 2.500 y 5000.
- d) Entre 1.000 y 2.500.
- e) Menos de 1000.

Variable específica B1.1.2 Intensidades Medias Diarias Anuales (IMD) en la calzada anular (en el punto más significativo).

En la Guía de nudos viarios del Ministerio de Fomento de Diciembre de 2012 se cita un dato de capacidad de circulación de vehículos por la calzada anular considerando el máximo de 2 carriles de entrada y volumen de camionaje de 200 vehículos/hora, que cifra en una capacidad de hasta 1.200 vehículos ligeros por hora. Obviamente esta cifra es de máximos y la apreciamos que puede rebasar con facilidad las capacidad máxima de dicha calzada (33.000 aproximadamente en las 24 horas del día). Por ello y sin menoscabo de poder disponer de aforos contrastados de los órganos responsables de la construcción y explotación de las glorietas, el volumen de vehículos que puede permitir la fluidez de una glorieta en su interior podría ser como máximo de 30.000 vehículos día que justifican el ítem máximo, a partir de cuyo límite el intervalo de clase elegido se acota como sigue para determinar el orden de IMDs de la glorieta.

Ítems:

- a) Más de 30.000 vehículos.
- b) Entre 30.000 y 20.000.
- c) Entre 20.000 y 10.000.
- d) Entre 10.000 y 5.000.
- e) Menos de 5.000.

Variable específica B1.1.3 Ocupación media de vehículos de la calzada anular.

En base a los mismos argumentos científicos del apartado anterior y llegando a las mismas cifras máximas de IMD de 30.000 vehículos día se puede llegar a estimar una circulación de 1.250 vehículos/hora que se traduce en 20 vehículos por minuto. Sin existir referencia alguna bibliográfica del tiempo de estancia media de un vehículo por el interior de una rotonda podemos estimar por observación que en muy pocas ocasiones se rebasa el tiempo de 30 segundos (medio minuto) en cruzar una glorieta, por lo que la cifra de 10 vehículos máximo de ocupación de la calzada anular (simultáneamente) puede servir de referencia de ítem medio (20 máximo), pero entendiendo que hay horas punta y horas valle especialmente las nocturnas, podremos mantener la cifra a 20 vehículos de máximo para contemplar con preferencia los horarios útiles de circulación en las glorietas.

Ítems:

- a) Más de 20 vehículos.
- b) Entre 20 y 15.
- c) Entre 15 y 10.
- d) Entre 10 y 5.
- e) Menos de 5.

Variable genérica B1.2 Volumen de tráfico en hora punta de las vías de entrada a la glorieta.

Es evidente que a lo largo del día, la intensidad va variando, alcanzando su máximo valor en las horas de entrada y salida de la jornada laboral.

Se toma como base¹⁷ que la máxima capacidad teórica de un carril de circulación es 2000 vehículos/hora y sobre un máximo de 4 carriles de la calzada anular.

Ítems:

- a) Más de 8.000 vehículos.
- b) Entre 8.000 y 5.000.
- c) Entre 5.000 y 2.500.
- d) Menos de 2.500.

¹⁷ *Highway capacity manual. Transportation research board. National Academies of science. USA Government. 2010.*

Variable genérica B1.3 Proporcionalidad de los volúmenes de tráfico incidentes.

Ítems:

- a) Hay alguna(s) vía(s) de acceso que aporta(n) la mayoría del tráfico a la glorieta.
- b) El tráfico de acceso está muy repartido entre todos los ramales.

Variable genérica B1.4 Proporcionalidad de los volúmenes de tráfico de salida.

Ítems:

- a) Hay algún(os) ramal(es) de salida de la glorieta que evacua(n) la mayoría del tráfico.
- b) El tráfico de salida está repartido entre todos los ramales.

Variable genérica B1.5 Porcentaje de turismos que circulan por la glorieta en relación al parque de turismos de Catalunya.

Hay glorietas similares en su geometría que presentan problemáticas muy dispares por el tipo de vehículos que preferentemente o mayoritariamente circulan por la intersección.

La Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior publica en sus Anuarios Estadísticos la situación del parque nacional de vehículos a motor que lo constituyen todos los vehículos matriculados que tienen la posibilidad de circular libremente por las redes viales de su entorno.

Por su parte, el Servei Català de Trànsit del Departament d'Interior de la Generalitat de Catalunya con algunas competencias de tráfico transferidas, publica también su memoria anual donde figuran los datos del parque de vehículos catalán, así como por las 4 demarcaciones provinciales.

Tal como puede verse en las tablas que siguen, el escenario de nuestro estudio se mueve en el marco de un tráfico de vehículos que constituyen un porcentaje determinado y limitado de los vehículos circulantes y que utilizando ambas fuentes de información se concretan en las siguientes cifras y porcentajes de parque.

El Parque de vehículos español y catalán a 31 de diciembre de 2011 estaba compuesto por los vehículos clasificados por tipos de la siguiente forma:

	España	%	Catalunya	%
Camiones y Furgonetas	5.060.791	16,18	796.718	15,82
Autobuses	62.358	0,20	8.492	0,17
Turismos	22.277.244	71,24	3.368.069	66,87
Motocicletas	2.798.043	8,95	685.613	13,61
Tractores Industriales	195.960	0,63	26.702	0,53
*Otros Vehículos	874.685	2,80	151.289	3,00
TOTAL	31.269.081	100	5.036.883	100

Fig. 3.3 Clasificación de vehículos del parque español y catalán en 2011¹⁸

**La categoría otros vehículos incluye los remolques, semirremolques y vehículos especiales, a excepción de la maquinaria agrícola automotriz y la maquinaria agrícola arrastrada de 2 ejes y 1 eje. No están los ciclomotores.*

En las siguientes preguntas puede verse sucesivamente cómo el test de variables va acotando esta circunstancia relevante de la participación en el tráfico de unos u otros tipos de vehículos por el interior de la glorieta estudiada en relación con la proporción de dichos vehículos en el parque. Por ejemplo, en el caso del año 2011, el porcentaje de turismos del parque catalán fue aproximadamente del 67%.

Ítems:

- a) Lo supera ampliamente.
- b) Del orden del parque.
- c) Muy inferior al parque.

Variable genérica B1.6 Porcentaje de camiones y furgonetas que circulan por la glorieta en relación al parque de camiones y furgonetas de Catalunya.

Tal como puede verse en la tabla anterior, en el caso del año 2011, el porcentaje de camiones y furgonetas del parque catalán fue aproximadamente del 16%.

¹⁸ Anuario estadístico general 2011. Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.
Anuari estadístic 2011. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya.

Ítems:

- a) Lo supera ampliamente.
- b) Del orden del parque.
- c) Muy inferior al parque.

Variable genérica B1.7 Porcentaje de vehículos de 2 ruedas con motor (motocicletas y ciclomotores) que circulan por la glorieta en relación al parque de vehículos de 2 ruedas con motor (motocicletas y ciclomotores) de Catalunya.

Tal como puede verse en la tabla 3.3, en el caso del año 2011, el porcentaje de vehículos de 2 ruedas con motor (motocicletas y ciclomotores) del parque catalán fue aproximadamente del 14%.

Ítems:

- a) Lo supera ampliamente.
- b) Del orden del parque.
- c) Muy inferior al parque.

Variable genérica B1.8 Velocidad media de los vehículos circulantes en el interior de la glorieta.

La velocidad es un factor determinante en la frecuencia de los accidentes y sobre todo en la gravedad de los mismos, siendo así mismo uno de los factores más influyentes de la inseguridad vial.

“La velocidad de un determinado vehículo puede definirse de tres formas fundamentales:

- Velocidad local o instantánea, es decir la velocidad de un vehículo al atravesar una determinada sección de una vía.
- Velocidad de Circulación (V_c), que es el cociente entre la distancia recorrida en un tramo determinado y el tiempo en que el vehículo está en movimiento.
- Velocidad de recorrido (V_r), que es el cociente entre la distancia recorrida en un tramo determinado y el tiempo que transcurre desde el instante en que el vehículo inicia el viaje hasta que llega a su destino, incluyendo las posibles detenciones y retrasos debidos al tráfico”¹⁹.

No interesa tanto la velocidad de un vehículo aislado como la de todo un grupo de vehículos.

¹⁹ Bañón,L; Beviá,J. *Manual de Carreteras*. Alicante. 2000.

Para obtener valores medios de velocidad se puede hacer de dos maneras:

1.- Medir las velocidades medias instantáneas de los vehículos que pasan por una sección de vía y obtener la media en un período de tiempo determinado. Estas velocidades instantáneas se detectan con un radar o con dos marcas en la calzada.

2.- Elegir un tramo de una vía de longitud L y hallar la media del tiempo que tardan en recorrer ese tramo un grupo de n vehículos. Se obtiene así lo que denominamos la velocidad media en un tramo.

Siendo t_1, t_2, \dots, t_n las velocidades de los vehículos, L la longitud del tramo y n el número de tiempos de recorrido observados²⁰:

$$V = L / (t_1 + t_2 + \dots + t_n) / n ; \quad V = n \times L / (t_1 + t_2 + \dots + t_n)$$

Ítems:

- a) Superior al límite máximo establecido (genérico o específico).
- b) Del orden del límite máximo establecido (genérico o específico).
- c) Inferior al límite máximo establecido (genérico o específico).

Variable genérica B1.9 Densidad media en la calzada anular.

“Se entiende por densidad de tráfico al número de vehículos que ocupan un tramo de carretera de longitud dada, en un instante concreto. Se suele medir en vehículos/km. El valor máximo de la densidad tiene lugar cuando todos los vehículos están en fila sin huecos entre ellos y lógicamente depende de la longitud media de los vehículos”.

“Es difícil medir directamente la densidad en el campo, pues es necesario contar con un punto elevado desde el que se pueda fotografiar, videofilmar, o divisar tramos de vía de longitud significativa. Se puede calcular, sin embargo a través de la velocidad media de recorrido y de la intensidad de circulación, que son de más sencilla medición”. A partir de la fórmula:

$$I = V \times D$$

en donde:

I = intensidad de circulación, en veh./h

V = velocidad media de recorrido, en km/h; y

D = densidad, en veh./km.

²⁰ Bañón, L; Beviá, J. *Manual de Carreteras*. Alicante. 2000.

“La densidad es un parámetro crítico en la descripción de las operaciones de tráfico. Describe la proximidad entre los vehículos, y refleja la libertad de maniobra dentro de la corriente de tráfico”.

“En los sistemas de control de tráfico se usa frecuentemente el parámetro de ocupación de carretera como sucedáneo de la densidad porque es de más fácil medida. Se define como ocupación espacial la proporción de la longitud de carretera ocupada por los vehículos y la ocupación en tiempo como la proporción de tiempo que una sección transversal de carretera está ocupada por vehículos”²¹.

Si la densidad es baja, la separación entre vehículos es grande y por tanto la velocidad de los mismos será la que sus conductores decidan en función de las características de la carretera y de las prestaciones de su vehículo.

Por el contrario una densidad alta provoca lentitud de circulación y paradas intermitentes que provocan incomodidades en los conductores. Cuando la densidad alcanza su máximo valor, la velocidad es cero y en consecuencia todos los vehículos se paran.

Las dificultades que supone el recuento de vehículos en un km como referencia, nos recomienda utilizar otros argumentos más cercanos a las características de la glorieta como referencia para la valoración de la distancia media de separación entre vehículos como ítems para las variables B1.9 y B1.10.

En el propio HCM se certifica que la velocidad de máxima capacidad y máxima seguridad en tráfico continuo es la de 87 Km/h puesto que en tales circunstancias la separación entre vehículos cuando el volumen de tráfico es máximo es decir sin congestión, no es suficientemente amplia como para provocar el cambio de carril. Esta separación se calcula en el orden de la longitud media de un turismo de 4,50 metros. Si en nuestro caso, hemos de establecer un ítem para el tráfico de la calzada anular de la glorieta lo podemos situar como máximo en los 5 metros por las peculiaridades de sinuosidad de la propia glorieta.

Ítems:

- a) Inferior a los 5 m.
- b) Entre 5 y 10 m.
- c) Entre 10 y 15 m.
- d) Entre 15 y 20 m.
- e) Más de 20 m.

²¹ *Temario Específico de la ESTT - OEP. Especialidad: Gestión del Tráfico y Movilidad. Tema 20: Parámetros fundamentales del tráfico II. Dirección General de Tráfico. 2011*

Variable genérica B1.10 Densidad media de las vías de entrada y salida de la glorieta.

Teniendo en consideración que el entorno de aproximación de las glorietas por las vías de acceso tienen velocidades programadas en coherencia con las velocidades de consistencia en el interior de la calzada anular, es de lógica y técnicamente aceptable que la longitud del segmento de estimación se corresponda con el tramo afectado por la limitación de velocidad específica señalizada para cada caso, generalmente establecida en tramos interurbanos en 40 Km/h, con lo que las condiciones pueden ser las mismas que en el apartado anterior.

Items:

- a) Inferior a los 5 m.
- b) Entre 5 y 10 m.
- c) Entre 10 y 15 m.
- d) Entre 15 y 20 m.
- e) Más de 20 m.

Variable genérica B1.11 Capacidad de las vías de entrada a la glorieta.

Las Recomendaciones sobre Glorietas del MOPU (1989) estima la capacidad de una glorieta a partir de la capacidad de cada entrada en función de la intensidad de la circulación anular que las corta y un proceso de equilibrio interactivo entre todas las intensidades entrantes. Este método recoge el método empírico desarrollado por el "Transport Road and Research Laboratory", realizando el cálculo a partir de la siguiente fórmula:

$$Q_e = F - f \cdot Q_c$$

Dónde:

Q_e : Capacidad de la entrada (máximo nº de vehículos que podrán acceder por esa entrada).

F, f : (vehículos ligeros /hora) en función del trazado en planta.

Q_c : Intensidad anular prioritaria que corta la circulación de entrada.

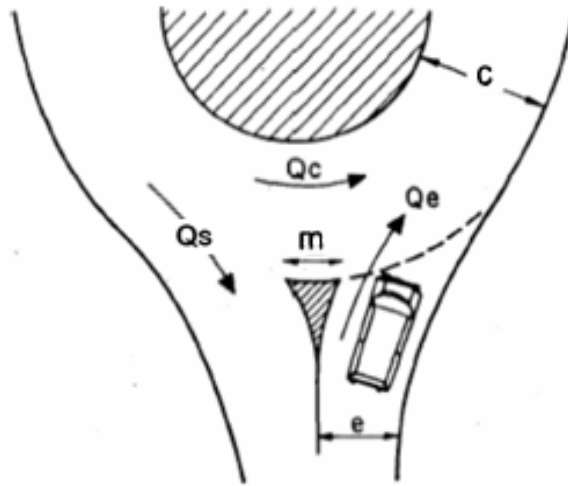


Fig.3.4 Parámetros para el cálculo de la capacidad de una glorieta según MOPU²²

Para el cálculo de los parámetros F y f , se necesita conocer las siguientes variables geométricas de la glorieta:

- Semianchura de la calzada del acceso v (m). Ver variable C2.1.1
- Anchura de la entrada e (m). Ver variable C2.1.4
- Longitud del abocinamiento de la entrada l (m). Ver variable C2.1.3
- Angulo entre las trayectorias de entrada y anular ϕ (g). Ver variable C2.5
- Mínimo radio de la trayectoria de entrada r (m). Ver variable C2.3
- Diámetro de la glorieta D (m). Ver variable C3.1.1

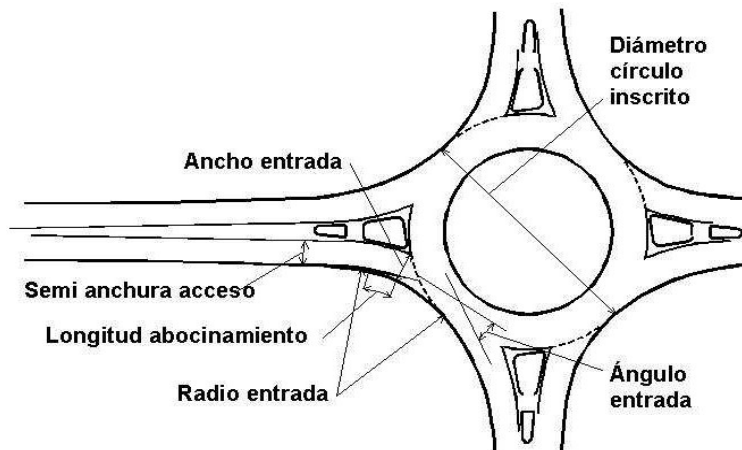


Fig. 3.5 Variables Geométricas para el cálculo de la capacidad de una vía de acceso a la glorieta²³.

²² Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

²³ Martín, M. *Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante microsimulación de tráfico*. Càtedra Abertis de Gestión de Infraestructuras del Transporte. Universitat Politècnica de Catalunya. 2012.

Es evidente que el cálculo de la capacidad de una glorieta deberá tener en cuenta los factores estáticos y dinámicos antes descritos, pero a efectos operativos de las características de cada glorieta y de manera genérica, un acceso no tendrá más de dos carriles y su máxima capacidad será de 2000 vehículos /hora/carril, es decir 4000 vehículos/hora.

Ítems:

- a) Más de 4.000 vehículos/hora.
- b) Entre 4.000 y 3.000.
- c) Entre 3.000 y 2000.
- d) Entre 2.000 y 1000.
- e) Menos de 1000.

Una glorieta resulta especialmente indicada²⁴ si la suma de las IMD de todas las patas que acceden a la glorieta rebasa los 8000 veh.

Las limitaciones de velocidad recomendables para la circulación de vehículos por el interior de la glorieta están en función del coeficiente de rozamiento transversal y de las características geométricas (radio de giro de las curvas y distancia de aproximación del eje del vehículo al límite de la plataforma vial) por lo que en los proyectos se debe tener en consideración como una variable a evaluar.

Variable genérica B1.12. Velocidad media en la calzada anular.

Ítems:

- a) Entre 15 y 20 Km/h.
- b) Entre 21 y 30 Km/h.
- c) Entre 31 y 40 Km/h.
- d) Entre 41 y 50 Km/h.
- e) Más de 50 km/h.

²⁴ *Guía de nudos viarios. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.*

VARIABLES ESPECÍFICAS INICIALES BLOQUE C:

VARIABLES ESTÁTICAS: GEOMETRÍA Y SEÑALIZACIÓN

Tal y como se concreta en la presentación de la tesis nuestro trabajo se ha extendido esencialmente en el territorio de Cataluña y en el contexto de España, no tanto por la cercanía a nuestro ámbito de trabajo, sino por ser los entornos viales que han presentado en la última década un descenso de accidentalidad mayor en Europa y en el mundo según las estadísticas presentadas en 2015 por la Directora del Comisariado Europeo de transportes de la Unión Europea²⁵ en los análisis de la evolución de la accidentalidad a partir del año 2000, momento en el que la unión europea inició sus proyectos de reducción de mortalidad al 50% cada 10 años y con la visión 0 para el año 2050, objetivos que se han cumplido ampliamente en Cataluña²⁶ y España.

²⁵ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-4656_es.htm?locale=FR

²⁶ *Pla estratègic de seguretat viària de Catalunya 2014-2020*. Servei Català de Trànsit. Departament d'interior. Generalitat de Catalunya. 2014.

CAPITULO C1: Plataforma anular.

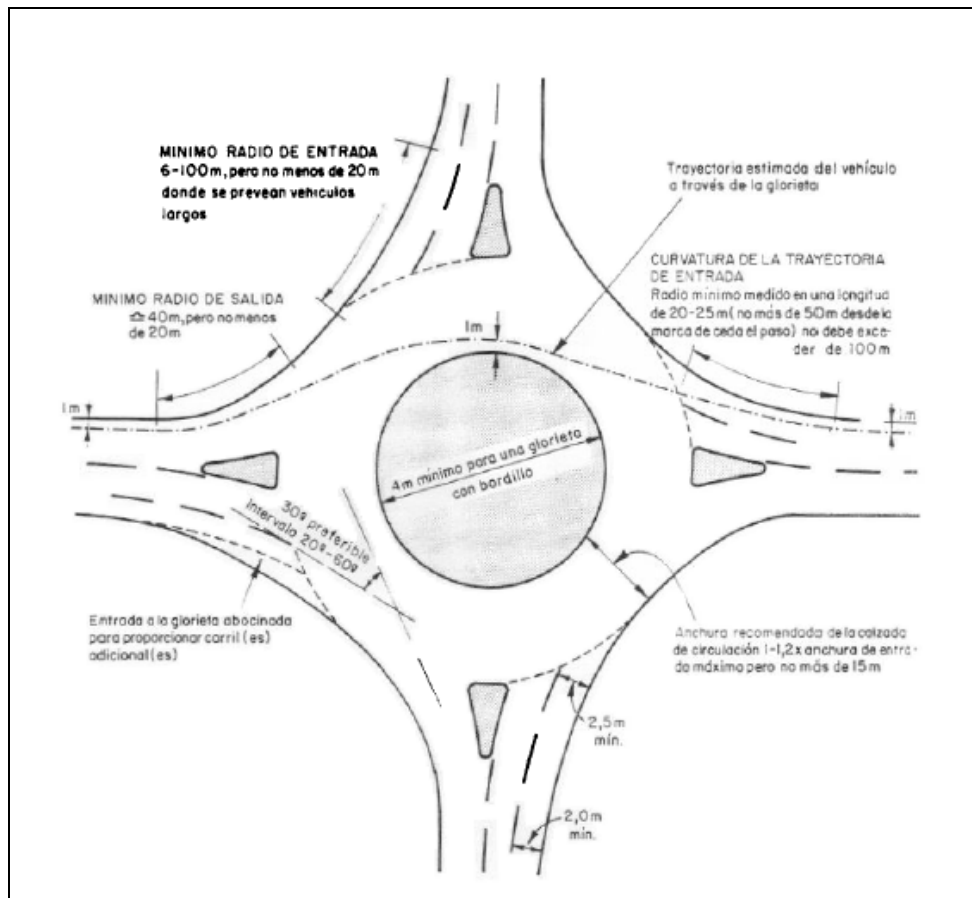


Fig.3.6. Esquema geometría de una glorieta²⁷

Variable genérica C1.1 Forma en planta.

Ítems:

- Circular.
- Ovalada.
- Otra (especificar).

Se desaconseja usar trazados en planta de calzadas anulares que no sean circulares. Si hay falta de espacio en relación a las necesidades geométricas de posición de los diferentes accesos puede resultar conveniente diseñar calzadas anulares ligeramente ovaladas.

²⁷ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

En este caso, preferiblemente el borde interior de la calzada será elíptico y la relación entre su radio de curvatura máximo y su radio de curvatura mínimo no será superior²⁸ a 1,6.

“Con isletas centrales ovaladas suele haber más accidentes que con las circulares, posiblemente debido al aumento de la velocidad en las zonas de menor curvatura. Por ello se recomiendan las plantas circulares, sin ángulos. En todo caso, la excentricidad debe ser superior²⁹ a 0,75”.



Fig 3.7 Glorieta con isleta central elíptica. Municipio de Bagà. Google earth. 2009. Fotografía 01-01-2010 Disponible en: Google Earth (Consultado el 21-10-2012)

Variable genérica C1.2 Diámetro exterior de la calzada anular.

“Quedan prohibidas glorietas de diámetro exterior de la calzada anular inferior³⁰ a 26m”

Ítems:

- a) Menos de 10 m.
- b) Entre 11 y 25 m.
- c) Entre 26 y 50 m.
- d) Entre 51 y 75 m.
- e) Más de 75 m.

²⁸ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

²⁹ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas.* Madrid. MOPU, 1989.

³⁰ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

En la práctica, y especialmente en zona urbana, se observan glorietas de diámetro inferior a los 26 metros y por ello se han propuesto los ítems a y b.

Variable genérica C1.3 Anchura de la calzada anular.

La anchura de la calzada anular viene determinada en función del tipo de vehículo que puede circular por la glorieta.

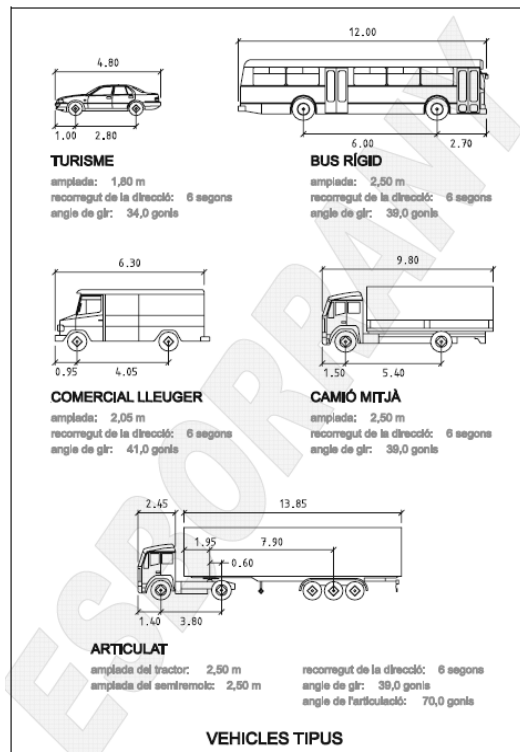


Fig.3.8 Tipología de vehículos³¹

La anchura de la calzada anular depende obviamente del número de carriles y de la anchura de cada carril. Las instrucciones técnicas dispuestas recomiendan para una misma anchura de calzada, utilizar menos carriles y más anchos que muchos carriles más estrechos. La anchura de calzada generalmente recomendada es como mínimo la misma anchura que la de la vía más amplia de las que acceden a la rotonda y en todo caso los carriles se recomiendan de entre 2,50 y 3,33 m. Por consiguiente y en base a un mínimo de una glorieta de un carril con gorjal.

³¹ Direcció General de Carreteres. Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Ítems:

- a) Menor de 5 m.
- b) Entre 5 y 8 m.
- c) Entre 8 y 15 m.
- d) Entre 15 y 20 m.
- e) Más de 20 m.

Variable genérica C1.4 Inclinación longitudinal de la plataforma anular.

Aunque sean realmente determinadas líneas de la plataforma las que tengan inclinación longitudinal, mantenemos el nombre de la variable tal como está redactada en la normativa.

“Las glorietas deben situarse preferentemente en rasantes horizontales, en todo caso con menos del 3% de inclinación. La pendiente longitudinal mínima será del³² 0,5%.”

“En ningún caso la pendiente longitudinal en cualquier punto de los dos bordes de la calzada superará el³³ 6%”.

Ítems:

- a) Sin pendiente.
- b) Entre 0,5 y 3%
- c) Entre 3% y 6%
- d) Más del 6%

Variable genérica C1.5 Existencia de gorguera.³⁴

“No se construirán gorgueras de anchura inferior a 0,5m y su diámetro (anchura) será constante en todo se recorrido³⁵.”

³² Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

³³ Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació.; Servei Català de Trànsit. *Millora de la seguretat de les rotondes*. Servei Català de Trànsit : Generalitat de Catalunya, Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació. 2008.

³⁴ Gorgera: Corona anular que en determinadas glorietas se situa entre la calzada anular i el islote, a fin de que pueda ser pisada por vehículos de grandes dimensiones que cuando giran barren un área de anchura superior a la que necesitan el resto de vehículos. Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació.; Servei Català de Trànsit. *Millora de la seguretat de les rotondes*. Servei Català de Trànsit : Generalitat de Catalunya, Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació. 2008.

³⁵ Idem.

Ítems:

- a) No existe gorguera.
- b) Existe gorguera de hasta ½ metro de anchura.
- c) Existe gorguera de entre 0,5 y 1 m de anchura.
- d) Existe gorguera de entre 1,01 y 1,50 m de anchura.
- e) Existe gorguera de entre 1,51 y 2 m de anchura.
- f) Existe gorguera de entre 2,01 y 2,50 m de anchura.
- g) Existe gorguera de más de 2,50 m de anchura.

Variable genérica C1.6 Existencia de arcenes.

“En glorietas urbanas o periurbanas, tanto en la parte interior como en la parte exterior de la plataforma anular, o no se dispondrá arcén o de hacerlo tendrá una anchura mínima. En glorietas interurbanas, la anchura de los arcenes, tanto los interiores como los exteriores será constante en todo su recorrido. Los arcenes interiores tendrán una anchura o bien de 0,50m o bien mínima. Se entenderá como arcén de anchura mínima el que tiene una anchura, medida entre la marca longitudinal y la rigola, o en su ausencia el bordillo, igual a la anchura de la marca longitudinal. Si se dispone gorguera no se dispondrá arcén interior. Los arcenes exteriores en ningún caso tendrán una anchura superior a 1,50 m. Se recomienda que los arcenes exteriores tengan una anchura de³⁶ 0,50 m.”

“No deben disponerse arcenes exteriores de más de 1 m de anchura en la calzada anular, pues pueden dar lugar a un falso carril adicional o incitar al estacionamiento³⁷.”

Variable específica C1.6.1 Existencia de arcén interior.

Ítems:

- a) No existe arcén.
- b) Menor de 0,5 m.
- c) Entre 0,5 y 1m.
- d) Más de 1m.

³⁶ Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació.; Servei Català de Trànsit. *Millora de la seguretat de les rotondes*. Servei Català de Trànsit : Generalitat de Catalunya, Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació. 2008.

³⁷ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

Variable específica C1.6.2 Existencia de arcén exterior.

Ítems:

- a) No existe arcén.
- b) Menor de 0,5 m.
- c) Entre 0,5 y 1 m.
- d) Más de 1 m.

Variable genérica C1.7 Sección transversal

Las pendientes de los diferentes componentes de la sección transversal, pueden verse influenciadas en el momento de proyectar la glorieta por las inclinaciones longitudinales preexistentes de los accesos, o por las limitaciones geométricas en general.

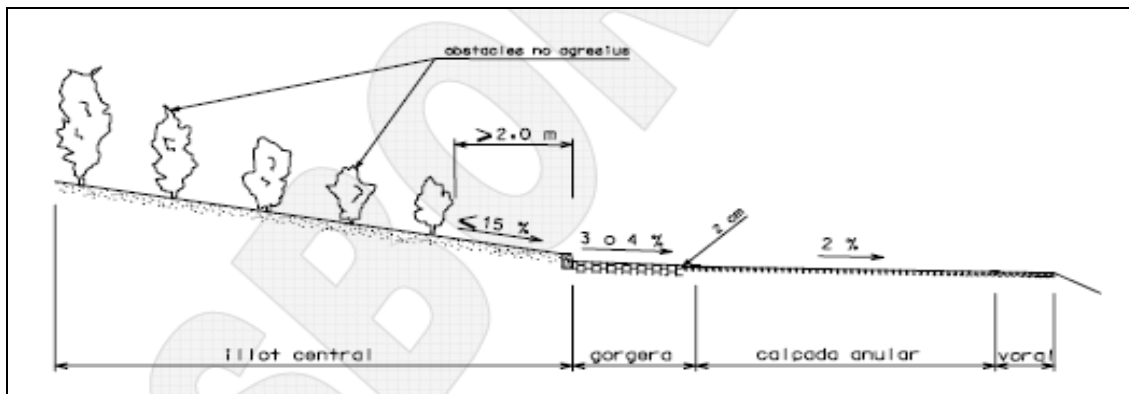


Fig. 3.9. Sección transversal con gorguera³⁸.

Variable específica C1.7.1: Peralte gorguera.

Ítems:

- a) No existe peralte.
- b) Menor del 3%
- c) Entre 3% y 4%
- d) Más del 4%

³⁸ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes*. Esborrany abril 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Variable específica C1.7.2: Peralte máximo de la calzada anular.

Ítems:

- a) No existe peralte.
- b) Menor del 2%
- c) Entre 2% y 3%
- d) Más del 3%

Variable específica C1.7.3: Peralte arcén.

Aunque normalmente el arcén está en continuación de la calzada, exponemos esta variable para algún posible caso en que no sea así.

Ítems:

- a) No existe peralte.
- b) Menor del 2%
- c) Entre 2% y 3%
- d) Más del 3%

Variable específica C1.7.4: Diferencia de cota entre la gorguera y la calzada anular.

“Se recomienda que el límite de las gorgueras con la calzada anular presente una ligera diferencia de cotas de modo que la gorguera quede 2 cm por encima de la calzada anular.³⁹”

Ítems:

- a) No hay diferencia de cota.
- b) Menor de 2 cm.
- c) Mayor de 2cm.

³⁹ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

CAPITULO C2: Entradas y salidas.

Variable genérica C2.1 Carriles en las entradas y salidas.

Variable específica C2.1.1: Anchura de la calzada de las vías de acceso.

Ítems:

- a) Menor de 3m.
- b) Entre 3 y 5m.
- c) Entre 5 y 7m.
- d) Mayor de 7m.

Variable específica C2.1.2: Número de carriles en las entradas.

“Únicamente se admitirán entradas de 3 carriles cuando éstas queden justificadas por razón de capacidad de tráfico o bien cuando las disponibilidades físicas de espacio obliguen a incorporar al acceso a la glorieta un carril procedente de una calzada lateral o acceso cercano. No se admitirán glorietas situadas en carreteras o calles de 3 o más carriles por sentido de circulación a excepción de las semaforizadas.”⁴⁰

Ítems:

- a) 1 carril.
- b) 1 carril abocinado en 2 a la entrada.
- c) 2 carriles.
- d) 3 carriles.
- e) Más de 3 carriles (Indicar número).

Variable específica C2.1.3: Longitud del abocinamiento de entrada.

Ítems:

- a) Menos de 10m.
- b) Entre 10 y 15m.
- c) Entre 15 y 20m.
- d) Mayor de 20m.

⁴⁰ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Variable específica C2.1.4: Anchura de los carriles en las entradas.

“La anchura mínima de los carriles de la entrada, en la marca de "ceda el paso", debe ser de 2,5 m. Es mejor usar carriles anchos porque son más adecuados para vehículos pesados. Por ejemplo, en una entrada de 10m de anchura, 3 carriles de 3,33 m son mejores⁴¹ que 4 de 2,50 m.”

Ítems:

- a) De 2,10 a 2,50 m.
- b) De 2,51 a 2,75 m.
- c) De 2,76 a 3,00 m.
- d) De 3,01 a 3,25 m.
- e) De 3,26 a 3,50 m.
- f) De 3,51 a 3,65 m.
- g) Más de 3,65 m.

Las anchuras de carril mínima (2,10) y máxima (3,65) corresponden al mínimo en zona urbana y al máximo en autopista interurbana⁴².

Variable específica C2.1.5: Número de carriles en las salidas.

Ítems:

- a) 1 carril.
- b) 2 carriles.
- c) 3 carriles.
- d) Más de 3 carriles (Indicar número).

⁴¹ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

⁴² Institut Català de Seguretat Viària *Manual del trànsit Urbà*. Departament de Governació. Generalitat de Catalunya. 1995.

Variable específica C2.1.6: Anchura de los carriles en las salidas.

Ítems:

- a) De 2,10 a 2,50 m.
- b) De 2,51 a 2,75 m.
- c) De 2,76 a 3,00 m.
- d) De 3,01 a 3,25 m.
- e) De 3,26 a 3,50 m.
- f) De 3,51 a 3,65 m.
- g) Más de 3,65 m.

Variable genérica C2.2 Existencia de arcén en las entradas y salidas de la glorieta.

Habrá que comprobar si se trata de arcén derecho o izquierdo y repetir los mismos ítems para cada acceso.

“En entradas y salidas de glorietas urbanas, tanto en el lado del islote reflector o divisor como en el lado exterior, no habrá arcén o de haberlo tendrá un anchura mínima.

“En entradas y salidas de las glorietas interurbanas, en el lado del islote deflector o divisor limitado por bordillo, o no, el arcén será constante y su anchura será de 0,5m o mínima. En el lado exterior el arcén no tendrá en ningún caso una anchura superior a 1,5m.

“En glorietas periurbanas los arcones de entradas y salidas que procedan o se dirijan fuera de poblado sin discontinuidades a la circulación se efectuarán de acuerdo con lo indicado para las glorietas urbanas o según lo indicado para las glorietas interurbanas, en función de si el diseño efectuado en los accesos permite alcanzar la adecuada moderación de velocidad propia del régimen de circulación en poblado.⁴³”

“Al estar las entradas generalmente provistas de bordillo, los arcones pavimentados deben terminarse antes del abocinamiento. El proceso más sencillo consiste en instalar los bordillos por fuera del arcén y luego acercarlos progresivamente hacia la calzada con una transición corta y suave⁴⁴”.

⁴³ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

⁴⁴ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas.* Madrid. MOPU, 1989.

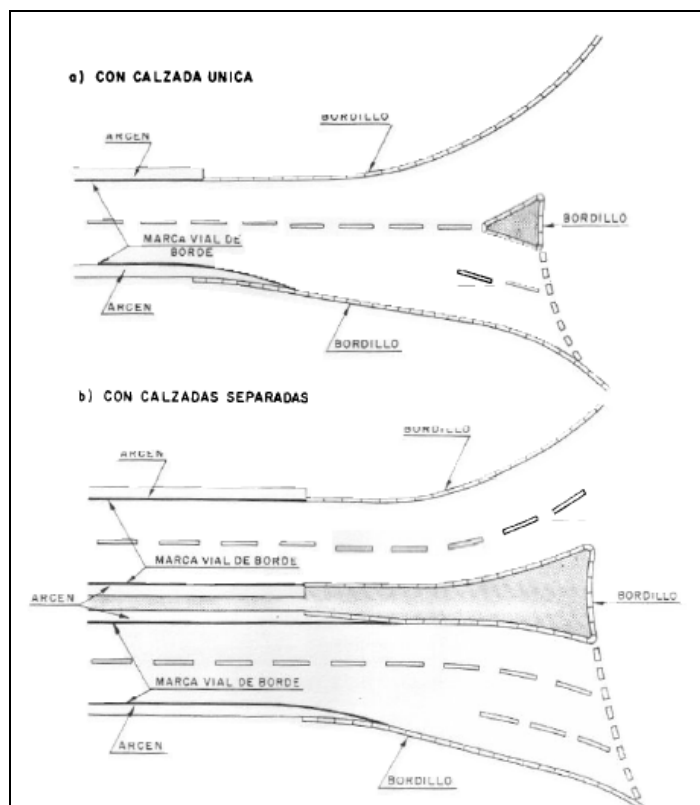


Fig.3.10. Método para terminar las marcas viales de borde.⁴⁵

Ítems:

- a) Menos de 0,50 m.
- b) Entre 0,51 y 1,00 m.
- c) Entre 1,01 y 1,50 m.
- d) Entre 1,51 y 2,00 m.
- e) Más de 2 m.
- f) No existe arcén.

Variable genérica C2.3 Radios mínimos de las entradas y salidas.

“En ningún caso se usaran radios interiores de entrada inferiores a 10m. ni radios interiores de salida inferiores a 12m.

No se recomiendan radios interiores de entradas de 2 carriles o de 1 abocinado inferiores a 20m, radios interiores de salidas en las que no hay paso de peatones inferiores a 20m. ni radios interiores de salidas en las haya paso de peatones superiores a 40m.”⁴⁶.

⁴⁵ Id. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). Recomendaciones sobre glorietas. Madrid. MOPU, 1989

⁴⁶ Direcció General de Carreteres. Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

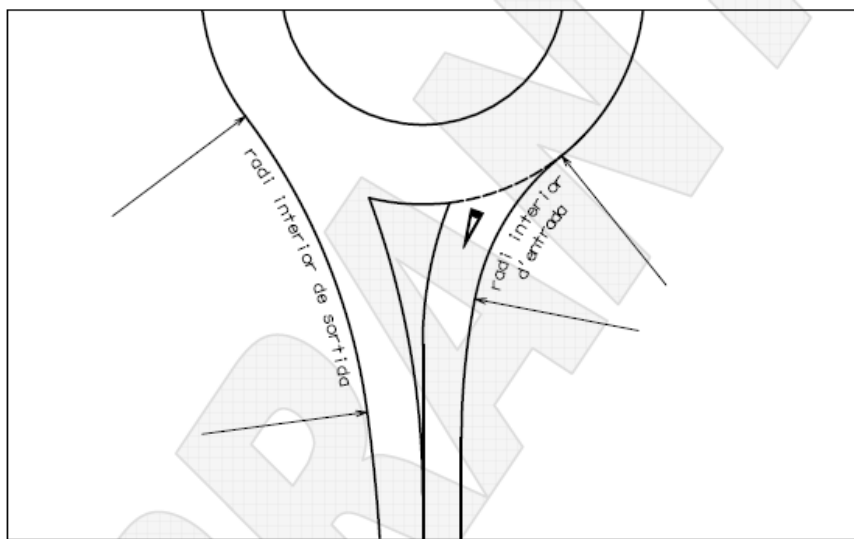


Fig 3.11. Radios de entrada y salida de las glorietas⁴⁷.

Variable específica C2.3.1 Radio interior de las entradas a la glorieta.

Ítems:

- a) Menor de 10 m.
- b) Entre 10 y 15 m.
- c) Entre 15 y 20 m.
- d) Entre 20 y 25 m.
- e) Entre 25 y 30 m.
- f) Entre 30 y 35 m.
- g) Entre 35 y 40 m.
- h) Entre 40 y 50 m.
- i) Más de 50 m.

Este es un factor muy importante para la seguridad que debe ser concordante o coherente con la velocidad de régimen del tráfico incidente. Se desarrolla más adelante con la concreción de los ángulos de entrada.

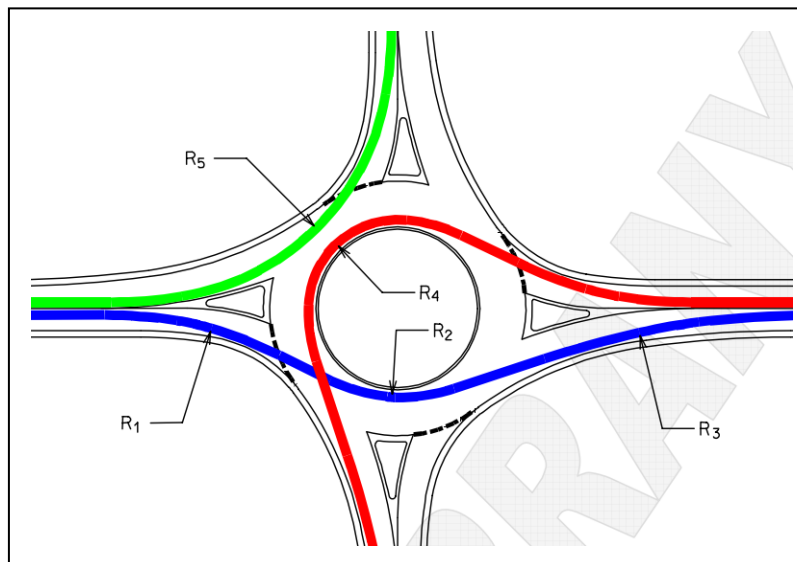
⁴⁷ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Variable específica C2.3.2 Radio interior de las salidas de la glorieta.

Ítems:

- a) Menor de 12 m.
- b) Entre 12 y 20 m.
- c) Entre 20 y 25 m.
- d) Entre 25 y 30 m.
- e) Entre 30 y 35 m.
- f) Entre 35 y 40 m.
- g) Entre 40 y 50 m.
- h) Más de 50 m.

Variable específica C2.3.3 Relación entre radios.



*Fig.3.12. Trayectorias y radios.*⁴⁸

Para evitar pérdidas de control del vehículo, se recomienda⁴⁹ que $R1 < R2 < R3$.

Ítems:

- a) Se cumple la recomendación.
- b) No se cumple la recomendación.

⁴⁸ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes*. Esborrany abril 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

⁴⁹ *Guia de nudos viarios*. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.

Variable genérica C2.4 Existencia de carriles segregados para giro a la derecha.

“Sirven para los vehículos que quieren salir de la glorieta en la salida siguiente a su entrada, sin tener que ceder el paso a los demás usuarios”⁵⁰

Si es posible, en lugar de un carril segregado a la derecha, se puede solventar el problema redondeando los bordes exteriores de la entrada a la glorieta con los de la salida posterior.

“Cuando, debido a la falta de espacio disponible para existencia de edificaciones a preservar u obstáculos inamovibles, no sea posible alcanzar la regularidad necesaria de distancias entre accesos, se comprobará, antes de redondear los bordes exteriores de la entrada con la de la salida posterior, que las perpendiculares de los bordes interiores trazadas desde el corazón de calzadas interceptan los bordes exteriores de las correspondientes calzadas.

En caso de que resulte así, se redondearán los bordes mediante un radio o combinación de radios que deberá permitir las anchuras y transiciones de anchos necesarios y que en ningún caso serán inferiores a 10 m, o alternativamente se dispondrá un carril segregado de giro a la derecha⁵¹”.

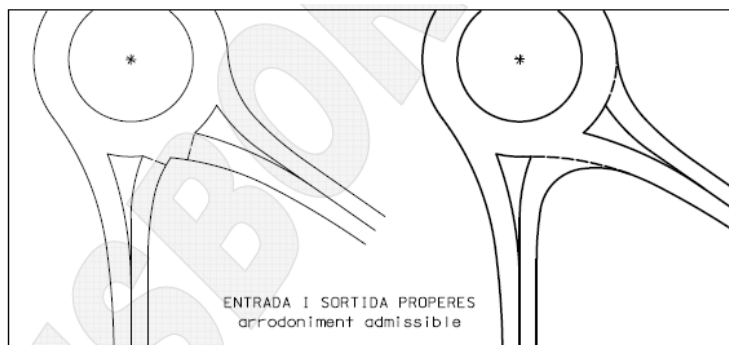


Fig. 3.13. Entrada con los bordes exteriores redondeados⁵².

Si no es posible el redondeo de los bordes exteriores de la entrada con los de la posterior salida, se construirá entonces un carril segregado de giro a la derecha.

⁵⁰ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

⁵¹ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes*. Esborrany abril 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

⁵² Id.

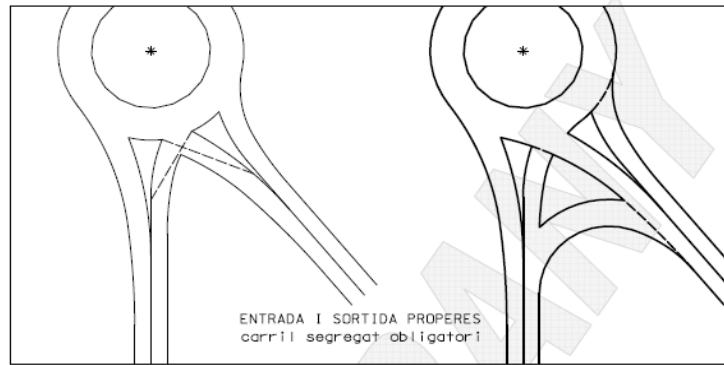


Fig. 3.14. Entrada con carril segregado a la derecha⁵³.

Ítems:

- a) No existe carril segregado.
- b) Existe carril segregado.

Variable genérica C2.5 Ángulo de entrada.

“La inflexión de la trayectoria de los vehículos a la entrada de una glorieta, es uno de los factores más importantes para la seguridad de la circulación en ellas. Esta inflexión se logra por la presencia de la isleta central y la presencia de una isleta separadora en cada acceso.⁵⁴”

Se genera por tanto lo que denominamos ángulo de entrada.

“El ángulo de entrada debe estar comprendido entre 20 y 60 g, con un óptimo de unos 25º. Los ángulos demasiado pequeños interfieren el funcionamiento propio de la glorieta, pues obligan a los conductores a mirar hacia atrás si viene algún vehículo y favorecen la entrada a velocidad elevada, incluso sin respetar la prioridad del tráfico que circula por la calzada anular⁵⁵.”

⁵³ Id.

⁵⁴ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

⁵⁵ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

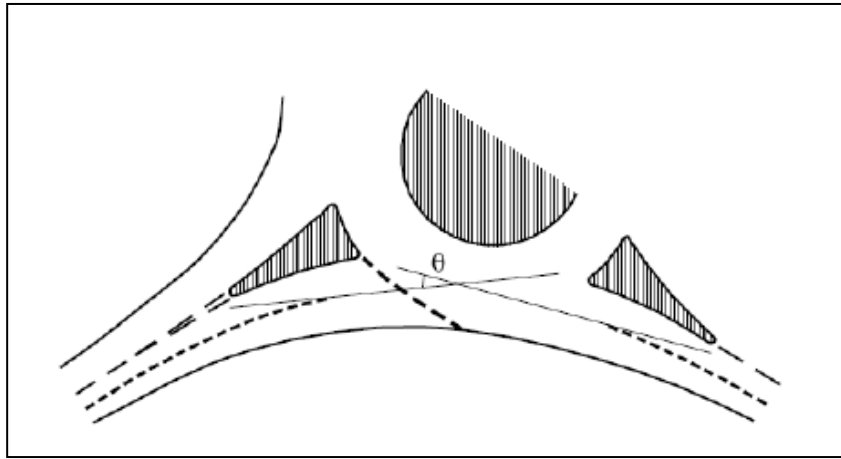


Fig. 3.15. Ángulo de entrada demasiado pequeño e inflexión de entrada insuficiente.⁵⁶

“Los ángulos demasiado grandes también interfieren el funcionamiento normal de la glorieta, pues favorecen los conflictos en forma de cruce.⁵⁷”

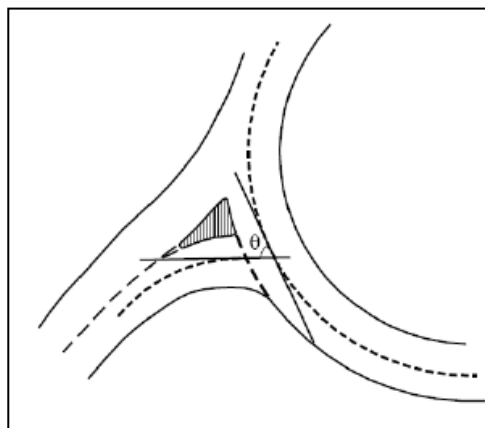


Fig. 3.16. Ángulo de entrada demasiado grande.⁵⁸

Ítems:

- a) Ángulo menor de 20 grados.
- b) Ángulo entre 20 y 30 grados.
- c) Ángulo entre 30 y 40 grados.
- d) Ángulo entre 40 y 50 grados.
- e) Ángulo entre 50 y 60 grados.
- f) Ángulo mayor de 60 grados.

⁵⁶ *Guía de nudos viarios*. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.

⁵⁷ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

⁵⁸ *Guía de nudos viarios*. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.

Variable genérica C2.6 Visibilidad en las entradas a la glorieta.

Un punto primordial en el diseño de la glorieta, es sin duda la visibilidad de los conductores en el momento de incorporarse a la misma, tanto por lo que se refiere a los vehículos que circulan por la calzada anular, como a aquellos que se incorporan a la glorieta por la entrada anterior.

Variable específica C2.6.1 Visibilidad hacia la izquierda en las aproximaciones a la glorieta.

“Fuera de poblado, y desde una distancia de la marca de "ceda el paso" no inferior a la distancia necesaria para la detención a partir de la velocidad de recorrido del acceso, deberá mantenerse despejada una zona de visibilidad tangente a una circunferencia concéntrica con el borde exterior de la calzada anular, y cuyo radio sea inferior en 2 m al de éste.⁵⁹”

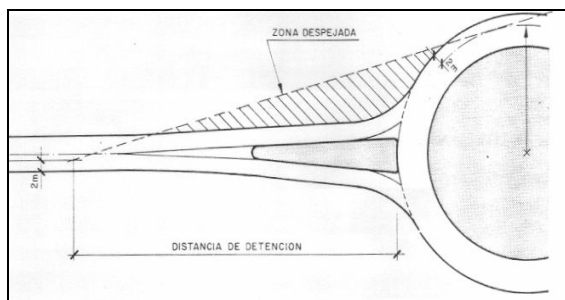


Fig 3.17. Visibilidad hacia la izquierda.⁶⁰

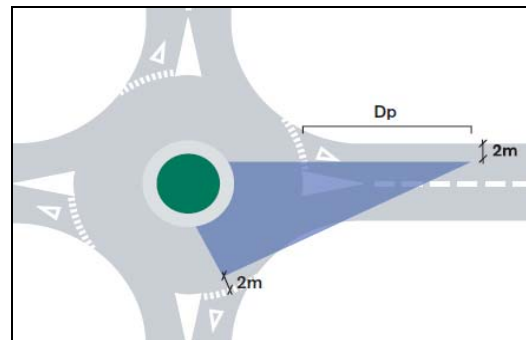


Fig.3.18. Visibilidad hacia la derecha.⁶¹

Ítems:

- Cumple condición de visibilidad.
- No cumple condición de visibilidad.

⁵⁹ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

⁶⁰ Id.

⁶¹ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes*. Esborrany abril 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Variable específica C2.6.2 Visibilidad en las entradas a la glorieta.

“Se recomienda que desde todas las entradas a una glorieta, se garantice la visibilidad de los conductores hasta la entrada anterior, o a una distancia de 50 m hacia la izquierda, medidos sobre el eje de la calzada anular. Igual visibilidad se recomienda hacia la derecha o en el sentido de la marcha en la calzada circular⁶²”.

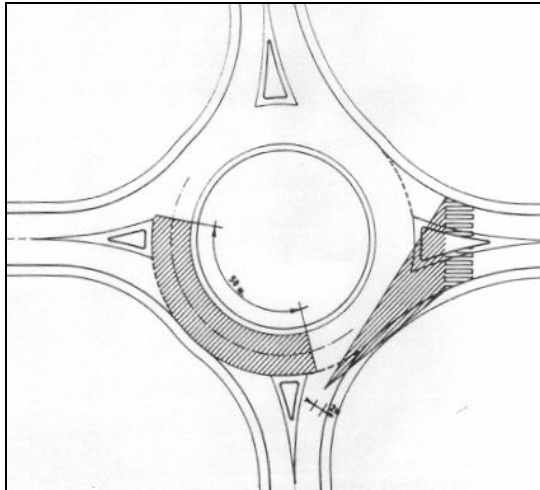


Fig.3.19. Visibilidad en la entrada y paso de peatones.⁶³

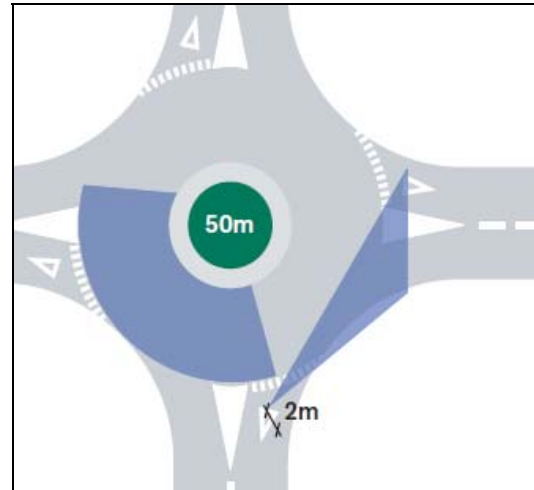


Fig.3.20. Visibilidad en la entrada y paso de peatones.⁶⁴

Ítems:

- a) Cumple condición de visibilidad.
- b) No cumple condición de visibilidad.

Variable específica C2.6.3 Visibilidad hacia un paso de peatones.

“Si en una pata de acceso hubiera un paso cebra antes de llegar a la calzada anular, debe resultar visible en su totalidad desde una distancia no inferior a la necesaria para detenerse a partir de la velocidad específica de esa parte de la pata⁶⁵”.

“En cualquiera de las entradas, desde el centro de cualquier carril a la altura de la marca de detención, como desde el centro del carril derecho 15m antes de ella, se

⁶² Ayuntamiento de Madrid. *Instrucción de Vía Pública. Ficha técnica 5.3 Intersecciones giratorias o glorietas*. 2000.

⁶³ Id.

⁶⁴ Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació.; Servei Català de Trànsit. *Millora de la seguretat de les rotondes*. Servei Català de Trànsit : Generalitat de Catalunya, Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació. 2008.

⁶⁵ Guía de *de nudos viarios*. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.

debe ver la totalidad de un paso cebra situado en la siguiente salida, si está a menos de 50m. de la calzada anular⁶⁶.”

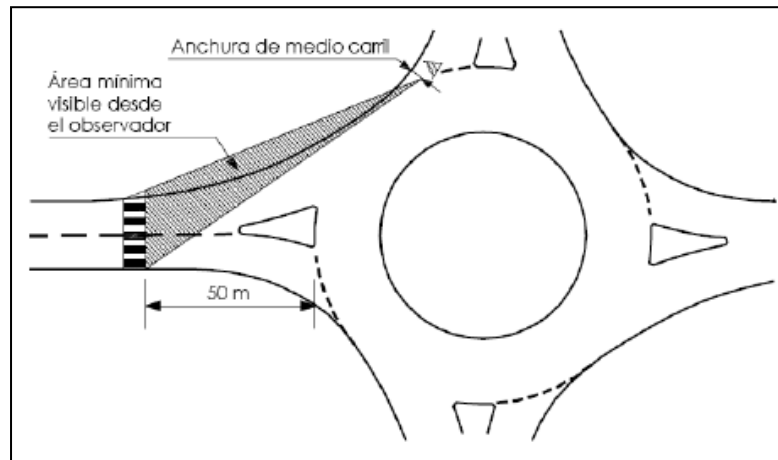


Fig.3.21. Visibilidad hacia un paso de peatones en la siguiente salida.⁶⁷

Ítems:

- a) Cumple condición de visibilidad.
- b) No cumple condición de visibilidad.

Variable específica C2.6.4 Ángulo entre patas consecutivas.

Se recomienda un espaciamiento uniforme de las patas a lo largo de la calzada anular, de manera que “no resulte inferior a 60gon el ángulo subtendido al centro de la glorieta por dos puntos de intersección de la circunferencia definida por el borde exterior de la calzada anular: uno con la trayectoria más desfavorable de entrada por una pata y otro con la trayectoria más desfavorable de salida de la pata siguiente⁶⁸.”

⁶⁶ Guía de de nudos viarios. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.

⁶⁷ Idem.

⁶⁸ Idem.

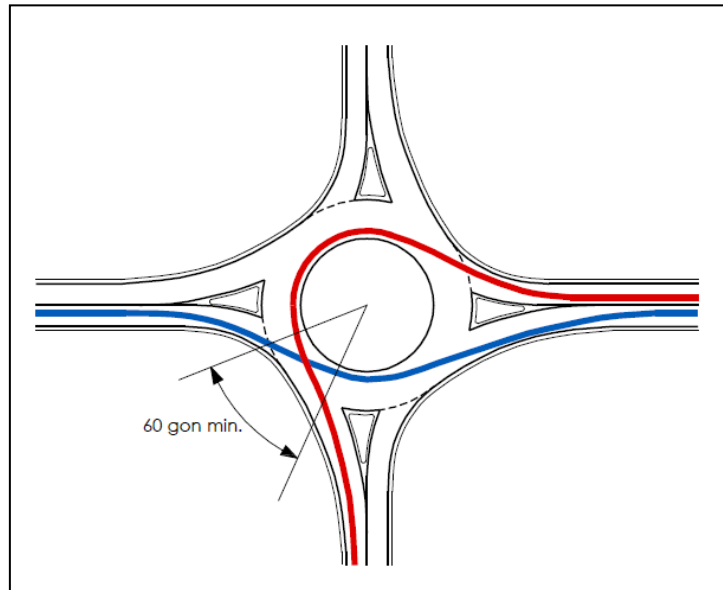


Fig.3.22. Espaciamiento de las patas en la calzada anular.⁶⁹

Ítems:

- a) Ángulo menor de 60º.
- b) Ángulo de 60º.
- c) Ángulo mayor de 60º.

⁶⁹ *Guía de nudos viarios*. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.

CAPITULO C3: Isletas.

Variable genérica C3.1 Características de la isleta central.

“En ningún caso, los islotes centrales se efectuarán simplemente mediante la disposición de marcas viales o señalización horizontal sobre el pavimento. En cualquier caso, los islotes centrales dispondrán de bordillo que los separe de la calzada anular, o en su caso de la gorguera”⁷⁰.

Variable específica C3.1.1 Diámetro de la isleta central.

Ítems:

- a) Menor de 4 m.
- b) Entre 4 y 6 m.
- c) Entre 6 y 8 m.
- d) Entre 8 y 10 m.
- e) Entre 10 y 12 m.
- f) Entre 12 y 14 m.
- g) Entre 14 y 16 m.
- h) Entre 16 y 18 m.
- i) Entre 18 y 20 m.
- j) Entre 20 y 25 m.
- k) Más de 25 m.

La isleta central debe asimismo generar maniobra a los vehículos incidentes (inflexión de la trayectoria), pues en caso contrario las trayectorias tangenciales no colaboran a moderar el ritmo del tráfico que accede a la glorieta. Esta inflexión se consigue también con la presencia de las isletas deflectoras y con los radios de entrada y salida.

⁷⁰ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

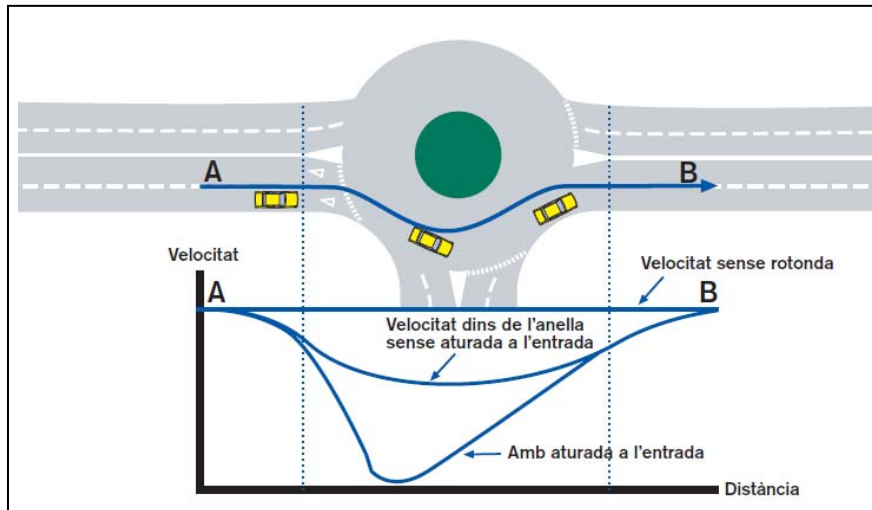


Fig.3.23. Inflexión en la trayectoria de los vehículos y la influencia en su velocidad.⁷¹

Variable específica C3.1.2 Tipo de bordillo que separa la isleta central de la calzada anular o gorguera.

Ítems:

- a) Montable.
- b) No montable.
- c) No existe bordillo.

Variable específica C3.1.3 Altura del bordillo que separa la isleta central de la calzada anular o gorguera.

Ítems:

- a) Hasta 2,5 cm.
- b) Entre 2,6 y 5 cm.
- c) Entre 5,1 y 7,5 cm.
- d) Entre 7,6 y 10 cm.
- e) Entre 10,1 y 12,5 cm.
- f) Entre 12,6 y 15 cm.
- g) Más de 15 cm.

⁷¹Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Variable específica C3.1.4 Existencia de elementos decorativos en la isleta central.

Se procurará que el tratamiento paisajístico del islote sea tal que permita su visión desde cualquiera de los accesos de la glorieta. Por lo tanto se procurará que su interior quede relativamente elevado.

Sin embargo, se limitarán las cotas de las zonas más exteriores del islote, a fin de alcanzar las distancias de visibilidad de parada necesarias para los vehículos que circulan por la calzada anular⁷².

Ítems:

- a) No existen elementos decorativos.
- b) Existen elementos decorativos separados 2 o más m del bordillo.
- c) Existen elementos decorativos separados menos de 2 metros del bordillo.

La compatibilidad de la decoración con la seguridad, también se puede poner en cuestión en la misma línea de la pérdida de atención, en el caso de anuncios llamativos.

Variable específica C3.1.5 Elevación del nivel medio de la isleta central con relación a la calzada anular.

Ítems:

- a) Más de 2 m de diferencia.
- b) Entre 1,5 y 1,99 m de diferencia.
- c) Entre 1 y 1,49 m de diferencia.
- d) Menos de 1 metro de diferencia.

Variable específica C3.1.6 Visibilidad desde el interior de la calzada anular

Desde cualquier punto situado en la calzada anular a 2 m de su borde interior, se debe ver toda esa calzada hasta el más lejano de los límites siguientes: ⁷³

- La salida siguiente.
- 40m, medidos a lo largo del centro de la calzada anular.

⁷² Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes*. Esborrany abril 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

⁷³ *Guia de nudos viarios*. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.

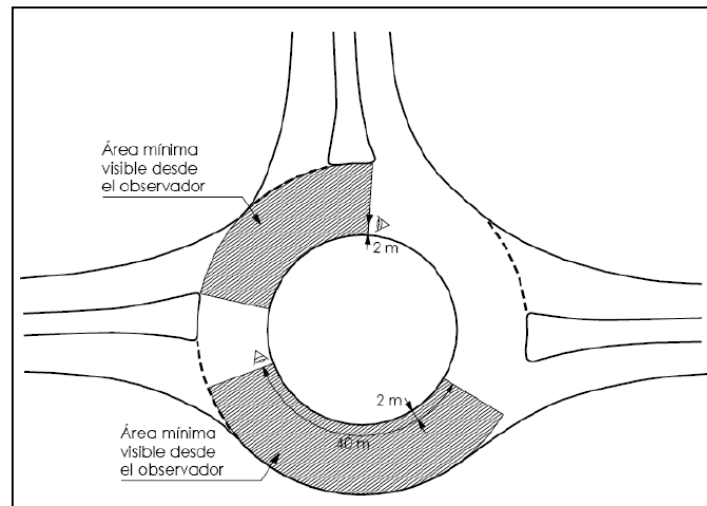


Fig.3.24. Visibilidad en el interior de la glorieta⁷⁴.

Ítems:

- a) Visibilidad más allá de los 50 m.
- b) Visibilidad hasta los 50 m.
- c) Visibilidad menor a los 50 m.



Fig.3.25. Ejemplo de decoración del islote central⁷⁵.

⁷⁴ *Guía de nudos viarios*. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.

⁷⁵ www.ojosdehumanoide.com/disparate-nacional-las-glorietas



Fig.3.26. Ejemplo de decoración del islote central⁷⁶.



Fig.3.27. Ejemplo de decoración del islote central⁷⁷.

Variable genérica C3.2 Características de las isletas deflectoras.⁷⁸

“Cualquier acceso bidireccional a una glorieta dispondrá de isleta deflectoras o separadora. En ningún caso las isletas deflectoras o separadoras se efectuaran simplemente mediante la disposición de marcas viales o señalización horizontal sobre el pavimento.⁷⁹”

⁷⁶ www.ojosdehumanoide.com/disparate-nacional-las-rotondas

⁷⁷ www.mediavida.com

⁷⁸ Isleta deflectoras: toda la zona excluida a la circulación limitada por los bordes de la calzada. Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006*. Departament de Política Territorial I Obres Públiques. Generalitat de Catalunya

⁷⁹ Id.



Fig.3.28. Glorieta con acceso bidireccional con isletas deflectoras sin bordillo⁸⁰.

Variable específica C3.2.1 Tipo de isletas deflectoras.

Se pueden clasificar según su forma, referida a los lados correspondientes a la entrada y salida de la glorieta.

Ítems:

- a) No existen isletas deflectoras.
- b) Curvadas.
- c) Triangulares.
- d) Con inflexión de curvatura.

⁸⁰ www.arqhys.com/construcciones/rotondas.html

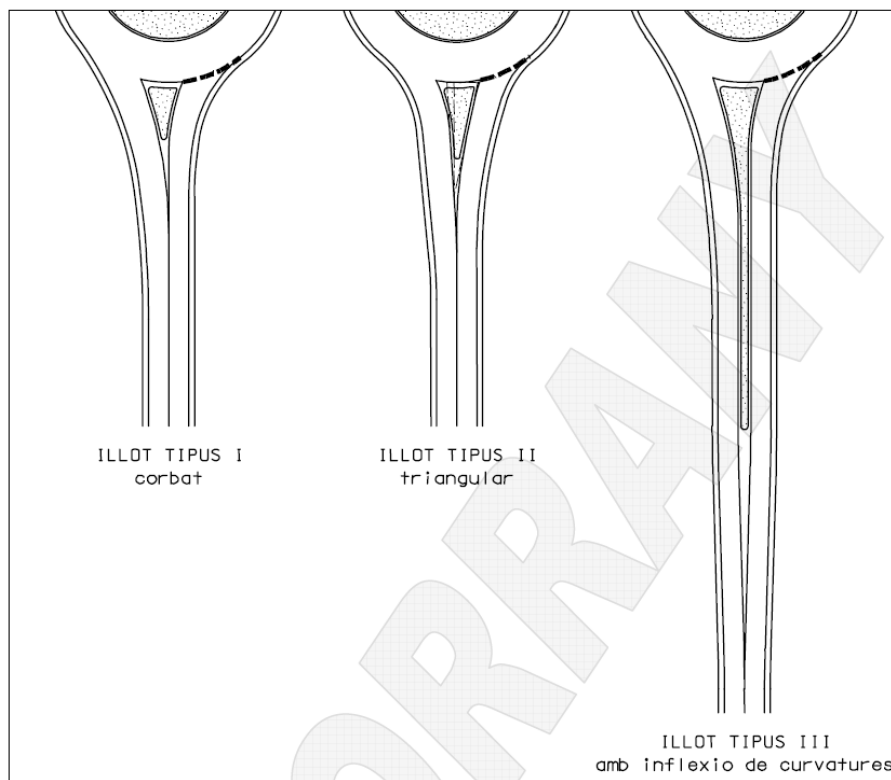


Fig.3.29. Tipo de isletas deflectoras en función de su forma⁸¹.

Es recomendable que la isleta deflectora vaya precedida de línea continua, no tanto para impedir adelantamientos, como para alertar a los usuarios del inicio de reconducción del flujo circulatorio, que completará la isleta que sigue.

Variable específica C3.2.2 Longitud de las isletas deflectoras.

Ítems:

- a) Menos de 5 m.
- b) Entre 5 y 10 m.
- c) Entre 10 y 20 m.
- d) Más de 20 m.

⁸¹Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Variable específica C3.2.3 Radios de redondeo de los bordillos o límites de arcén de las isletas deflectoras (Repetir para cada uno de los tres vértices).

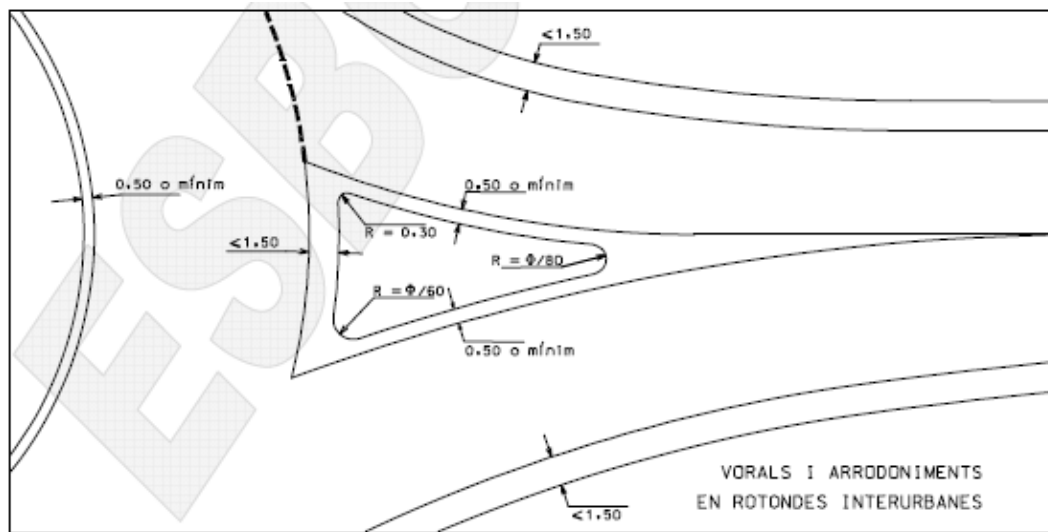


Fig.3.30. Radios redondeo bordillos o límites arcén en isletas deflectoras⁸².

Ítems:

- a) Menos de 0,30 m.
- b) Entre 0,31 y 0,40 m.
- c) Entre 0,41 y 0,50 m.
- d) Entre 0,51 y 0,60 m.
- e) Entre 0,61 y 0,70 m.
- f) Entre 0,71 y 0,80 m.
- g) Más de 0,80 m.

⁸² Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes*. Esborrany abril 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

CAPITULO C4: Delimitación de otros usos.

Variable genérica C4.1 Zonas de estacionamiento.

“En la calzada anular no se admitirá, en ningún caso el estacionamiento ni la parada de vehículos. En las entradas y salidas la posibilidad de estacionamiento o de parada se limitará desde la calzada anular en una longitud cuanto más grande mejor.⁸³”

Variable específica C4.1.1 Existencia de zona de estacionamiento de vehículos en las entradas a la glorieta y distancia con respecto a la calzada anular.

Ítems:

- a) No existen zonas de estacionamiento.
- b) Está situada a menos de 5 m de la calzada anular.
- c) Está situada entre 5 y 10 m de la calzada anular.
- d) Está situada a más de 10 m de la calzada anular.

Variable específica C4.1.2 Existencia de zona de estacionamiento de vehículos en las salidas de la glorieta y distancia con respecto a la calzada anular.

Ítems:

- a) No existen zonas de estacionamiento.
- b) Está situada a menos de 5 m de la calzada anular.
- c) Está situada entre 5 y 10 m de la calzada anular.
- d) Está situada a más de 10 m de la calzada anular.

Variable genérica C4.2 Interacción con peatones.

Variable específica C4.2.1 Acceso de los peatones a la isleta central.

No se facilitará, ni se permitirá el acceso de los peatones a la isleta central por ningún sistema⁸⁴ En glorietas urbanas es habitual, que en las de gran tamaño, se permita el acceso de los peatones a la isleta central. Ej. Plaza Tetuán de Barcelona.

⁸³ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

⁸⁴ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.



*Fig.3.31. Plaza Tetuán. Barcelona.
Acceso permitido a los peatones a la isleta central.
Google earth. 2009. Fotografía 01-01-2010
Disponible en: Google Earth (Consultado el 21-10-2012).*

Ítems:

- a) Se permite el acceso a la isleta central.
- b) No se permite el acceso a la isleta central.

Variable específica C4.2.2 Disposición de los pasos de peatones.

Ítems:

- a) Sin regulación específica.
- b) Con señalización fija: paso cebra.
- c) Con señalización variable: semáforos.
- d) Paso a diferente nivel.

“De los estudios efectuados hasta ahora, no ha resultado ninguna evidencia que indique que la regulación de pasos de peatones mediante señalización fija (paso cebra) reduzca la accidentabilidad. Su presencia puede dar una falsa sensación de seguridad a los peatones, olvidando observar la existencia de un intervalo suficiente entre los vehículos, antes de cruzar. En cualquier caso, modifica el comportamiento de los peatones y sirve para indicarles el lugar adecuado para cruzar”⁸⁵.

⁸⁵ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Variable específica C4.2.3 Distancia del paso cebra a la calzada anular.

Ítems:

- a) Menos de 2 m.
- b) Entre 2,01m y 3 m.
- c) Entre 3,01 y 4 m.
- d) Entre 4,01 y 5 m.
- e) Entre 5,01 y 6 m.
- f) Más de 6 m.

Variable específica C4.2.4 Existencia de refugio para peatones en el islote deflector o divisor.

Ítems:

- a) No existen.
- b) Si existen.

Variable específica C4.2.5 Longitud del refugio para peatones.

"Es aconsejable que el refugio tenga una longitud igual o superior a 1,80 m, a efecto de que quepa una persona empujando una bicicleta.⁸⁶"

Ítems:

- a) Menor de 1,40 m.
- b) Entre 1,41 y 1,60 m.
- c) Entre 1,61 y 1,80 m.
- d) Entre 1,81 y 2,00 m.
- e) Entre 2.01 y 2.20 m.
- f) Entre 2.21 y 2.40 m.
- g) Más de 2,40 m.

Variable específica C4.2.6 Existencia de paso peatonal sobreelevado.

Ítems:

- a) No existen.
- b) Si existen.

⁸⁶ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Variable específica C4.2.7 Distancia del paso peatonal sobreelevado a la calzada anular.

Ítems:

- a) Menos de 2 m.
- b) Entre 2,01m y 3 m.
- c) Entre 3,01 y 4 m.
- d) Entre 4,01 y 5 m.
- e) Entre 5,01 y 6 m.
- f) Más de 6 m.

Variable específica C4.2.8 Medidas del paso peatonal sobreelevado.

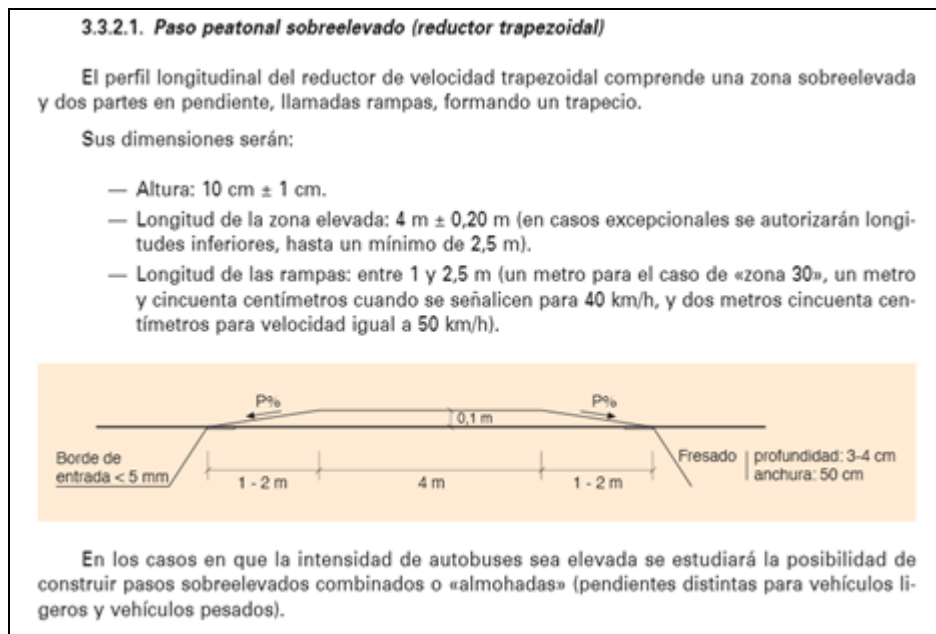


Fig 3.32. Geometría paso peatonal sobreelevado⁸⁷.

C4.2.8.A Altura.

Ítems:

- a) Menor de 10 cm.
- b) 10 cm.
- c) Mayor de 10 cm.

⁸⁷ Dirección general de carreteras. Instrucción técnica para la instalación de reductores de velocidad y bandas transversales de alerta en carreteras de la red de carreteras del estado. Orden FOM/3053/2008. Ministerio de fomento de España.

C4.2.8.B Longitud de la zona elevada.

Ítems:

- a) Menor de 2,5 m.
- b) Entre 2,51 y 3 m.
- c) Entre 3,01 y 3,5 m.
- d) Entre 3,51 y 4 m.
- e) Más de 4 m

C4.2.8.C Longitud de las rampas.

Ítems:

- a) Menor de 1 metro.
- b) Entre 1,01 y 1,5 m.
- c) Entre 1,51 y 2 m.
- d) Entre 2,01 y 2,5 m.
- e) Más de 2,5 m.

C4.2.8.D Pendiente de las rampas.

Ítems:

- a) Menor del 2%.
- b) Entre 2 y 3%.
- c) Entre 3 y 4%.
- d) Más de 4%.

Variable específica C4.2.9 Otros supuestos peatonales en glorietas interurbanas.

Ítems:

- a) Prohibición de presencia peatonal.
- b) Habilitación de pasillo peatonal sobre el perímetro exterior de la plataforma sin separación física.
- c) Habilitación de pasillo peatonal sobre el perímetro exterior de la plataforma con separación física.
- d) Otros supuestos.

Variable genérica C4.3 Interacción con ciclistas.

“Aunque las glorietas tienen un historial notable de seguridad, no resulta tan bueno para los vehículos de dos ruedas, que intervienen en la mitad de los accidentes con víctimas, es decir, de 10 a 15 veces la siniestralidad de los coches.

Las bicicletas, que representan menos del 2% del tráfico total, se ven implicadas en el 15% de los accidentes”⁸⁸.

Los accidentes de ciclistas o ciclomotores sobre la calzada anular e incluso sobre el arcén del perímetro exterior, suelen ser de gran gravedad, especialmente por arrollamiento en el lateral de vehículos pesados⁸⁹.

Variable específica C4.3.1 Tratamiento especial de la movilidad de los ciclistas.

Ítems:

- a) No existe, usan el mismo espacio que los vehículos motorizados.
- b) Usan el espacio destinado a los peatones de forma compartida con ellos.
- c) Existe acera-bici.⁹⁰
- d) Existe carril bici protegido⁹¹unidireccional.
- e) Existe carril bici protegido bidireccional.
- f) Existe arcén-bici.

Variable específica C4.3.2 Anchura del carril bici o acera bici.

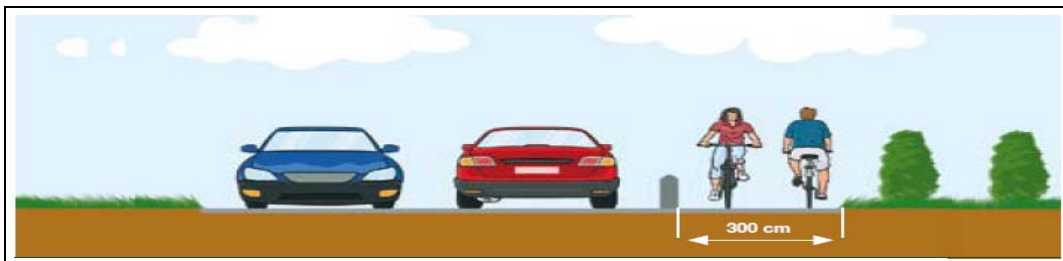


Fig.3.33. Carril bici protegido bidireccional en zona interurbana.⁹²

⁸⁸ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

⁸⁹ Informes de reconstrucción de accidentes. Reges. Colectiu Eixample. (1995-2005).

⁹⁰ Espacio exterior a la calzada anular de uso exclusivo para los ciclistas, con separación física de los vehículos motorizados, pero sin separación física de los peatones. Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes*. *Esborrany abril 2006*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

⁹¹ Espacio exterior a la calzada anular de uso exclusivo para los ciclistas, con separación física de los vehículos motorizados y de los peatones. Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes*. *Esborrany abril 2006*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

⁹² Departament de Política Territorial i Obres Públiques. *Manual para el diseño de vías ciclistas en Cataluña*. Generalitat de Catalunya. 2008.

C4.3.2 A En las entradas a la glorieta.

Ítems:

- a) Entre 1 y 1,5 m.
- b) Entre 1,51 y 2 m.
- c) Entre 2,01 y 2,5 m.
- d) Entre 2,51 y 3 m.
- e) Más de 3 m.

C4.3.2 B En el interior de la glorieta.

Ítems:

- a) Entre 1 y 1,5 m.
- b) Entre 1,51 y 2 m.
- c) Entre 2,01 y 2,5 m.
- d) Entre 2,51 y 3 m.
- e) Más de 3 m.

Variable específica C4.3.3 Existencia de paso de ciclistas señalizado.

“Las calzadas de una glorieta se atravesaran por un carril de 2 metros de ancho situado junto al paso para peatones.”⁹³”

Ítems:

- a) Existe.
- b) No existe.

⁹³ Departament de Política Territorial i Obres Públiques. *Manual para el diseño de vías ciclistas en Cataluña*. Generalitat de Catalunya. 2008.

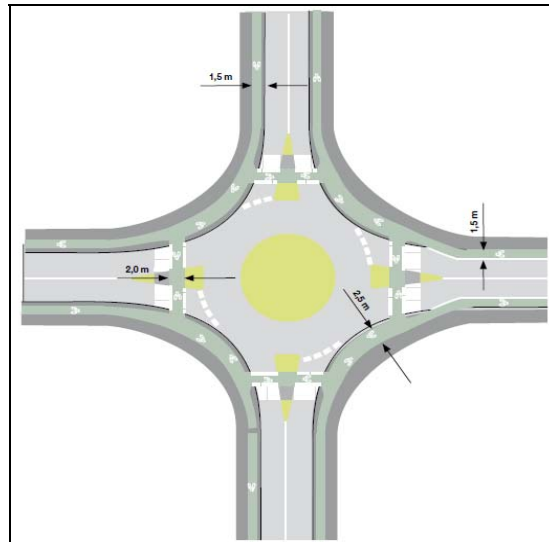


Fig.3.34. Intersección de vía ciclista con una glorieta.⁹⁴

Variable específica C4.3.4 Distancia del paso de ciclistas señalizado a la calzada anular.

Ítems:

- a) Menos de 2 m.
- b) Entre 2,01m y 3 m.
- c) Entre 3,01 y 4 m.
- d) Entre 4,01 y 5 m.
- e) Entre 5,01 y 6 m.
- f) Más de 6 m.

Variable específica C4.3.5 Anchura del paso de ciclistas señalizado a la calzada anular.

Ítems:

- a) Menos de 1 metro.
- b) Entre 1,01 y 1,5 m.
- c) Entre 1,51 y 2 m.
- d) Entre 2 y 2,5 m.
- e) Más de 2,5 m.

⁹⁴ Departament de Política Territorial i Obres Públiques. *Manual para el diseño de vías ciclistas en Cataluña*. Generalitat de Catalunya. 2008.

Variable genérica C4.4 Interacción con transportes colectivos.

Variable específica C4.4.1 Existencia de paradas de bus antes o después de la glorieta.

Tanto la normativa catalana⁹⁵ como la española⁹⁶ prohíben situar paradas de transporte colectivo en la calzada anular de la glorieta. Actuaciones de la Inspección de Trabajo de Barcelona⁹⁷ a instancias de C.C.O.O en defensa de los conductores de líneas regulares de autobús, requirieron a empresas concesionarias y Ayuntamientos, a suprimir dos paradas en plena glorieta en el Baix Llobregat en el año 1998.

Ítems:

- a) No existe ninguna parada ni antes ni después de la glorieta.
- b) Existe parada antes de la entrada de la glorieta.
- c) Existe parada después de la glorieta.
- d) Existe parada antes y después de la glorieta.

Variable específica C4.4.2 Distancia de la parada antes de la glorieta al paso de peatones.

Ítems:

- a) Menos de 10 m.
- b) Entre 10,01 y 15 m.
- c) Entre 15,01 y 20 m.
- d) Más de 20 m.

Variable específica C4.4.3 Distancia de la parada después de la glorieta al paso de peatones.

Ítems:

- a) Menos de 10 m.
- b) Entre 10,01 y 15 m.
- c) Entre 15,01 y 20 m
- d) Más de 20 m

⁹⁵ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

⁹⁶ Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas.* Madrid. MOPU, 1989.

⁹⁷ Inspecció de Treball. Departament d'Empresa i Ocupació. Generalitat de Catalunya.

Variable específica C4.4.4 Existencia de refugio de bus situado fuera de la calzada de la glorieta.

Ítems:

- a) No existe refugio ni en las paradas de antes ni en las paradas de después de la glorieta.
- b) Existe refugio en las paradas de antes de la glorieta.
- c) Existe refugio en las paradas de después de la glorieta.
- d) Existe refugio en las paradas de antes y después de la glorieta.

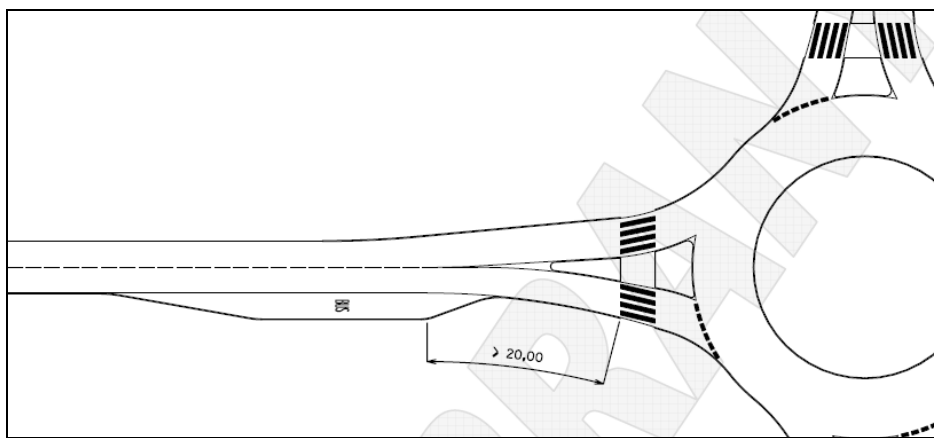


Fig.3.35. Glorieta con parada de bus previa situada en entrante o refugio.⁹⁸

Variable específica C4.4.5 Existencia de parada de bus situada en calzada exclusiva.

Ítems:

- a) No existe calzada exclusiva ni en las paradas de antes ni en las paradas de después de la glorieta.
- b) Existe calzada exclusiva en las paradas de antes de la glorieta.
- c) Existe calzada exclusiva en las paradas de después de la glorieta.
- d) Existe calzada exclusiva en las paradas de antes y después de la glorieta.

⁹⁸ *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.*

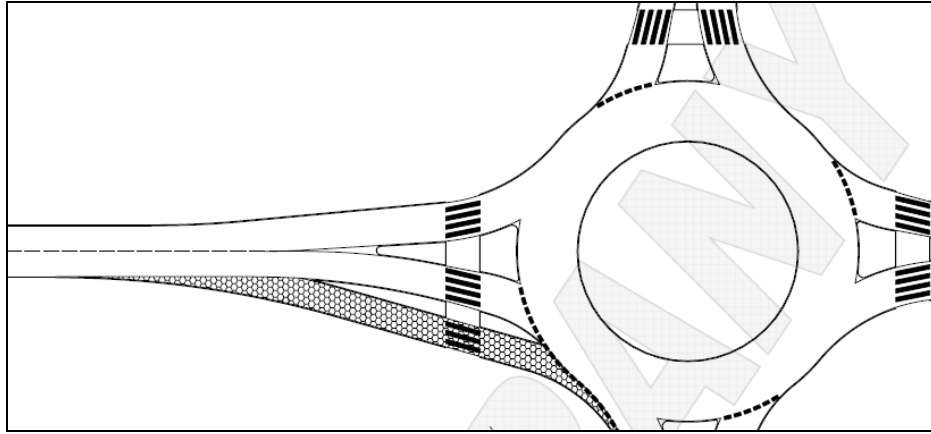


Fig.3.36. Glorieta con parada previa situada en calzada exclusiva⁹⁹

Variable específica C4.4.6 Existencia de carril bus o VAO¹⁰⁰ en las vías de acceso a la glorieta.

Ítems:

- a) No existe.
- b) Si existe.

Variable específica C4.4.7 Distancia del final del carril bus a la calzada anular.

“En accesos que dispongan de carril bus, esta desaparecerá o perderá su condición de carril de uso exclusivo como mínimo 20 m antes de la calzada anular.¹⁰¹”

Ítems:

- a) Menos de 10 m.
- b) Entre 10,01 y 15 m.
- c) Entre 15,01 y 20 m.
- d) Más de 20 m.

⁹⁹ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

¹⁰⁰ Vía de Alta Ocupación para buses y turismos con 3 o más pasajeros.

¹⁰¹ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

CAPITULO C5: Señalización.

Hay que tener en cuenta en este capítulo la particularidad de las glorietas, de que la prioridad de paso no la tiene el vehículo que se acerca por la derecha, sino que la prioridad de paso la tienen los vehículos que circulan por la calzada anular frente a los que quieren incorporarse a la misma por alguna de sus entradas.

Variable genérica C5.1 Señalización vertical.

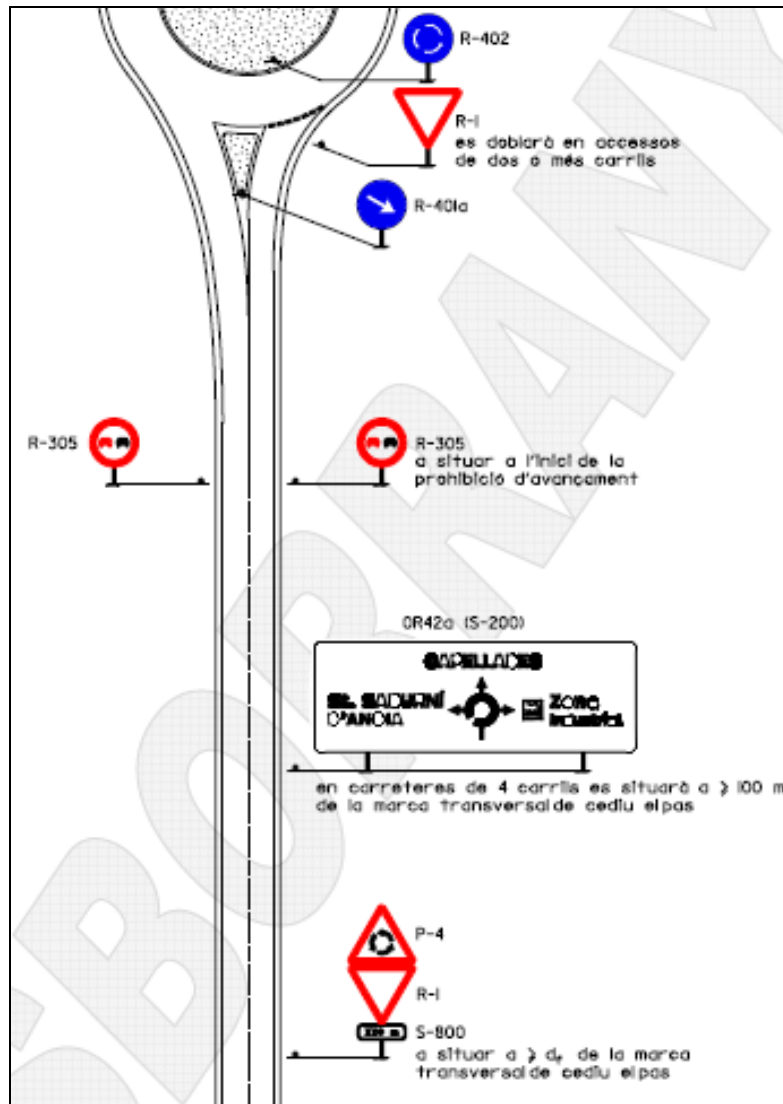


Fig.3.37. Señalización vertical de aproximación a una glorieta fuera de poblado.¹⁰²

¹⁰² Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

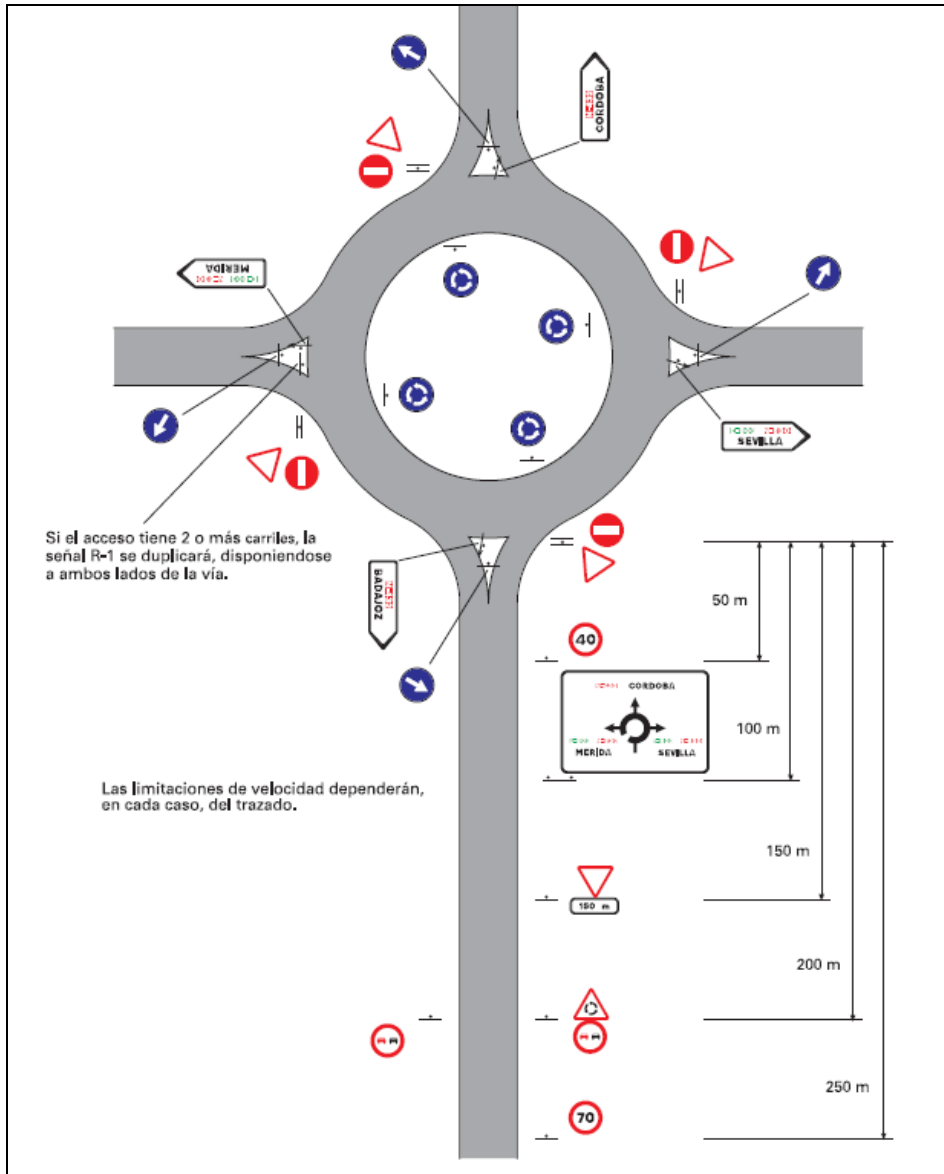


Fig.3.38. Señalización vertical de aproximación a una glorieta fuera de poblado.¹⁰³

Variable específica C5.1.1 Existencia de señal R-203 "giro a la derecha prohibido" antes de las entradas a las glorietas correspondientes a accesos unidireccionales."

Ítems:

- a) Existe.
- b) No existe.



¹⁰³ Dirección general de carreteras. Instrucción de carreteras Norma 8.1-IC. Señalización vertical. Ministerio de Fomento. Gobierno de España. 2011.

Variable específica C5.1.2 Existencia de señal R-402 "Intersección de sentido giratorio obligatorio" frente a cada entrada de la glorieta.

Ítems:

- a) Existe.
- b) No existe.



Variable específica C5.1.3 Existencia de señal R-1 "Ceda el paso" en cada entrada justo antes de la calzada anular o una a cada lado de la calzada si la entrada tiene dos o más carriles.

Ítems:

- a) Existe.
- b) No existe.



Variable específica C5.1.4 Existencia de señal R-401a "paso obligatorio" al final de cada isleta deflectora o separadora.

Ítems:

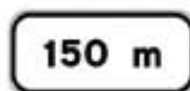
- a) Existe.
- b) No existe.



Variable específica C5.1.5 Existencia panel S-800 "ceder el paso a X m" acompañando a la señal R-1.

Ítems:

- a) Existe.
- b) No existe.



Variable específica C5.1.6 Existencia de señal P4 "Intersección con circulación giratoria" en las aproximaciones a la glorieta.

Ítems:

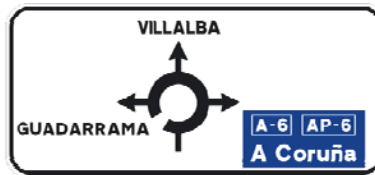
- a) Existe.
- b) No existe.



Variable específica C5.1.7 Existencia de señal de orientación S-200 en las aproximaciones a la glorieta.

Ítems:

- a) Existe.
- b) No existe.



Variable específica C5.1.8 Existencia de señal R-301 "Velocidad máxima" en las aproximaciones a la glorieta.

Ítems:

- a) Existe.
- b) No existe.



Variable específica C5.1.9 Existencia de señal R-305 "Adelantamiento prohibido" en las entradas a la glorieta de carreteras bidireccionales de dos carriles, a cada lado de la calzada.

Ítems:

- a) Existe.
- b) No existe.



Variable específica C5.1.10 Existencia de señal S-13 "Situación de paso de peatones" en al caso de que exista un paso de peatones en una glorieta fuera de poblado.

Ítems:

- a) No existe paso de peatones.
- b) Existe paso de peatones sin señal S-1.
- c) Existe paso de peatones con señal S-13.



Variable específica C5.1.11 Existencia de señal P-20 "Peligro por la proximidad de un paso de peatones" en al caso de que exista un paso de peatones en una glorieta fuera de poblado.

Ítems:

- a) No existe paso de peatones.
- b) Existe paso de peatones sin señal P-20.
- c) Existe paso de peatones con señal P-20.



Variable específica C5.1.12 Existencia de señal P-22 "Peligro por la proximidad de un paso de ciclistas" en al caso de que exista un paso de ciclistas en una glorieta fuera de poblado.

Ítems:

- a) No existe paso de ciclistas.
- b) Existe paso de ciclistas sin señal P-20.
- c) Existe paso de ciclistas con señal P-20.



Variable específica C5.1.13 Existencia de señal de dirección final (S-300, S-301, S-310, S-321 o S-322) situado en la isleta deflectora o separadora o inmediatamente después de cada salida.

Ítems:

- a) Existe.
- b) No existe.



Variable genérica C5.2 Marcas viales.

Variable específica C5.2.1 líneas continuas de límite de la calzada anular.

Ítems:

- a) Existen.
- b) No existen.

Variable específica C5.2.2 Líneas de separación de carriles en la calzada anular.

Ítems:

- a) Existen.
- b) No existen.

Variable específica C5.2.3 Líneas continuas delimitadoras de los laterales de la calzada de las patas de entradas y salidas de la glorieta.

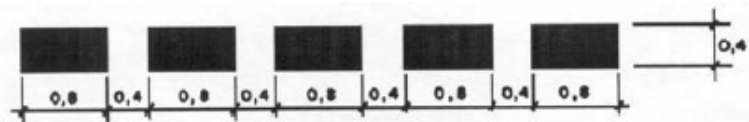
Ítems:

- a) Existen.
- b) No existen.

Variable específica C5.2.4 Marcas transversales de ceder el paso M-4.2 en las entradas de la glorieta.

Ítems:

- a) Existen.
- b) No existen.



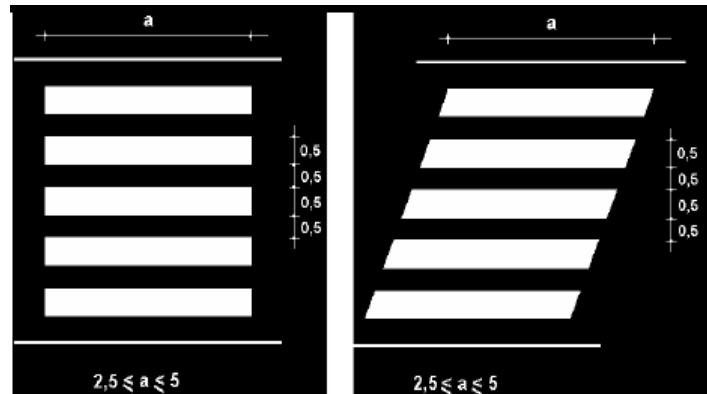
Medidas en metros¹⁰⁴

¹⁰⁴ Norma de carreteras 8.2-IC. Marcas viales. Ministerio de obras públicas y urbanismo de España. 1987.

Variable específica C5.2.5 Marcas transversales M-4.3 de paso de peatones.

Ítems:

- a) Existen.
- b) No existen.

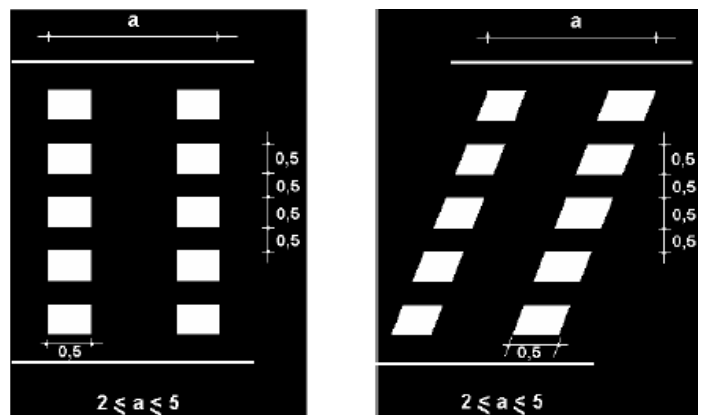


Medidas en metros.¹⁰⁵

Variable específica C5.2.6 Marcas transversales M-4.4 de paso de ciclistas.

Ítems:

- a) Existen.
- b) No existen.



Medidas en metros.¹⁰⁶

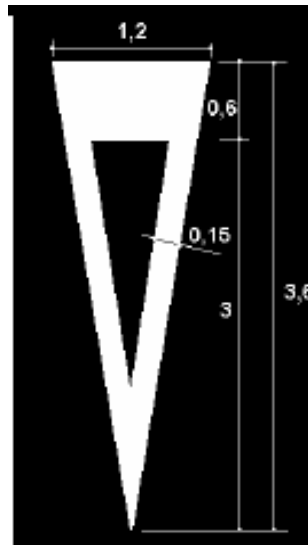
¹⁰⁵ Norma de carreteras 8.2-IC. Marcas viales. Ministerio de obras públicas y urbanismo de España. 1987.

¹⁰⁶ Idem.

Variable específica C5.2.7 Marcas M-6.5 de ceder el paso en las entradas de la glorieta antes de la marca M.4.4.

Ítems:

- a) Existen.
- b) No existen.



Medidas en metros.¹⁰⁷

¹⁰⁷ Norma de carreteras 8.2-IC. Marcas viales. Ministerio de obras públicas y urbanismo de España. 1987.

CAPITULO C6: Pavimento.

El firme de una carretera está formado por un conjunto de capas situadas horizontalmente sobre el terreno, la función de las cuales es proporcionar una superficie cómoda y segura para los vehículos circulantes, a la vez que transmite las solicitudes del tráfico de manera suficientemente amortiguada a la explanada para que puedan ser soportadas por esta.

Estas capas se sustentan por tanto sobre la explanada que se ha obtenido a partir del movimiento de tierras.

Podemos diferenciar distintos tipos de firmes: flexibles, rígidos, semirrígidos, drenantes y mixtos, pero observando las distintas capas y la manera en que resisten y transmiten los esfuerzos, los podemos agrupar en firmes flexibles o bituminosos y firmes rígidos o de hormigón.

- Firmes flexibles

Las capas más superficiales que conforman el pavimento (capa intermedia y de rodadura), están formadas por mezclas bituminosas compuestas por áridos y ligantes hidrocarbonados. La base y la subbase están formadas por zahorras naturales o artificiales.

La resistencia a la deformación de estos firmes, decrece con la profundidad a la vez que decrecen las presiones transmitidas desde la superficie. Los firmes semirrígidos tienen igualmente un pavimento bituminoso pero estructuralmente su comportamiento es diferente ya que tienen capas inferiores con igual o mayor rigidez que las superiores¹⁰⁸.

- Firmes rígidos

Están formados por un pavimento de hormigón dividido en losas que se sustentan sobre una capa de base normalmente de gravacimientos y en ocasiones incluso sobre una capa subbase de zahorra natural o suelocemento. Al presentar mayor rigidez, distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas.

La inversión inicial si se opta por un pavimento rígido es mucho más elevada que la opción de un pavimento flexible, sin embargo el mantenimiento que precisa el rígido

¹⁰⁸ Serrano, J.A." Tema 6: *Firmes de carreteras. Bases de proyecto. Materiales. Métodos de cálculo. Selección. Normativa.*" OEP Especialidad. Gestión Técnica del tráfico. Dirección General de Tráfico.2013.

es mínimo comparado con el flexible, y se efectúa básicamente en las juntas de las losas.

A continuación exponemos los principales deterioros que presentan los dos tipos de pavimento:

- Pavimento flexible

En primer lugar, los deterioros pueden presentarse en la superficie del pavimento, clasificándose¹⁰⁹ en:

- Desprendimientos.
- Alisamientos.
- Exposición de áridos.

- Los desprendimientos a su vez se dividen en pérdida de áridos, pérdida de capa de rodadura y pérdida de la base.



Fig. 3.39. Ejemplo de desprendimiento en un pavimento flexible.

Fuente propia.

¹⁰⁹ *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles*. Colección de Documentos. Volumen 11. Consejo de Directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica. 2002.

Los alisamientos se dividen en: exudación del ligante y desgaste de áridos.



*Fig. 3.40. Ejemplo de alisamientos en un pavimento flexible.
Fuente propia.*

Exposición de áridos.



*Fig. 3.41. Ejemplo de exposición de áridos
en un pavimento flexible¹¹⁰.*

En segundo lugar existen los deterioros de la estructura del pavimento, que se clasifican en:

- Deformaciones.
- Agrietamientos.

Las deformaciones se dividen en roderas, canalizaciones, baches profundos y ondulaciones.

¹¹⁰ *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles*. Colección de Documentos. Volumen 11. Consejo de Directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica. 2002.



Fig. 3.42. Ejemplo de bache profundo en un pavimento flexible. Fuente propia.

Los agrietamientos se dividen en grietas longitudinales o transversales, fisuras (solas o en retícula) y piel de cocodrilo.



Fig. 3.43. Ejemplo de piel de cocodrilo en un pavimento flexible. Fuente propia.

En tercer lugar encontramos los deterioros por defectos constructivos, motivados por defectos en la construcción de instalaciones bajo el pavimento. Siguen un patrón bien definido con el mismo recorrido que la instalación, apareciendo básicamente hundimientos localizados y grietas longitudinales o transversales.

- Pavimento rígido.

Los deterioros se pueden producir¹¹¹ en las juntas, presentando deficiencias del sellado, juntas saltadas o separaciones de la junta longitudinal.



Fig. 3.44. Ejemplo deficiencias de sellado en pavimento rígido¹¹².

Otro conjunto de deterioros son las grietas, divididas en longitudinales, transversales y grietas de esquina.



Fig. 3.45. Ejemplo de grieta de esquina en pavimento rígido¹¹³.

¹¹¹ Catálogo de deterioros de pavimentos rígidos. Colección de Documentos. Volumen 12. Consejo de Directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica. 2002.

¹¹² Idem.

¹¹³ Idem.

El siguiente grupo de deterioros son los denominados superficiales: fisuramiento por retracción, desintegración, baches y agrietamiento por durabilidad.



Fig. 3.46. Ejemplo de baches en pavimento rígido¹¹⁴.

Finalmente bajo la denominación de otros deterioros, encontramos escalonamientos de juntas y grietas, levantamientos localizados, descenso de la berma, separación entre berma y pavimento, parches deteriorados, surgencia de finos, texturas inadecuadas y fracturación múltiple.



Fig. 3.47. Ejemplo de fracturación múltiple en pavimento rígido¹¹⁵.

¹¹⁴ Catálogo de deterioros de pavimentos rígidos. Colección de Documentos. Volumen 12. Consejo de Directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica. 2002.

¹¹⁵ Idem.

Variable genérica C6.1 Tipo de pavimento.

Ítems:

- a) Flexible.
- b) Rígido.
- c) Adoquinado.
- d) Otros.

Variable genérica C6.2 Deterioros del pavimento.

Ítems:

- a) No existen deterioros. Pavimento en buen estado.
- b) Si existen deterioros. Pavimento en mal estado.
- c) Si existen deterioros. Pavimento en muy mal estado.

En el caso de existir deterioros, cumplimentar las siguientes variables:

Variable específica C6.2.1 Deterioros del pavimento flexible por desprendimientos.

Ítems:

- a) Pérdida de áridos.
- b) Perdida de la capa de rodadura.
- c) Pérdida de la base.

Variable específica C6.2.2 Deterioros del pavimento flexible por alisamientos.

Ítems:

- a) Exudación del ligante.
- b) Desgaste de áridos.

Variable específica C6.2.3 Deterioros del pavimento flexible por exposición de áridos.

Ítems:

- a) No existen.
- b) Existen.

Variable específica C6.2.4 Deterioros del pavimento flexible por deformaciones.

Ítems:

- a) Roderas.
- b) Canalizaciones.
- c) Baches profundos.
- d) Ondulaciones.

Variable específica C6.2.5 Deterioros del pavimento flexible por agrietamientos.

Ítems:

- a) Grietas longitudinales.
- b) Grietas transversales.
- c) Fisuras
- d) Fisuras en retícula.
- e) Piel de cocodrilo.

Variable específica C6.2.6 Deterioros del pavimento flexible por defectos constructivos (Instalaciones bajo el pavimento).

Ítems:

- a) Grietas longitudinales.
- b) Grietas transversales.
- c) Hundimientos localizados.

Variable específica C6.2.7 Deterioros del pavimento rígido por deterioros en las juntas.

Ítems:

- a) Deficiencias de sellado.
- b) Juntas saltadas.
- c) Separación de la junta longitudinal.

Variable específica C6.2.8 Deterioros del pavimento rígido por agrietamientos.

Ítems:

- a) Grietas longitudinales.
- b) Grietas transversales.
- c) Grietas de esquina.

Variable específica C6.2.9 Deterioros del pavimento rígido por deterioros superficiales.

Ítems:

- a) Fisuramiento por retracción (tipo malla.)
- b) Desintegración.
- c) Baches.
- d) Agrietamiento por durabilidad.

Variable específica C6.2.10 Otros deterioros del pavimento rígido.

Ítems:

- a) Escalonamientos de juntas.
- b) Levantamientos localizados.
- c) Descenso de la berma.
- d) Separación entre berma y pavimento.
- e) Parches deteriorados.
- f) Surgencia de finos.
- g) Texturas inadecuadas.
- h) Fracturación múltiple.

VARIABLES ESPECÍFICAS INICIALES BLOQUE D:

VARIABLES PREVENTIVAS: LA SEGURIDAD

CAPITULO D1: Datos de accidentalidad.

Uno de los grandes objetivos de esta Tesis es investigar las variables que presentan las glorietas, para alimentar líneas de conocimiento en los trabajos de investigación de accidentes de tráfico en estas intersecciones, todavía pendientes de una metodología más adecuada que permita trabajar con rigor para disminuir los accidentes y las víctimas de tráfico en tales puntos.

Muy probablemente la propia tesis vaya aportando iniciativas para ampliar este último Bloque de variables e indicadores de seguridad. La investigación de accidentes, en general, ha evolucionado mucho y puede dar elementos de juicio para profundizar en el conocimiento de los tramos peligrosos, de los vehículos más proclives al accidente y de los grupos de conductores o usuarios de la vía pública más accidentógenos. Las siguientes variables nos aproximan a las bases de una investigación estadística sobre los accidentes consumados en las glorietas y sus consecuencias.

Se considera ámbito de influencia de un accidente en la glorieta aquel en que el investigador encuentra elementos de juicio que aconsejan considerar la glorieta como factor de riesgo determinante en la producción del mismo.

Variable genérica D1.1 Frecuencia de accidentes con víctimas.

“Podemos definir un accidente de tráfico como cualquier acontecimiento casual o eventual, tanto de origen mecánico, ambiental, físico o humano, no intencionado, que se produce como consecuencia o con ocasión del tráfico de vehículos, en el que interviene alguna unidad de tráfico y en el que el vehículo o los vehículos quedan de manera anormal dentro o fuera de la calzada, y en el que, además se produce la muerte o lesiones en las personas o daños en las cosas.”¹¹⁶

¹¹⁶ El accidente de tráfico: concepto y tipos. Universitat de València.
www.uv.es/sfpentinia/cas/62el_accidente_de_trfico_concepto_y_tipos.html

Variable específica D1.1.1 Número de accidentes con víctimas en el último año.

Ítems:

- a) De 0 a 3.
- b) De 4 a 7.
- c) De 8 a 10.
- d) Más de 10.

Variable específica D1.1.2 Tendencia en los últimos tres años en los accidentes con víctimas.

Ítems:

- a) Se mantiene.
- b) Acienden los accidentes con víctimas.
- c) Disminuyen los accidentes con víctimas.

Variable específica D1.1.3 Comparación de la accidentalidad antes y después de construir la glorieta.

Ítems:

- a) Igual.
- b) Ha aumentado la accidentalidad con la glorieta.
- c) Ha disminuido la accidentalidad con la glorieta.

Variable específica D1.1.4 (Exposición al riesgo) Indicador de accidentes con víctimas por millón de vehículos contabilizados en los accesos a la glorieta¹¹⁷.

Ítems:

- a) Del orden de la media de glorietas de similares características investigadas.
- b) Superior a la media.
- c) Inferior a la media.

¹¹⁷ <http://www.autocasion.com/actualidad/noticias/118301/dvuelta-lamenta-que-la-dgt-no-tenga-en-cuenta-los-desplazamientos-en-su-nuevo-metodo-de-recuento-de-victimas/>
Anuari estadístic d'accidents a Catalunya 2010. Pàgina 72.
http://www.dgt.es/was6/portal/contenidos/documentos/seguridad_vial/estudios_informes/EVOLUCION_SEGURIDAD_31102011.pdf.

Variable genérica D1.2 Mortalidad de tráfico.

Variable específica D1.2.1 Mortalidad de tráfico en la glorieta.

Ítems:

- a) Se conoce de la existencia de algún accidente mortal desde que se construyó la glorieta.
- b) No se conoce la existencia de ningún accidente mortal en la glorieta desde que se construyó.

Variable específica D1.2.2 (Exposición al riesgo) Indicador de accidentes mortales por millón de vehículos contabilizados en los accesos a la glorieta¹¹⁸.

Ítems:

- c) Del orden de la media de glorietas de similares características investigadas.
- d) Superior a la media.
- e) Inferior a la media.

¹¹⁸ <http://www.autocasion.com/actualidad/noticias/118301/dvuelta-lamenta-que-la-dgt-no-tenga-en-cuenta-los-desplazamientos-en-su-nuevo-metodo-de-recuento-de-victimas/>
Anuari estadístic d'accidents a Catalunya 2010. Pàgina 72.
http://www.dgt.es/was6/portal/contenidos/documentos/seguridad_vial/estudios_informes/EVOLUCION_SEGURIDAD_31102011.pdf.

CAPITULO D2: Medidas de prevención y protección.

Variable genérica D2.1 Medidas de moderación en la calzada de la glorieta o los ramales de acceso.

Variable específica D2.1.1 Quiebro en curva para provocar la disminución de velocidad y la entrada tangencial.

Ítems:

- a) No hay quiebro ni curva tangencial en la boca del acceso.
- b) Hay quiebro o curva en la boca de la glorieta.

Variable específica D2.1.2 Existencia de retranqueos, zig-zag¹¹⁹ en los accesos a la anilla.

Ítems:

- a) No hay chicanes moderadoras.
- b) Hay una chicane.

Variable específica D2.1.3 Existencia de reductores de velocidad o bandas transversales de alerta.



Fig.3.48. Reductor de velocidad prefabricado Badén, resalto o lomo.¹²⁰

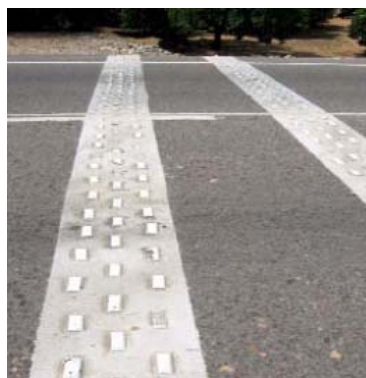


Fig.3.49. Bandas sonoras transversales de alerta¹²¹.

¹¹⁹Retranqueos, Zig-Zag: Cambio brusco en la alineación horizontal de la calzada, de modo que se interrumpa la progresión normal de la circulación. Puede ser el resultado del propio diseño de la vía o de la utilización de estrechamientos puntuales alternos a cada lado de la calzada. Del Campo, C.Temario específico de la ESTT-OEP. Tema 23: Red vial en la zona urbana II. Calmado de tráfico. 2011.

¹²⁰ Idem.

¹²¹ Instrucción Técnica para la Instalación de reductores de velocidad y bandas transversales en carreteras de la Red de Carreteras del Estado. ORDEN FOM/3053/2008. Ministerio de Fomento.

Ítems:

- a) No existen ni en la calzada anular ni en los ramales de aproximación.
- b) Existen en la calzada anular pero no en los ramales.
- c) Existen en los ramales pero no en la calzada anular.
- d) Existen en la calzada anular y en los ramales.

Variable genérica D2.2 Estrategias de compatibilidad entre usuarios.

(Ver variables C4.2, C4.3 y C4.4)

A menudo se tiende a infravalorar la presencia de otro tipo de usuarios que no sean vehículos automóviles de cuatro ruedas con la incidencia que este hecho tiene en el diseño de las mismas. Sin embargo los problemas de seguridad asociados a vehículos de dos ruedas, peatones y vehículos largos o pesados no deben ser menospreciados ya que representan un elevado porcentaje de los accidentes acontecidos en este tipo de intersecciones, a pesar de no ser el tipo de usuario más numeroso.

La problemática derivada de la presencia de peatones y ciclistas es más común en las áreas urbanas y periurbanas. Evidentemente las glorietas interurbanas también son susceptibles de ser utilizadas por ciclistas y peatones. En esta situación se debe estudiar cada caso por separado ya que la solución que se debe aportar depende en gran medida de la continuidad o la discontinuidad en la llegada de automóviles a la intersección y del volumen de tráfico peatonal o de dos ruedas esperados.

Las medidas que se pueden tomar van desde no realizar ninguna actuación hasta la instalación de pasos a distinto nivel o semáforos que funcionan cuando son pulsados.

El caso de los vehículos pesados tiene otro tipo de influencia en la seguridad. En general, este tipo de vehículos es más lento que el resto por lo que se pueden producir situaciones de inseguridad cuando éstos se incorporan al flujo anular con un intervalo ajustado. Sin embargo existe otro tipo de problema: el de los vehículos pesados que vuelcan o pierden su carga en glorietas. Aún no se ha hallado una relación clara de estas situaciones con el diseño de las glorietas.

“Mientras que los accidentes con víctimas para este tipo de vehículo son escasos, son mucho más frecuentes los accidentes con sólo daños materiales. La pérdida de la carga causa frecuentemente gran congestión, demoras y gastos de limpieza, especialmente en las intersecciones más importantes¹²²”.

¹²² Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.

Variable específica D2.2.1 Estrategias de compatibilidad y seguridad con los peatones.

Ítems:

- a) No existe acceso alguno en la glorieta para peatones.
- b) Existe acera perimetral para peatones con itinerario protegido.
- c) Existen pasos de peatones en el interior del anillo e isleta central.
- d) Existen pasos de peatones por las bocas de los accesos.
- e) Existen pasos para peatones a distinto nivel.

Variable específica D2.2.2 Estrategias de compatibilidad y seguridad con los ciclistas.

Ítems:

- a) Está autorizada la circulación de ciclistas por la anilla.
- b) Existe carril o zona reservada para ciclistas, segregada del tráfico del interior de la glorieta.
- c) Existe carril reservado para ciclistas en la propia calzada de la glorieta.

Variable específica D2.2.3 Paradas de líneas de transporte de viajeros.

Ítems:

- a) No hay paradas de bus en el área de influencia de la glorieta.
- b) Hay parada de bus en el área de influencia de la glorieta.

Variable genérica D2.3 Otras medidas de prevención y protección.

La visibilidad es importante para la seguridad desde diferentes perspectivas. Por un lado es necesario que la glorieta sea reconocible a distancia suficiente de manera que los conductores puedan adecuar su velocidad. La glorieta debe ser visible tanto de día como de noche, por lo que un correcto alumbrado es fundamental para la visibilidad nocturna en la glorieta. También es deseable que el tratamiento paisajístico del conjunto de la intersección contribuya a su reconocimiento como intersección giratoria desde una cierta distancia. Por otro lado es de vital importancia que los vehículos que llegan a las entradas tengan visibilidad suficiente, tanto hacia la izquierda como hacia la derecha, para apreciar la presencia y las velocidades de los otros usuarios y maniobrar en consecuencia, por lo tanto se debe procurar que las plantaciones o el propio desarrollo de las edificaciones (en zona urbana) no actúen

como obstáculos que limiten esta visibilidad. En las zonas en las que exista tráfico peatonal se debe procurar que los pasos de peatones sean visibles por los vehículos que circulan por la calzada anular antes de realizar la maniobra de salida.

Variable específica D2.3.1 Iluminación artificial de la glorieta.

“Las glorietas urbanas y periurbanas dispondrán de iluminación en cualquier caso. Las glorietas interurbanas dispondrán de iluminación si una o más de las vías que acceden a ella están iluminadas, o si sin estar iluminadas, la glorieta dispone de paso de peatones o de ciclistas señalizados.¹²³”

Ítems:

- a) No existe iluminación artificial.
- b) Existe iluminación artificial.

Variable específica D2.3.2 Situación de báculos o columnas.

Ítems:

- a) Báculos o columnas situados en el perímetro exterior de la calzada anular conformando una circunferencia. Indicar su número.
- b) Báculos o columnas situados en el islote central.
- c) Báculos o columnas en el perímetro y en el islote central. Indicar su número.
- d) Báculos o columnas en los islotes deflectores. Indicar su número.

Variable específica D2.3.3 Grado de iluminación.

“El nivel de iluminación de las glorietas será un grado superior al de la vía que accede a ella con un grado de iluminación más elevado de acuerdo con los criterios establecidos en el apartado 3 del documento: “Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles”. Ministerio de Fomento. Madrid. 1999”.

Se recomienda que si ninguna de las vías que acceden a la glorieta está iluminada, la iluminancia media de la calzada anular esté situada entre 10 y 20 lux.¹²⁴”

¹²³ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

¹²⁴ Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006.* Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Ítems:

- a) El grado de iluminación es inferior al de la vía que accede a ella.
- b) El grado de iluminación es igual al de la vía que accede a ella.
- c) El grado de iluminación es superior al de la vía que accede a ella.

Variable específica D2.3.4 Iluminación artificial de las vías que acceden a la glorieta.

Ítems:

- a) Ninguna está iluminada.
- b) Todas están iluminadas.
- c) Algunas están iluminadas.

Variable específica D2.3.5 Existencia de otros sistemas de iluminación auxiliar.

Ítems:

- a) No existen.
- b) Si existen.(citar)

Variable específica D2.3.6 Drenaje.

Ítems:

- a) No hay sistema de evacuación de aguas pluviales.
- b) Solo hay sistema de escorrentía superficial: peralte y cunetas.
- c) Hay drenaje, sumideros e imbornales.

Variable específica D2.3.7 Elementos de protección.

Ítems:

- a) No existen vallas o sistemas de protección para salidas de la vía.
- b) Existen vallas, biondas o new jerseys en algunos puntos del perímetro.
- c) Existen vallas, biondas o new jerseys en todo el perímetro de la glorieta.

Variable específica D2.3.8 Visibilidad. (Ver variables C2.6 C3.1.6).

Ítems:

- a) Las visuales entre los conductores son diáfanas y completas.
- b) Algunos ramales de acceso no permiten la visual de todos los demás accesos.
- c) La estructura y el entorno no permiten la alineación de ninguna visual.

En la sesión de presentación de la temática de este Doctorado se debatió sobre las "modalidades científicas" que podrían ser contempladas en el desarrollo de los trabajos a profundizar por el doctorando en sus aportaciones denominadas "productos", y que se podrían ir incorporando a las líneas de investigación más innovadoras.

En un contexto amplio de la contemplación de aspectos novedosos, se sugirió incluir referencias a los aspectos influyentes en la seguridad-inseguridad vial que por oportunidad, actualidad o intensidad, fuera interesante considerar. En tal sentido, desde la dirección del Doctorado se invitó a incluir la prevención de riesgos laborales viales entre los productos complementarios. Consultada bibliografía y trabajos de la comunidad científica sobre la seguridad laboral vial, no se consideró que tuviera de entrada alguna línea de suficiente rigor como para ser incluida la temática entre las VARIABLES INICIALES, sin menoscabo de que en las sucesivas fases del trabajo, se haya puesto especial énfasis en recoger informaciones y trabajos muy recientes que justifican su inclusión en las hipótesis y en las variables definitivas.

4. VALIDACIÓN DE LAS VARIABLES INICIALES Y JUSTIFICACIÓN DE NUEVAS VARIABLES

Siguiendo la Metodología recogida en el capítulo 2.5, la validación de las variables iniciales y la propuesta de nuevas variables, se ha realizado a partir del análisis de publicaciones científicas, normativas internacionales, bibliografía especializada y de los trabajos de investigación llevados a cabo por los Organismos Oficiales consultados. Con el fin de sistematizar el procedimiento de validación, se ha clasificado la documentación científica a partir de la agrupación de variables iniciales realizada. Esta primera clasificación de la documentación científica ha puesto de manifiesto unas consideraciones, a tener en cuenta:

A pesar de la vigencia en la **clasificación documental** de esta investigación, agrupada en función de las variables de una misma categoría, existen variables que pertenecen a grupos diferentes pero que se han validado a partir de un mismo documento científico.

Este dato indica los casos de interrelación entre variables, pero también pueden indicar casos de jerarquías de algunas variables sobre otras, lo cual queda fuera del alcance de este estudio.

La **selección de la documentación** científica se ha realizado, en primer lugar, teniendo en cuenta la fecha de publicación y la revista en que se ha publicado.

Las revistas de publicación se han seleccionado en un ámbito geográfico que abarca los países de la CE, Estados Unidos, Gran Bretaña y Australia, por su experiencia en este ámbito o bien por tratarse de casos asimilables cultural, económica o socialmente a Cataluña.

Al seleccionar y clasificar la documentación científica se ha detectado una reiteración en el uso de algunas variables, por lo que se aporta a continuación una muestra limitada de los artículos consultados.

En cambio, se han detectado limitaciones para validar algunas variables, obvias en algunos casos, o poco mencionadas en otros. Pero, en cualquier caso, se ha procurado realizar una **recopilación homogénea** de la documentación científica, tanto en número como en calidad.

Como cabía esperar, tras la justificación de variables, se ha ampliado el número de capítulos y se han añadido nuevas variables que se han ido ubicando gracias al sistema abierto de clasificación ya mencionado.

Se han mantenido los 4 bloques iniciales pero cabe destacar la aparición de 2 nuevos capítulos, el capítulo A3 que trata del entorno y diseño de la glorieta y el capítulo B2 donde se tienen en consideración las prioridades y ordenación del tráfico.

Distribución final por bloques y capítulos:

Bloque A.- Variables generales

Capítulo A1.- Antecedentes
Capítulo A2.- Aspectos básicos
Capítulo A3.- Entorno



Bloque B.- Variables dinámicas El tráfico

Capítulo B1.- Tráfico circulante
Capítulo B2.- Fluidez en las glorietas



Bloque C.- Variables estáticas Geometría y señalización

Capítulo C1.- Plataforma anular
Capítulo C2.- Entradas y salidas
Capítulo C3.- Isletas
Capítulo C4.- Delimitación otros usos
Capítulo C5.- Señalización
Capítulo C6.- Pavimento



Bloque D.- Variables preventivas La seguridad

Capítulo D1.- Datos de accidentalidad
Capítulo D2.- Medidas de prevención y
Protección



4.1.- VALIDACIÓN VARIABLES INICIALES BLOQUE A. VARIABLES DEFINITIVAS

BLOQUE A. VARIABLES GENERALES

CAPITULO A1. ANTECEDENTES

El análisis comparativo de la seguridad entre glorietas e intersecciones tradicionales realizado por S. Nambisan¹ y V. Parimi (2007) en Estados Unidos concluye que a pesar de la experiencia negativa con las glorietas construidas en Estados Unidos en la primera mitad del siglo XX (la principal característica de esas glorietas es que tenían preferencia los vehículos que entraban en ellas), la modernas glorietas disminuyen de forma ostensible el número de accidentes y su gravedad. La primera glorieta moderna en los Estados Unidos se construyó en 1991 en la comunidad de Summerlin, en las Vegas.

Variable Genérica A.1.1 Funcionalidad y objetivo principal.

- ❑ a.- Siempre ha tenido esta estructura circular y se ha mantenido en el tiempo.
- ❑ b.- Puerta de entrada y/o salida del tráfico de una población para moderar el ritmo de la circulación para preservar la moderación del tráfico y la seguridad vial.
- ❑ c.- Transformación de una intersección convencional para evitar situaciones de riesgo de accidente por cortes de flujos vehiculares secantes y conseguirlos tangentes.
- ❑ d.- Solución para ordenar una encrucijada o un contexto vial con numerosos flujos circulatorios.
- ❑ e.- Coherencia con las fórmulas de ordenación de otras intersecciones de la misma vía o de la misma zona.
- ❑ f.- Redistribución de la circulación en los accesos de una vía de gran circulación de tráfico.
- ❑ g.- Varias de las previstas en los apartados anteriores (concretar).
- ❑ h.- Otras razones no descritas en apartados anteriores (concretar).
- ❑ i.- Sin razones comprensibles.

¹ Nambisan, S; Parimi, V. *A Comparative Evaluation of the Safety Performance of Roundabouts and Traditional Intersection Controls*. ITE journal. 77, no. 3, (2007): 18. [Washington, D.C., etc.] Institute of Transportation Engineers.

Variable Genérica A.1.2 Ubicación de la glorieta

En Estados Unidos, la “*Roundabouts: An Informational Guide*”² (2010), distingue tres categorías de glorietas: las mini-glorietas, las glorietas de un carril y las glorietas de varios carriles, no diferenciando entre glorietas urbanas e interurbanas.

Exhibit 1-9 Roundabout Category Comparison	Design Element	Mini-Roundabout	Single-Lane Roundabout	Multilane Roundabout
	Desirable maximum entry design speed	15 to 20 mph (25 to 30 km/h)	20 to 25 mph (30 to 40 km/h)	25 to 30 mph (40 to 50 km/h)
Maximum number of entering lanes per approach	1	1	2+	2+
Typical inscribed circle diameter	45 to 90 ft (13 to 27 m)	90 to 180 ft (27 to 55 m)	150 to 300 ft (46 to 91 m)	150 to 300 ft (46 to 91 m)
Central island treatment	Fully traversable	Raised (may have traversable apron)	Raised (may have traversable apron)	Raised (may have traversable apron)
Typical daily service volumes on 4-leg roundabout below which may be expected to operate without requiring a detailed capacity analysis (veh/day)*	Up to approximately 15,000	Up to approximately 25,000	Up to approximately 45,000 for two-lane roundabout	Up to approximately 45,000 for two-lane roundabout

Fig. 4.1. Tabla comparativa de las características de diseño en función de la categoría de glorieta.³

En cambio la *Instrucció per al Disseny i Projecte de Rotondes*⁴ (2006), señala tres tipos de glorietas: las glorietas urbanas, las periurbanas y las interurbanas, y las *Recomendaciones sobre Glorietas*⁵ del MOPU (1989) identifica tres tipos de glorietas, la glorieta normal, la miniglorieta y la glorieta doble, sin precisar si su ubicación es urbana o interurbana. Esta clasificación se mantiene en la Guía de nudos viarios⁶ de diciembre de 2012.

En el contexto de esta investigación, hemos optado por la tipificación de glorietas de la *Instrucció per al Disseny i Projecte de Rotondes*, ya que diferencia los criterios de su diseño en función del ámbito, en glorieta urbana, periurbana e interurbana. Esta tipificación ya direcciona y reúne algunos factores comunes, como por ejemplo, en las glorietas urbanas en que es preciso incidir en factores como la interacción con

²Rodegerdts, L.; Robinson, B.; National Research Council (U.S.). *Transportation Research Board.; National Cooperative Highway Research Program.; United States. Federal Highway Administration. Roundabouts: an informational guide*. Second edition. Washington, DC : Transportation Research Board, 2010.

³ Rodegerdts, L.; Robinson, B.; National Research Council (U.S.). *Transportation Research Board.; National Cooperative Highway Research Program.; United States. Federal Highway Administration. Roundabouts: an informational guide*. Second edition. Washington, DC : Transportation Research Board, 2010.

⁴ *Instrucció Direcció General de Carreteres. Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.*

⁵ *Recomendaciones Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). Recomendaciones sobre glorietas. Madrid. MOPU, 1989.*

⁶ *Guía de nudos viarios. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.*

peatones y ciclistas, y en cambio en glorietas interurbanas en que se ha de incidir en factores como la reducción de velocidad y la visibilidad.

Otros trabajos, como la colección de informes publicados por el CERTU diferencia los resultados en función de la ubicación de la glorietta, aportando conclusiones y particularidades de los accidentes, según se hayan producido en glorietas situadas en “*rase campagne*”⁷ o en glorietas urbanas.

En este sentido, según los resultados del CERTU, la tasa de gravedad de los accidentes es mucho menor en el ámbito urbano que en el ámbito interurbano, siendo de 1,6 muertos por cada 100 accidentes contra 6,4 muertos por cada 100 accidentes, respectivamente⁸.

	Urbain	Rase campagne
Giratoires	1,6	6,4
Autres carrefours	1,9	13,5

Fig.4.2. Tasa de gravedad de accidentes en glorietas. Francia Certu⁹. 2009.

También el tipo de colisión presenta también algunas diferencias entre glorietas urbanas e interurbanas, con los siguientes resultados:

- Las colisiones laterales pasan de 28,5% en interurbana a 45,6% en urbana.
- Las colisiones traseras de 8,6% en interurbana a 10,2% en urbana.
- Las colisiones frontales de 5,6% en interurbana a 4,7% en urbana.

Variable Especifica A.1.2.1 En pleno ámbito urbano.

- ❑ a.- Población de más de 1.000.000 de habitantes.
- ❑ b.- Población de entre 1.000.000 y 100.000 habitantes.
- ❑ c.- Población de entre 100.000 y 50.000 habitantes.
- ❑ d.- Población de entre 50.000 y 10.000 habitantes.
- ❑ e.- Población de entre 10.000 y 5.000 habitantes.
- ❑ f.- Población de menos de 5.000 habitantes.
- ❑ g.- Zona residencial (aislada o lejana al centro urbano).

⁷ “*Les carrefours en rase campagne*” de los estudios realizados en el ámbito del territorio francés corresponden a las glorietas interurbanas de la normativa estatal española y catalana.

⁸ Guichet, B.; Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. *Les accidents dans les carrefours giratoires urbains. Étude statistique de 1993 à 2005*. CERTU. 2009.

⁹ Id.

Variable Específica A.1.2.2 En pleno ámbito interurbano.

- ❑ a.- En el contexto de una autopista y sus accesos.
- ❑ b.- En el contexto de una autovía y sus accesos.
- ❑ c.- En el contexto de una carretera con calzadas separadas (que no es o autopista ni autovía) y sus accesos.
- ❑ d.- En el contexto de una carretera principal sin mediana central y dos sentidos de circulación.
- ❑ e.- En el contexto de una carretera nacional (interprovincial).
- ❑ f.- En el contexto de una carretera comarcal (intercomarcal).
- ❑ g.- En el contexto de una carretera local.
- ❑ h.- En el contexto de un camino vecinal.
- ❑ i.- En el contexto de una vía rural o forestal.
- ❑ j.- Calzada de sentido único interurbana.

Variable Específica A.1.2.3 De ámbito periurbano (metropolitano o de cercanías a gran población).

- ❑ a.- Vía o tramo vial de penetración o salida de población.
- ❑ b.- Travesía de una carretera dentro de una población.
- ❑ c.- Variante exterior de una travesía de población.

Variable Específica A.1.2.4 De ámbito industrial.

- ❑ a.- Totalmente industrial.
- ❑ b.- Parcialmente industrial (con otros servicios o viviendas).

Variable Genérica A.1.3 Administraciones responsables de las vías incidentes

Variable Específica A.1.3.1 Vía principal competencia del Estado.

- ❑ a.- Sólo Estado.
- ❑ b.- Estado – Comunidad Autónoma.
- ❑ c.- Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial.
- ❑ d.- Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento.
- ❑ e.- Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento – Vía privada.

En el trabajo realizado por el Departamento de Transporte de Carolina del Sur¹⁰ (2012) en el marco del Plan Estratégico de Seguridad, cuyo objetivo era una mejora sistemática de las intersecciones para reducir la accidentalidad, se identificaron a los agentes involucrados, señalando la coordinación y definición de competencias como elemento clave del proyecto. Algunas de las lecciones aprendidas, "*Lessons Learned*", a lo largo del proyecto fueron la capacidad de flexibilización y comunicación entre los diferentes agentes involucrados.

Variable Específica A.1.3.2 Vía principal competencia de la Comunidad Autónoma.

- ❑ a.- Sólo Comunidad Autónoma.
- ❑ b.- Comunidad Autónoma – Diputación Provincial.
- ❑ c.- Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento.
- ❑ d.- Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento – Vía privada.

Variable Específica A.1.3.3 Vía principal competencia de la Diputación Provincial.

- ❑ a.- Sólo Diputación provincial.
- ❑ b.- Diputación Provincial – Ayuntamiento.
- ❑ c.- Diputación Provincial – Ayuntamiento – Vía privada.

Variable Específica A.1.3.4 Vía principal competencia de Ayuntamiento.

- ❑ a.- Sólo Ayuntamiento.
- ❑ b.- Ayuntamiento – Vía privada.

¹⁰ Riddle, J.; Hinton, D. *South Carolina Case Study: Systematic Intersection Improvements*. FHWA Safety Program. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. 2012 Accesible en: <http://safety.fhwa.dot.gov>

Variable Específica A.1.3.5 Vía principal competencia de Concesionaria de Autopistas o Túneles de peaje.

- a.- Sólo Concesionaria.
- b.- Concesionaria – Estado.
- c.- Concesionaria - Estado – Comunidad Autónoma.
- d.- Concesionaria - Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial.
- e.- Concesionaria - Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento.
- f.- Concesionaria - Estado – Comunidad Autónoma – Diputación Provincial – Ayuntamiento – Vía privada.

Variable Genérica A.1.4 Organismo competente en la construcción de la glorieta.

- a.- Estado.
- b.- Comunidad Autónoma.
- c.- Diputación Provincial.
- d.- Ayuntamiento.
- e.- Concesionaria de autopistas.
- f.- Otros privados.

Variable Genérica A.1.5 Organismos responsables de la explotación, gestión y mantenimiento de la glorieta.

- a.- Estado.
- b.- Comunidad Autónoma.
- c.- Diputación Provincial.
- d.- Ayuntamiento.
- e.- Concesionaria de autopistas.
- f.- Otros privados.

Variable Genérica A.1.6 Coordinación entre Organismos cuando las vías de acceso corresponden a distintas competencias.

Desde el año 1989 y con la creación de l'Institut Català de Seguretat Viària se pusieron de manifiesto las ventajas de órganos de colaboración interinstitucional para coordinar acciones en materia de circulación urbana e interurbana dentro de las que, por primera vez, estuvieron en un mismo grupo de trabajo las direcciones de carreteras de la Generalitat de Catalunya y de las diputaciones provinciales, poniendo siempre especial énfasis en el riesgo de las intersecciones y llegando a recoger los criterios de los ayuntamientos, en los siguientes grupos de trabajo:

- Grupo de trabajo sobre Seguridad Vial Interurbana (SISI) de la Comissió Catalana de Seguretat Viària de l'Institut Català de Seguretat Viària del Departament de Governació de la Generalitat de Catalunya (1992 - 1996).
- Núcleos Comarcales de Seguridad Vial de la Comissió Catalana de Seguretat Viària de l'Institut Català de Seguretat Viària del Departament de Governació de la Generalitat de Catalunya (1992 - 1996).

A partir de 1997 y con la creación del Servei Català de Trànsit y la incorporación de los Mossos d'Escuadra como policía de carreteras, se entró en una nueva fase aunque manteniendo a la Comissió Catalana de Seguretat Viària como órgano de coordinación.

Variable Específica A.1.6.1.- Coordinación en la decisión de crear la glorieta.

- a.- La Hubo.
- b.- No la hubo.
- c.-Se desconoce.

Variable Específica A.1.6.2 Coordinación en la gestión, explotación, señalización y conservación de la glorieta.

- a.- La hay.
- b.- No la hay.

Variable Específica A.1.6.3 Coordinación en la explotación y señalización de las vías incidentes a la glorieta.

- a.- La hay.
- b.- No la hay.

Variable Genérica A.1.7 Cronología.

Variable Específica A.1.7.1 Tiempo que lleva construida la glorieta.

- a.- Menos de un año.
- b.- De 1 a 5 años.
- c.- De 5 a 10 años.
- d.- Más de 10 años.

El descenso de accidentalidad entre el antes-después de la glorieta cambia si el estudio se hace 1, 3 o 6 años después de inaugurarla pues el primer año no hay cambios importantes pero la reducción se va intensificando cuando la comprobación se hace a los 3 o 6 años. Los trabajos publicados por Bram De Brabander, Lode Vereeck y Erik Nuyts¹¹ (2005), arrojó los resultados de un estudio sobre 95 glorietas en Flandes desde el 1994 y 1999, en el que se demuestra que el efecto sobre el número y la gravedad de los accidentes presenta un descenso creciente según el régimen del límite de velocidad de cada intersección, a lo largo de los 6 años después de su implementación.

Variable Específica A.1.7.2 Tiempo transcurrido desde la última modificación estructural.

- a.- No ha tenido modificaciones.
- b.- Menos de 1 año.
- c.- De 1 a 5 años.
- d.- De 5 a 10 años.
- e.- Más de 10 años.

¹¹ De Brabander, B.; Vereeck, L.; Nuyts, E. *Road safety effects of Roundabouts in Flanders*. "Journal of Safety Research". 2005.

Variable Específica A.1.7.3 Tiempo transcurrido desde la última modificación de señalización.

- a.- Se mantiene la señalización inicial.
- b.- Menos de 1 año.
- c.- De 1 a 5 años.
- d.- De 5 a 10 años.
- e.- Más de 10 años.

CAPÍTULO A2

ASPECTOS BÁSICOS

A la luz del estado del arte internacional sobre accidentalidad en glorietas, Kennedy¹², J.V. (2005) propone una revisión de los parámetros de la normativa británica sobre glorietas. En él se recogen, por ejemplo, resultados de la accidentalidad en función del número de ramales y del número de carriles en 1162 glorietas estudiadas. Se aprecia como aumenta la severidad y la frecuencia de los accidentes al aumentar el número de ramales.

No. of arms	No. of sites	Accident frequency				Severity (% fatal and serious)
		Single cway roads	Dual cway roads	Grade separated junctions	All roads	
3	326	0.63	1.28	2.70	0.79	9.3
4	649	1.08	2.65	5.35	1.79	7.1
5	157	1.72	3.80	7.67	3.66	7.1
6	30	2.11	4.62	8.71	5.95	5.2
All	1162	1.00	2.60	6.28	1.87	7.2

Fig.4.3.Frecuencia de accidentes en glorietas británicas según el número de ramales y de carriles¹³.

Variable Genérica A.2.1 Tipo de glorieta.

- ❑ a.- Glorieta urbana.
- ❑ b.- Glorieta periurbana.
- ❑ c.- Glorieta interurbana.

Variable Genérica A.2.2 Forma geométrica en planta.

- ❑ a.- Círculo.
- ❑ b.- Óvalo o elipse.
- ❑ c.- Otras formas geométricas.

¹² Kennedy, J., Peirce, J., Summergill, I. *Review of Accident Research at Roundabouts*. National Roundabout Conference 2005. Vail, Colorado.

¹³ Id.

Variable Genérica A.2.3 Número de ramales (calzadas de acceso) totales de entrada y salida de la glorieta.

- a.- Dos.
- b.- Tres.
- c.- Cuatro.
- d.- Cinco.
- e.- Seis.
- f.- Siete.
- g.- Ocho.
- h.- Más de ocho.

Variable Genérica A.2.4 Número de flujos de tráfico de entrada a la glorieta.

- a.- Dos o menos.
- b.- Tres.
- c.- Cuatro.
- d.- Cinco.
- e.- Seis.
- f.- Más de seis.

Variable Genérica A.2.5 Número de flujos de tráfico de salida de la glorieta.

- a.- Dos o menos.
- b.- Tres.
- c.- Cuatro.
- d.- Cinco.
- e.- Seis.
- f.- Más de seis.

Variable Genérica A.2.6 Rango (aportación de tráfico) de las vías incidentes a la glorieta.

El artículo de Bram De Brabander et al.¹⁴ (2005), en el que se recogen los resultados de un estudio sobre 95 glorietas en Flandes, realizado entre los años 1994 y 1999, demuestra que las glorietas son más eficaces en las intersecciones de una carretera principal con un límite de velocidad alto (90 Km/h) y una carretera adyacente con un límite de velocidad más bajo (50-70 Km/h). El análisis empírico revela una reducción global del 34% para el total de accidentes con lesión, reduciéndose hasta un 59% en el caso mencionado.

- ❑ a.- Hay una vía principal que termina en la glorieta.
- ❑ b.- Hay una vía principal que atraviesa la glorieta.
- ❑ c.- Inciden dos vías importantes que mueren en la glorieta.
- ❑ d.- Inciden dos vías importantes, una de las cuales muere en la glorieta.
- ❑ e.- Inciden dos vías importantes que atraviesan la glorieta.
- ❑ f.- Las vías incidentes tienen rangos similares.

Variable Genérica A.2.7 La glorieta en el contexto de la política de ordenación de la zona.

- ❑ a.- La glorieta es la primera con la que se encuentran los conductores, en un área de tres kilómetros, en las vías incidentes en el trazado en el que hay otras intersecciones ordenadas sin glorieta.
- ❑ b.- Alguna de las vías incidentes proviene de un tramo con glorietas similares aunque de un área superior a tres kilómetros.
- ❑ c.- En todo el entorno vial se repiten glorietas de similares características, dentro de un área de tres kilómetros.
- ❑ d.- En un área de tres kilómetros hay otras glorietas pero de tipología distinta.

¹⁴ De Brabander, B.; Nuyts, E.; Vereeck, L. *Road safety effects of roundabouts in Flanders*. Journal of Safety Research 36 (2005). Pag 289-296.

CAPITULO A3. EL ENTORNO

Los trabajos de Ken Sides¹⁵ (2011) recogen aspectos de diseño de glorietas teniendo en cuenta su contexto natural, en especial, la flora, la fauna, la cultura, la historia, la ecología, la geología y todos aquellos valores comunitarios que conviene remarcar sobre el entorno en la que se ubican, sin dejar de mejorar la seguridad y la movilidad. Los proyectos con soluciones que presentan una sensibilidad al entorno, son los llamados "*context sensitive solutions*" - CSS – han sido estudiados en este artículo no solo en lo que respecta a sus cualidades paisajísticas, pero también el beneficio psicológico que revierte sobre los conductores, temperando emociones de impaciencia, por ejemplo en las colas de acceso a la glorieta.

Variable Genérica A.3.1 El diseño de la glorieta responde a concepciones.

- ❑ a.- Únicamente de distribución del tráfico.
- ❑ b.- De distribución del tráfico, integrándose a su entorno y respetando valores naturales.

Variable Genérica A.3.2 La isleta central y las zonas colindantes.

- ❑ a.- Presenta elementos de jardinería que se adaptan a su entorno.
- ❑ b.- Presenta monumentos o esculturas artísticas o referencias históricas.
- ❑ c.- Presenta otros elementos de referencia local.

Variable Genérica A.3.3 Protección de fauna local.

- ❑ a.- No existe ningún tipo de protección.
- ❑ b.- Existe dispositivo de cerramiento y escape de fauna local.

¹⁵ Sides, K. *Roundabouts as context sensitive solutions*. Institute of Transportation Engineers. ITE Journal. Vol. 81, no. 2011.

4.2.- VALIDACIÓN VARIABLES INICIALES BLOQUE B. VARIABLES DEFINITIVAS

BLOQUE B. VARIABLES DINÁMICAS. EL TRÁFICO

CAPITULO B1. TRÁFICO CIRCULANTE

Nambisan, S y Parimi, V. realizaron un estudio que comparaba la seguridad entre las intersecciones tradicionales con las glorietas¹⁶ en EEUU durante un período de 5 años, clasificando dichas intersecciones en 3 categorías:

Menores: "Minor intersections": con una IMD menor de 10.000.

Medianas: "Medium intersections": con una IMD entre 10.000 y 20.000.

Mayores: "Major intersections": con una IMD mayor de 20.000.

Los resultados obtenidos fueron:

En las intersecciones menores reguladas por glorietas, los accidentes disminuyeron en un 58,8% respecto a la intersección tradicional, y los accidentes con víctimas disminuyeron en un 83,3%.

En las intersecciones medianas reguladas por glorietas, los accidentes disminuyeron en un 21,9 respecto a la intersección tradicional, y los accidentes con víctimas disminuyeron en un 41,7%.

En las intersecciones mayores en cambio, en las glorietas se registraron un mayor número de accidentes que en las intersecciones tradicionales reguladas por semáforos, concretamente un 10% más. El número de accidentes con víctimas fue parecido entre los dos tipos de intersecciones.

Para solucionar el problema en las Glorietas mayores, proponían obligar a los vehículos que circulaban por el carril exterior a girar a la derecha para salir de la glorieta, permitiendo la circulación de los carriles interiores.

Variable Genérica B.1.1 Intensidades Medias Diarias Anuales (IMD).

El trabajo realizado por Nathan J. Harper y Roger C.M. Dunn¹⁷ (2003) en Nueva Zelanda desarrolla modelos de predicción de accidentes en glorietas que permite una

¹⁶ Nambisan, S; Parimi, V. *A Comparative Evaluation of the Safety Performance of Roundabouts and Traditional Intersection Controls*. ITE journal. 77, no. 3, (2007): 18. [Washington, D.C., etc.] Institute of Transportation Engineers.

¹⁷ Harper, N.J.; Dunn, R.C.M. *Accident prediction at urban roundabouts in New Zealand. Some initial results*. 26th Australasian Transport research forum. Wellington. New Zealand. 2003.

evaluación detallada de dichos accidentes a partir de la relación del volumen de tráfico y la inclusión de variables geométricas, lo cual mejora considerablemente los resultados de los modelos.

Variable específica B1.1.1 Intensidades Medias Diarias Anuales (IMD) de las vías de entrada a la glorieta.

- a.- Más de 10.000 vehículos.
- b.- Entre 5.000 y 10.000.
- c.- Entre 2.500 y 5000.
- d.- Entre 1.000 y 2.500.
- e.- Menos de 1000.

Variable específica B1.1.2 Intensidades Medias Diarias Anuales (IMD) en la calzada anular (en el punto más significativo).

- a.- Más de 30.000 vehículos.
- b.- Entre 30.000 y 20.000.
- c.- Entre 20.000 y 10.000.
- d.- Entre 10.000 y 5.000.
- e.- Menos de 5.000.

Variable específica B1.1.3 Ocupación media de vehículos de la calzada anular.

- a.- Más de 20 vehículos.
- b.- Entre 20 y 15.
- c.- Entre 15 y 10.
- d.- Entre 10 y 5.
- e.- Menos de 5.

Variable Genérica B.1.2 Volumen de tráfico en hora punta de las vías de entrada a la glorieta.

- a.- Más de 8.000.
- b.- Entre 8.000 y 5.000.
- c.- Entre 5.000 y 2.500.
- d.- Menos de 2.500.

Variable Genérica B.1.3 Proporcionalidad de los volúmenes de tráfico incidentes.

- a.- Hay alguna vía(s) de acceso que aporta(n) la mayoría del tráfico a la glorieta.
- b.- El tráfico de acceso está muy repartido entre todos los ramales.

El estudio probabilístico publicado por C.E.M. Pearce¹⁸ (1987) en Australia, investiga la relación del tiempo de demora media y las colas que se forman en los ramales de acceso a glorietas de un solo carril con el tipo de vehículos que circulan por ella.

Variable Genérica B.1.4 Proporcionalidad de los volúmenes de tráfico de salida.

- a.- Hay algún(os) ramal(es) de salida de la glorieta que evacua(n) la mayoría del tráfico.
- b.- El tráfico de salida está repartido entre todos los ramales.

Variable Genérica B.1.5 Porcentaje de turismos que circulan por la glorieta en relación al parque de turismos de Catalunya.

- a.- Lo supera ampliamente.
- b.- Del orden del parque.
- c.- Muy inferior al parque.

Variable Genérica B.1.6 Porcentaje de camiones y furgonetas que circulan por la glorieta en relación al parque de camiones y furgonetas de Catalunya.

- a.- Lo supera ampliamente.
- b.- Del orden del parque.
- c.- Muy inferior al parque.

¹⁸ Pearce, C.E.M. *A probabilistic model for the behaviour of traffic at a roundabout*. Transportation research. Part B, Methodological. Vol. 21B, no. 3 (June 1987).

Variable Genérica B.1.7 Porcentaje de vehículos de 2 ruedas con motor (motocicletas y ciclomotores) que circulan por la glorieta en relación al parque de vehículos de 2 ruedas con motor (motocicletas y ciclomotores) de Catalunya.

- ❑ a.- Lo supera ampliamente.
- ❑ b.- Del orden del parque.
- ❑ c.- Muy inferior al parque.

Los trabajos publicados por Stij Daniels, Tom Brijs, Erik Nuyts y Geert Wets¹⁹ (2010), sobre 90 glorietas en Bélgica utilizando técnicas de modelización de Poisson and Gamma en Flandes (Bélgica), concluyeron que los usuarios más involucrados en accidentes con víctimas fueron los motociclistas, ciclistas y peatones, siendo los motociclistas los que aparecían en un mayor número de accidentes de un solo vehículo.

En la jornada técnica de seguridad vial de los motociclistas²⁰ organizada por el Servei Català de Trànsit en Barcelona el 21 de abril de 2015, se presentó por parte del profesor Pedro Mondelo en el acto de clausura, un estudio de la accidentalidad de PTWs en el 2014 y evolución de la siniestralidad y de la movilidad en el 2014 en relación con el 2013 en toda la red vial urbana e intrerurbana de Cataluña donde se destacaron cinco puntos prioritarios a tener en consideración para la mejora de la seguridad vial de las motocicletas. Uno de estos puntos ponía énfasis en las intersecciones.

Variable Genérica B.1.8 Velocidad media de los vehículos circulantes en el interior de la glorieta.

- ❑ a.- Superior al límite máximo establecido (genérico o específico).
- ❑ b.- Del orden del límite máximo establecido (genérico o específico).
- ❑ c.- Inferior al límite máximo establecido (genérico o específico).

¹⁹ Daniels, S.; Brijs, T.; Nuyts, E. et al. *Explaining variation in safety performance of roundabouts*. Accident Analysis and Prevention, 42(2). p. 393-402. Pergamon-elsevier science ltd. 2010.

²⁰ http://transit.gencat.cat/ca/congresos_i_jornades/jornada_tecnica_seguretat_viaria_motociclistes/

Variable Genérica B.1.9.- Densidad media en la calzada anular.

- a.- Inferior a los 5 metros.
- b.- Entre 5 y 10 metros.
- c.- Entre 10 y 15 metros.
- d.- Entre 15 y 20 metros.
- e.- Más de 20 metros.

Variable Genérica B.1.10.- Densidad media de las vías de entrada y salida de la glorieta.

- a.- Inferior a los 5 metros.
- b.- Entre 5 y 10 metros.
- c.- Entre 10 y 15 metros.
- d.- Entre 15 y 20 metros.
- e.- Más de 20 metros.

Variable Genérica B.1.11.- Capacidad de las vías de entrada a la glorieta (Vehículos/hora).

- a.- Más de 4.000.
- b.- Entre 4.000 y 3.000.
- c.- Entre 3000 y 2.000.
- d.- Entre 2.000 y 1000.
- e.- Menos de 1.000.

La investigación dirigida por Jian-an Tan²¹ (2001) compara la capacidad máxima en glorietas frente a intersecciones semaforizadas a partir de 4 categorías: la mini intersección, la intersección pequeña, la mediana y la grande. Para poder realizar el estudio se introduce el concepto de plena capacidad que se calcula en todos los casos y que se ve muy condicionada por el número de vehículos que giran a la

²¹ Tan, J. *Comparison of capacity between roundabout design and signalised junction design*. 1st Swiss transport research conference. Monte Verità. Ascona. 2001.

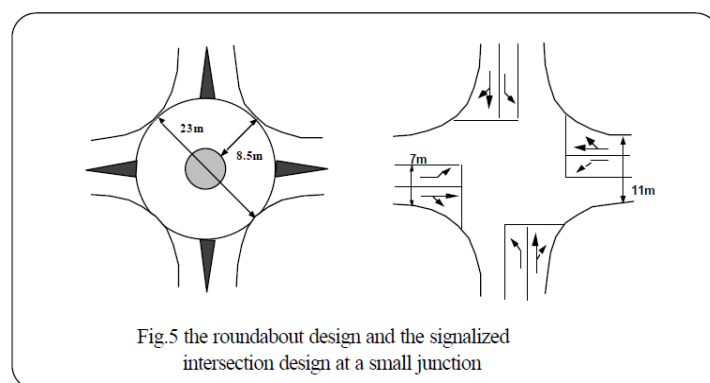
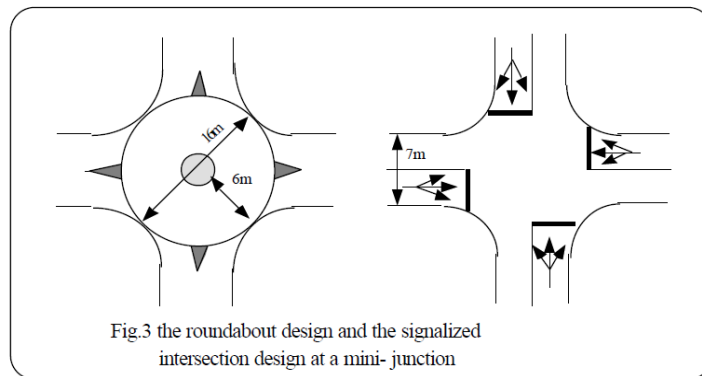
derecha y los que giran a la izquierda en la glorieta. Los resultados obtenidos permiten concluir que:

En la mini-intersección la máxima capacidad en la glorieta es siempre mayor que en la intersección convencional señalizada.

En la pequeña intersección, la máxima capacidad en la glorieta es mayor en la mayoría de los casos.

En la intersección mediana, la máxima capacidad es mayor en la glorieta cuando la ratio de los que giran a la izquierda y los que siguen recto es relativamente baja, en caso contrario la solución de intersección convencional tendrá una capacidad mayor que la glorieta.

En la intersección grande, la máxima capacidad es menor en la glorieta que en la intersección convencional en la mayoría de los casos.



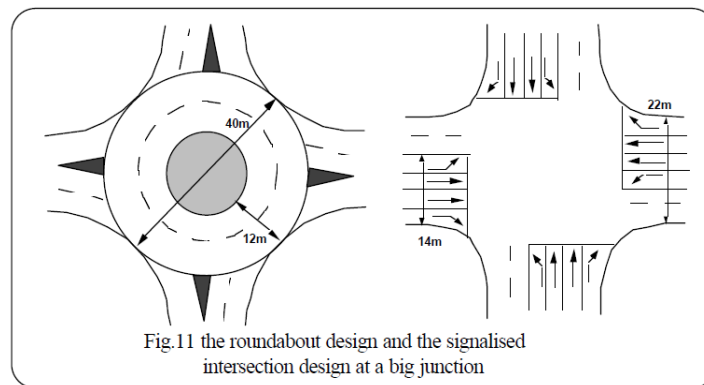
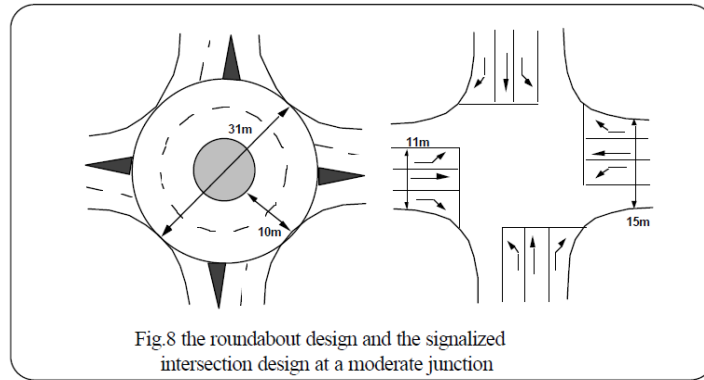


Fig.4.4. Comparación de capacidad máxima en glorieta frente a intersección convencional²².

Variable genérica B1.12 Velocidad en la calzada anular.

- ❑ a.- Entre 15 y 20 km/h.
- ❑ b.- Entre 21 y 30 Km/h.
- ❑ c.- Entre 31 y 40 km/h.
- ❑ d.- Entre 41 y 50 Km/h.
- ❑ e.- Más de 50 Km/h.

Variable genérica B1.13 Consistencia de los diferentes accesos a la glorieta.

La definición más aceptada internacionalmente para un diseño geométrico consistente²³ entiende que se trata de minimizar las violaciones de las expectativas de

²² Tan, J. *Comparison of capacity between roundabout design and signalised junction design*. 1st Swiss transport research conference. Monte Verità. Ascona. 2001.

²³ García, A et al. *Consistencia del diseño geométrico de carreteras: Concepto y criterios*. Departamento de Ingeniería e infraestructura de los transportes. Escuela técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. 2013.

los conductores. Es decir, la consistencia es la relación que se establece entre el comportamiento de la vía y lo que el conductor espera de ella.

Los criterios locales de consistencia permiten evaluarla para un determinado elemento del trazado en planta, bien examinando la variación de las velocidades de operación a lo largo de la carretera o bien comparándolas con la velocidad de diseño o proyecto del tramo, clasificándola en buena, aceptable o pobre.

El método local de evaluación de la consistencia más extendido es el desarrollado por Lamm et al. Establecieron dos criterios de consistencia relacionados con la velocidad de operación, que incluyen la diferencia entre la velocidad de operación y la de diseño (criterio I) y la diferencia de velocidad de operación entre elementos geométricos consecutivos.

Buena	Aceptable	Pobre
$ V_{85,i} - V_d \leq 10$	$10 < V_{85,i} - V_d \leq 20$	$20 < V_{85,i} - V_d $

Fig. 4.5. Umbrales de consistencia del diseño. Criterio I de Lamn et al.

Buena	Aceptable	Pobre
$ V_{85,i} - V_{85,i+1} \leq 10$	$10 < V_{85,i} - V_{85,i+1} \leq 20$	$20 < V_{85,i} - V_{85,i+1} $

Fig. 4.6 Umbrales de consistencia del diseño. Criterio II de Lamn et al.

Aplicando este criterio II a un tramo de carretera convencional de 2550 m de desarrollo y velocidad de diseño 80 km/h, se observa (fig.4.7) en el perfil de velocidad de operación que hay una curva en el P.K. 6+350 con consistencia aceptable, ya que el escalón de velocidades de operación es de 16 km/h, mientras que en el P.K. 7+650 hay otra curva con consistencia pobre, debido a que el escalón de velocidades de operación es de 29 km/h²⁴.

²⁴ García, A et al. *Consistencia del diseño geométrico de carreteras: Concepto y criterios*. Departamento de Ingeniería e infraestructura de los transportes. Escuela técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. 2013.

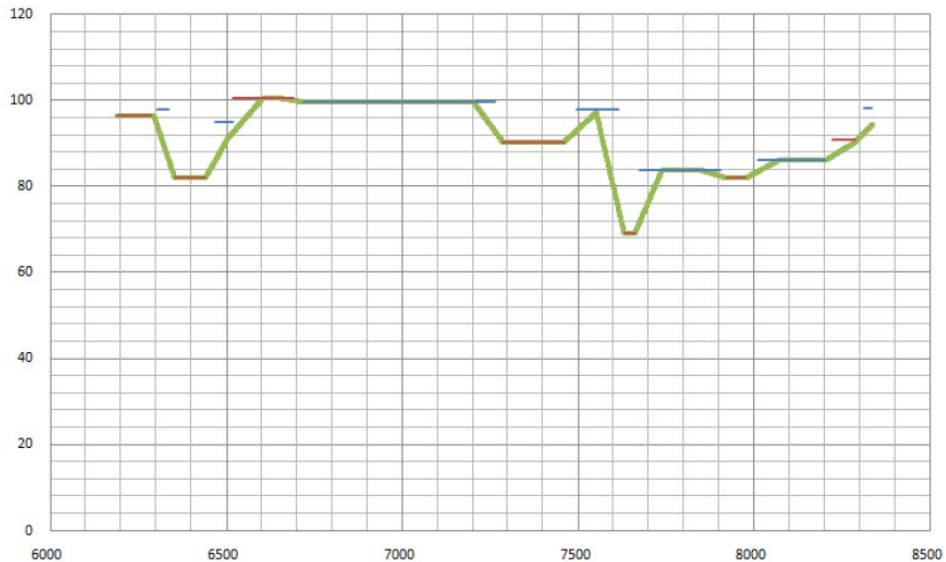


Fig. 4.7. Ejemplo aplicación criterio II de Lamn et al.²⁵

Un modelo reciente de García et al.²⁶ se basa en la hipótesis de que el comportamiento de la carretera en un punto puede estimarse por medio de la velocidad de operación en ese punto, mientras que las expectativas ad hoc de los conductores se pueden estimar por la velocidad de operación inercial, definiéndose como la media móvil de las velocidades de operación durante los 1000 metros anteriores. La diferencia entre ambos parámetros se ha denominado Índice de Consistencia Inercial (ICI).

Buena	Aceptable	Pobre
$ V_{85 \text{ inercial},i} - V_{85,i} \leq 10$	$10 < V_{85 \text{ inercial},i} - V_{85,i} \leq 20$	$20 < V_{85 \text{ inercial},i} - V_{85,i} $

Fig.4.8. Umbrales de consistencia inercial transición recta curva. Criterio IIb de García et al.²⁷

En nuevos trazados, la consistencia debe ser buena; en la remodelación de trazados antiguos, se debería permitir una consistencia aceptable; y siempre que haya consistencia pobre, es necesario un rediseño del elemento, de los elementos afectados o, incluso, del tramo²⁸.

La norma de diseño geométrico española (Instrucción de trazado 3.1-I.C., 1999) no recoge el concepto de consistencia de forma explícita, aunque presenta algunos criterios que de forma indirecta se pueden asociar a la consistencia.

²⁵ García, A et al. *Consistencia del diseño geométrico de carreteras: Concepto y criterios*. Departamento de Ingeniería e infraestructura de los transportes. Escuela técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. 2013.

²⁶ *Idem*.

²⁷ *Idem*.

²⁸ *Idem*.

La guía de nudos viarios de 2012 sí que incluye este concepto, aunque no lo recoge de una forma específica y conjunta. Sólo hay un criterio específico de consistencia que dice: en las transiciones entre elementos contiguos cuya velocidad específica difiera en más de 15Km/h en sentido descendente, muy frecuentes en los nudos viarios, se recomienda facilitarlas mediante ordenaciones de la circulación y ayudas a ella. En realidad no es un criterio de consistencia, sino de señalización y balizamiento.

Ítems:

- a.- Buena.
- b.- Aceptable.
- c.- Pobre.

CAPITULO B2. FLUIDEZ EN LAS GLORIETAS

El estudio de simulación publicado por M.E. Fouladvand, Z. Sadjadi y R. Shaebani²⁹ (2004) analiza las peculiaridades del flujo vehicular dentro de las glorietas sin entrar en aspectos de seguridad sino de movilidad y fluidez de la circulación, obtienen la medida óptima de la glorieta en función de los volúmenes de tráfico. La principal conclusión de esta simulación es la existencia de lo que denominan “congestión crítica”, dato a partir del cual la solución de intersección señalizada es más eficiente que la glorieta.

Variable Genérica B.2.1 Prioridades en glorietas (complementa la C.2.1.3).

- a.- No existen señales de prioridad.
- b.- Existen semáforos.
- c.- Existen señales de Stop.
- d.- Existen señales de Ceda el paso.

Variable Genérica B.2.2 Ordenación del tráfico dentro de la glorieta.

- a.- No existe ordenación específica canalizadora del tráfico dentro de la glorieta.
- b.- Existe ordenación específica canalizadora del tráfico dentro de la glorieta.

Variable Genérica B.2.3 Tiempo de retención máximo diario.

En ocasiones las glorietas pueden originar retenciones de la circulación en alguno de los ramales incidentes, o incluso dentro de la calzada anular, por incapacidad propia de la glorieta o por un exceso de vehículos. Podría medirse el tiempo máximo de demora media aproximado de los usuarios a partir de la observación.

No obstante el estudio³⁰ realizado mediante el programa aaSIDRA por la facultad de Ingeniería de Malasia (2010) a partir de la adquisición de datos directos y su posterior evaluación, pone de manifiesto los beneficios de ahorro energético, reducción de

²⁹ Fouladvand, ME; Sadjadi, Z; Shaebani, MR. *Characteristics of vehicular traffic flow at a roundabout*. Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics, 2004 Oct; 70(4) Pt 2: 046132.

³⁰ Shokri, F; Mokhtarian, H.R; Ismail, A; Rahmat, R. *Comparing the design of roundabout and intersection with aaSIDRA software*. European journal of scientific research. Vol.40. No.2(2010) pp.239-246.

emisiones de CO₂ y de tiempos de demora media de una glorieta en comparación con una intersección.

- a.- Más de 10 minutos.
- b.- Entre 10 y 5 minutos.
- c.- Entre 5 y 2 minutos.
- d.- Menos de 2 minutos.

4.3.- VALIDACIÓN VARIABLES INICIALES BLOQUE C. VARIABLES DEFINITIVAS

BLOQUE C.

VARIABLES ESTÁTICAS: GEOMETRÍA Y SEÑALIZACIÓN

CAPITULO C1. PLATAFORMA ANULAR

En el marco del bloque de variables estáticas, conviene señalar diferencias en la terminología entre países.

Por ejemplo, el estudio sobre glorietas en Alemania¹ (2011) clasifica las glorietas en función de su diámetro y de su capacidad, en compactas de un solo carril, con diámetros entre 26 y 40 m; las miniglorietas con diámetros entre 13 y 25 m; las grandes glorietas entre 40 y 60 m con dos carriles de acceso; y las turbo-glorietas.

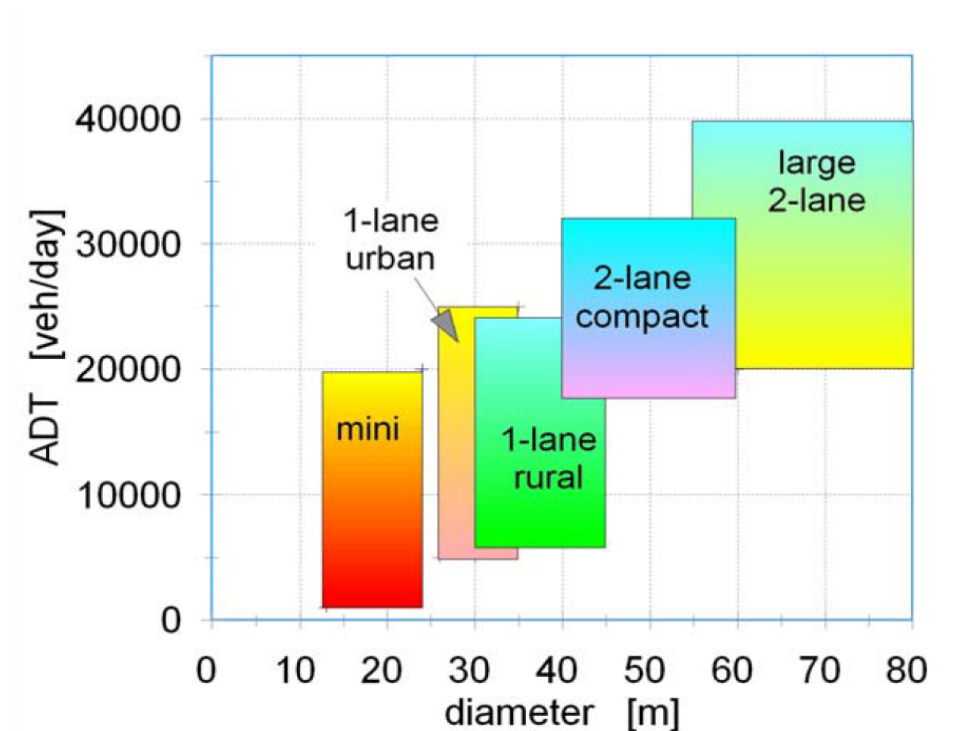


Fig.4.9. Tipología de glorietas en función de su diámetro y de su capacidad. Werner Brilon.²

El estudio concluye que siendo uno de los objetivos principales de la definición geométrica de la glorieta el de conseguir una reducción de la velocidad de los vehículos entrantes, la glorieta compacta de un solo carril es la solución estándar de mejora de una intersección.

¹ Brilon, W. *Studies on Roundabouts in Germany: Lessons Learned*. 3rd International TRB - Roundabout Conference, Carmel, Indiana. May 2011.

² Id.

Pero para una capacidad superior a 40.000 veh./diarios no se recomiendan en Alemania las glorietas de gran diámetro por el gran número de accidentes registrados en glorietas con salidas de dos carriles.

Se está desarrollando la opción de las llamadas Turbo-glorietas como alternativa a las glorietas de gran diámetro, siendo la primera construida en Alemania en el año 2006 en Baden-Baden, y previamente diseñadas por Bertus Fortuijn en 1996, en los Países Bajos. Las Turbo-glorietas ofrecen grandes capacidades de tráfico y una seguridad equiparable a las compactas, habiéndose experimentando volúmenes de tráfico superior a 50.000 Veh./diarios.



Fig.4.10. Turboglorieta básica en Rotterdam (Holanda). Lenin Alexander Bulla.³

■ Variable Genérica C1.1 Forma en planta.

- a.- Circular.
- b.- Ovalada.
- c.- Otra (especificar).

■ Variable Genérica C1.2 Diámetro exterior de la calzada anular.

- a.- Menos de 10 m.
- b.- Entre 11 y 25 m.
- c.- Entre 26 y 50 m.
- d.- Entre 51 y 75 m.
- e.- Más de 75 m.

³ Bulla, L. A. Metodología para la evaluación técnica y operativa de turbo-glorietas como alternativa de intersección vial en el ámbito urbano. Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá, 2010.

■ **Variable Genérica C1.3 Anchura de la calzada anular.**

- a.- Menor de 5 m.
- b.- Entre 5 y 8 m.
- c.- Entre 8 y 15 m.
- d.- Entre 15 y 20 m.
- e.- Más de 20 m.

■ **Variable Genérica C1.4 Inclinación longitudinal de la plataforma anular.**

- a.- Sin pendiente.
- b.- Entre 0,5 y 3%.
- c.- Entre 3% y 6%.
- d.- Más del 6%.

■ **Variable Genérica C1.5 Existencia de gorguera.**

- a.- No existe gorguera.
- b.- Existe gorguera de hasta ½ metro de anchura.
- c.- Existe gorguera de entre 0,5 y 1 metros de anchura.
- d.- Existe gorguera de entre 1,01 y 1,50 metros de anchura.
- e.- Existe gorguera de entre 1,51 y 2 metros de anchura.
- f.- Existe gorguera de entre 2,01 y 2,50 metros de anchura.
- g.- Existe gorguera de más de 2,50 metros de anchura.

■ **Variable Genérica C1.6 Existencia de arcenes.**

El 14 de marzo de 2003 ocurrió un accidente en el punto kilométrico 0,000 de la carretera B-510 de Argentona a Llinars del vallés, donde está ubicada una glorieta de distribución del tráfico, resultando una ciclomotorista muerta al ser arrollada por un camión.

El Ingeniero reconstructor concluye que la versión más factible de los hechos es la invasión del arcén derecho del acceso de entrada a la glorieta por el que se desplazaba la ciclomotorista por parte del conductor del camión, más pendiente de los posibles vehículos prioritarios circulantes por la izquierda, que de efectuar comprobaciones por el retrovisor derecho, siendo arrollada por el tren trasero del vehículo pesado (fig.4.11).



Fig.4.11. Foto y croquis de la reconstrucción del escenario del accidente mortal.

Variable Específica C1.6.1 Existencia de arcén interior.

- a.- No existe arcén.
- b.- Menor de 0,5m.
- c.- Entre 0,5 y 1 m.
- d.- Más de 1m.

Variable Específica C1.6.2 Existencia de arcén exterior.

- a.- No existe arcén.
- b.- Menor de 0,5m.
- c.- Entre 0,5 y 1 m.
- d.- Más de 1m.

Variable Genérica C1.7 Sección transversal.

Variable Específica C1.7.1 Peralte gorguera.

- a.- No existe peralte.
- b.- Menor del 3%.
- c.- Entre 3% y 4%.
- d.- Más del 4%.

Variable Específica C1.7.2 Peralte máximo de la calzada anular.

- a.- No existe peralte.
- b.- Menor del 2%.
- c.- Entre 2% y 3%.
- d.- Más del 3%.

Variable Especifica C1.7.3 Peralte arcén.

- a.- No existe peralte.
- b.- Menor del 2%.
- c.- Entre 2% y 3%.
- d.- Más del 3%.

Variable Especifica C1.7.4 Diferencia de cota entre la gorguera y la calzada anular.

- a.- No hay diferencia de cota.
- b.- Menor de 2 cm.
- c.- Mayor de 2cm.

CAPITULO C2. ENTRADAS Y SALIDAS

Los trabajos sobre accidentalidad de 32 glorietas compactas de diámetro comprendido entre 20 y 40 metros y con un número de accesos entre 3 y 4, publicados por Peter Spacek⁴ del Instituto de Planificación del transporte de Suiza de Zúrich (2004) para la redacción de instrucciones técnicas suizas destacan que el 77% de los accidentes en glorietas se producen en las zonas de entrada, mientras que el 11% se producen en la calzada anular y el 12% en las zonas de salida.

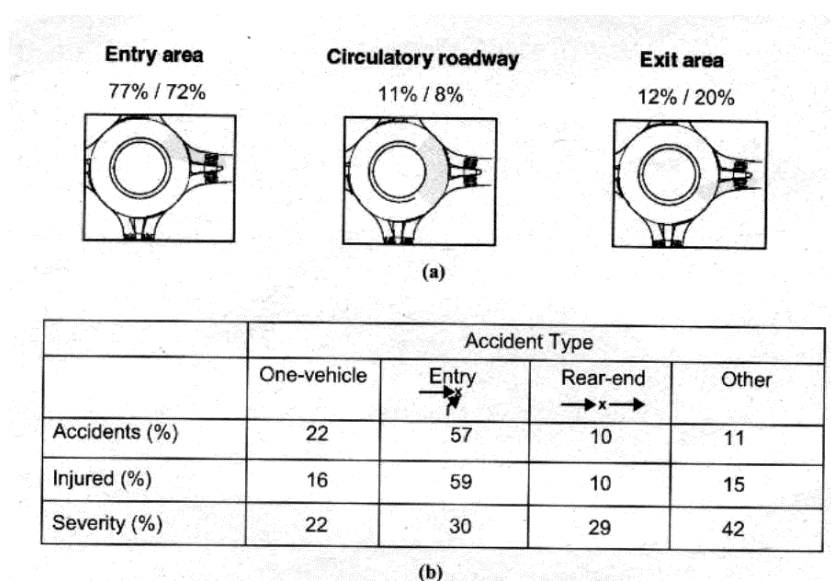


Fig.4.12. Accidentes/Victimias (a) según las zonas de las glorietas y (b) en función del tipo de accidente⁵ (total 416/123).

■ Variable Genérica C2.1 Carriles en las entradas y salidas.

Variable específica C2.1.1 Anchura de la calzada de las vías de acceso.

- a.- Menor de 3m.
- b.- Entre 3 y 5m.
- c.- Entre 5 y 7m.
- d.- Mayor de 7m.

⁴ Spacek, P. *Basis of the Swiss Design Standard for Roundabouts*. Transportation research record. no. 1881, (2004): 27-35.

⁵ Id.

Variable Específica C2.1.2 Número de carriles en las entradas.

- ☒ a.- 1 carril.
- ☒ b.- 1 carril abocinado en 2 a la entrada.
- ☒ c.- 2 carriles.
- ☒ d.- 3 carriles.
- ☒ e.- Más de 3 carriles (Indicar número).

Variable específica C2.1.3 Longitud del abocinamiento de entrada.

- ☒ a.- Menos de 10m.
- ☒ b.- Entre 10 y 15m.
- ☒ c.- Entre 15 y 20m.
- ☒ d.- Mayor de 20m.

Variable Específica C2.1.4 Anchura de los carriles en las entradas.

- ☒ a.- De 2,10 a 2,50 m.
- ☒ b.- De 2,51 a 2,75 m.
- ☒ c.- De 2,76 a 3,00 m.
- ☒ d.- De 3,01 a 3,25 m.
- ☒ e.- De 3,26 a 3,50 m.
- ☒ f.- De 3,51 a 3,65 m.
- ☒ g.- Más de 3,65 m.

Las anchuras de carril mínima (2,10) y máxima (3,65) corresponden al mínimo en zona urbana y al máximo en autopista interurbana⁶.

Variable Específica C2.1.5 Número de carriles en las salidas.

- ☒ a.- 1 carril.
- ☒ b.- 2 carriles.
- ☒ c.- 3 carriles.
- ☒ d.- Más de 3 carriles (Indicar número).

⁶ Institut Català de Seguretat Viària *Manual del trànsit Urbà*. Departament de Governació. Generalitat de Catalunya. 1995.

Variable Específica C2.1.6 Anchura de los carriles en las salidas.

- a.- De 2,10 a 2,50 m.
- b.- De 2,51 a 2,75 m.
- c.- De 2,76 a 3,00 m.
- d.- De 3,01 a 3,25 m.
- e.- De 3,26 a 3,50 m.
- f.- De 3,51 a 3,65 m.
- g.- Más de 3,65 m.

Variable Genérica C2.2 Existencia de arcén en las entradas a la glorieta.

Comprobar si es arcén derecho o izquierdo. Repetir ítems para cada acceso.

- a.- Menos de 0,50 m.
- b.- Entre 0,51 y 1,00 m.
- c.- Entre 1,01 y 1,50 m.
- d.- Entre 1,51 y 2,00 m.
- e.- Más de 2 m.
- f.- No existe arcén.

Variable Genérica C2.3 Radios mínimos de las entradas y salidas.

Variable Específica C2.3.1 Radio interior de las entradas a la glorieta.

- a.- Menor de 10 m.
- b.- Entre 10 y 15 m.
- c.- Entre 15 y 20 m.
- d.- Entre 20 y 25 m.
- e.- Entre 25 y 30 m.
- f.- Entre 30 y 35 m.
- g.- Entre 35 y 40 m.
- h.- Entre 40 y 50 m.
- i.- Más de 50 m.

Variable Específica C2.3.2 Radio interior de las salidas de la glorieta.

- a.- Meno de 12 m.
- b.- Entre 12 y 20 metros
- c.- Entre 20 y 25 m.
- d.- Entre 25 y 30 m.
- e.- Entre 30 y 35 m.
- f.- Entre 35 y 40 m.
- g.- Entre 40 y 50 m.
- h.- Más de 50 m.

Variable Específica C2.3.3 Relación entre radios.

- a.- Se cumple la recomendación.
- b.- No se cumple la recomendación.

Variable Genérica C2.4 Existencia de carriles segregados para giro a la derecha.

- a.- No existe carril segregado.
- b.- Existe carril segregado.

Variable Genérica C2.5 Ángulo de entrada.

El Manual⁷ de diseño británico para glorietas (2007), replantea los ángulos de entrada en función del tipo de glorieta, diferenciando las de gran diámetro y las compactas. La recomendación del ángulo de entrada ϕ en ambos casos es entre 20° y 60°.

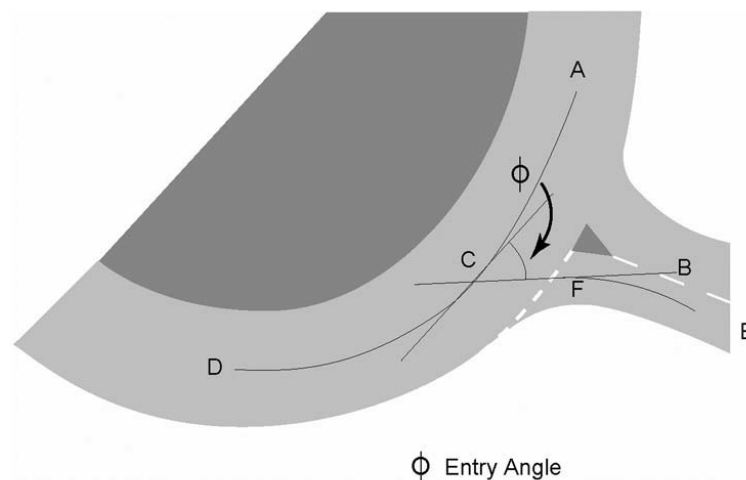


Fig.4.13. Ángulo de entrada en glorieta de gran diámetro⁸

⁷ Highways Agency. *Design Manual for Roads and Bridges (DMRB). Department of Transport.; et al. Geometric Design of Roundabouts. Volume 6, Section 2, Part 3. 2007.*

⁸ Id. En los dibujos adjuntos el sentido de circulación es el propio de las Islas Británicas.

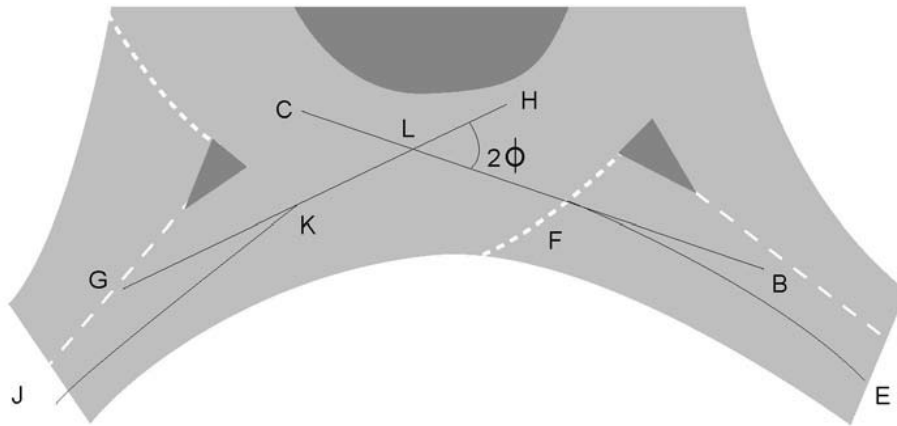


Fig.4.14. Ángulo de entrada en glorieta compacta.⁹

- a.- Ángulo menor de 20°
- b.- Ángulo entre 20° y 30°
- c.- Ángulo entre 30° y 40°
- d.- Ángulo entre 40° y 50°
- e.- Ángulo entre 50° y 60°
- f.- Ángulo mayor de 60°

■ Variable Genérica C2.6 Visibilidad en las entradas a la glorieta.

La investigación sobre accidentalidad de 32 glorietas compactas de diámetro comprendido entre 20 y 40 metros y con un número de accesos entre 3 y 4, publicados por Peter Spacek¹⁰ de Suiza (2004) para la redacción de instrucciones técnicas suizas propone como hipótesis que la visibilidad a través de la isleta central se considere como un factor influyente en la accidentalidad.

A pesar de no haber llegado a un resultado concluyente sobre este tema, ya que intervienen factores subjetivos, los autores recomiendan de forma consensuada que bloquear la visibilidad a través de la isleta central tiene resultados positivos sobre todo en glorietas interurbanas.

El estudio concluye que cuando la distancia de visibilidad hacia la izquierda de los vehículos que acceden a la glorieta es menor de 25 metros, la ratio de accidentalidad es considerablemente superior respecto a aquellas glorietas en que esta distancia se sitúa entre 25 y 100 m.

⁹ Id. En los dibujos adjuntos el sentido de circulación es el propio de las Islas Británicas.

¹⁰ Spacek, P. *Basis of the Swiss Design Standard for Roundabouts*. Transportation research record. no. 1881, (2004): 27-35.

Variable específica C2.6.1 Visibilidad hacia la izquierda en las aproximaciones a la glorieta.

- ☒ a.- Cumple condición de visibilidad.
- ☒ b.- No cumple condición de visibilidad.

Variable Específica C2.6.2 Visibilidad en las entradas a la glorieta.

- ☒ a.- Cumple condición de visibilidad.
- ☒ b.- No cumple condición de visibilidad.

Variable Específica C2.6.3 Visibilidad hacia un paso de peatones.

- ☒ a.- Cumple condición de visibilidad.
- ☒ b.- No cumple condición de visibilidad.

Variable Específica C2.6.4. Ángulo entre patas consecutivas.

- ☒ a.- Ángulo menor de 60º.
- ☒ b.- Ángulo de 60º.
- ☒ c.- Ángulo mayor de 60º.

CAPITULO C3: ISLETAS

El estudio de Peter Spacek¹¹ (2004) sobre accidentalidad de 32 glorietas compactas para la redacción de instrucciones técnicas suizas remarca el diseño de las isletas deflectoras de entrada y de la isla central como elementos determinantes de la geometría de la glorieta para conseguir una reducción de la velocidad del vehículo a la entrada y dar una adecuada orientación a los vehículos entrantes.

La geometría de las isletas y los radios de entrada y de salida serán definitorios de la trayectoria estimada del vehículo a través de la glorieta.

El mismo estudio define el ángulo β de deflexión y recomienda unos valores del mismo en función de la velocidad, comprendido entre 20° y 40° .

$$\begin{aligned}\beta < 20^\circ &\rightarrow V = 40 \text{ km/h} \\ 20^\circ \leq \beta \leq 40^\circ &\rightarrow V = 35 \text{ km/h} \\ \beta > 40^\circ &\rightarrow V = 30 \text{ km/h}\end{aligned}$$

Fig. 4.7. Valores recomendados del ángulo de deflexión β en función de la velocidad¹²

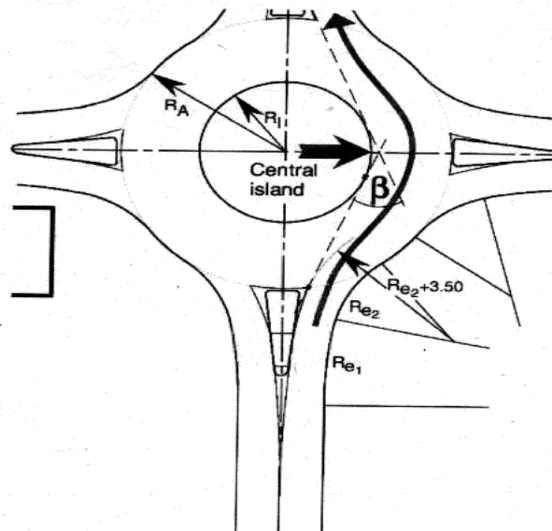


Fig. 4.15. Ángulo β de deflexión.¹³

¹¹ Spacek, P. *Basis of the Swiss Design Standard for Roundabouts*. Transportation research record. no. 1881, (2004): 27-35.

¹² Spacek, P. *Basis of the Swiss Design Standard for Roundabouts*. Transportation research record. no. 1881, (2004): 27-35.

¹³ Id.

Montella, A. (2011) ha identificado, en su estudio¹⁴ sobre 15 glorietas urbanas en Italia, que en la mayoría de los accidentes se han identificado una combinación de factores: en el 53,6% intervinieron más de 5 factores simultáneos siendo sólo un 20% los accidentes producidos a causa de un solo factor.

La combinación de parámetros simultáneos que intervienen en la producción del accidente subraya el carácter holístico del problema.

Identifica también los principales factores geométricos intervinientes en un accidente, y la tipología de dichos accidentes.

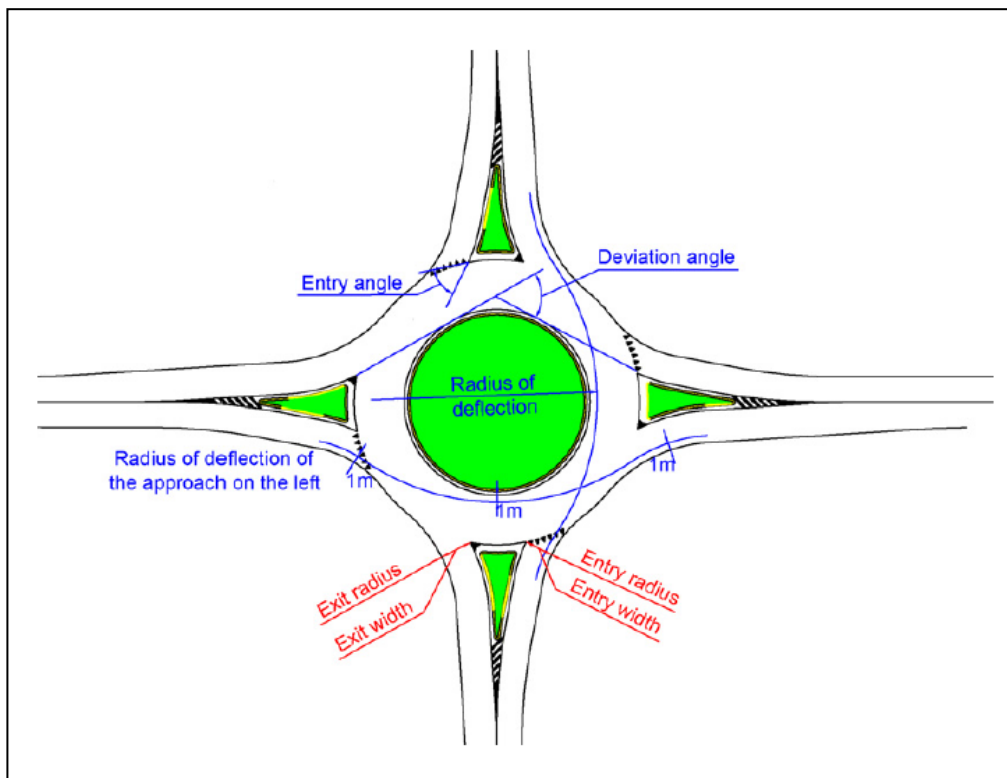


Fig.4.16. Principales parámetros geométricos identificados como intervinientes en un accidente por Montella.

¹⁴ Montella, A. *Identifying crash contributory factors at urban roundabouts and using association rules to explore their relationships to different crash types.* Accident analysis and prevention. 43(2011)1451-1463.

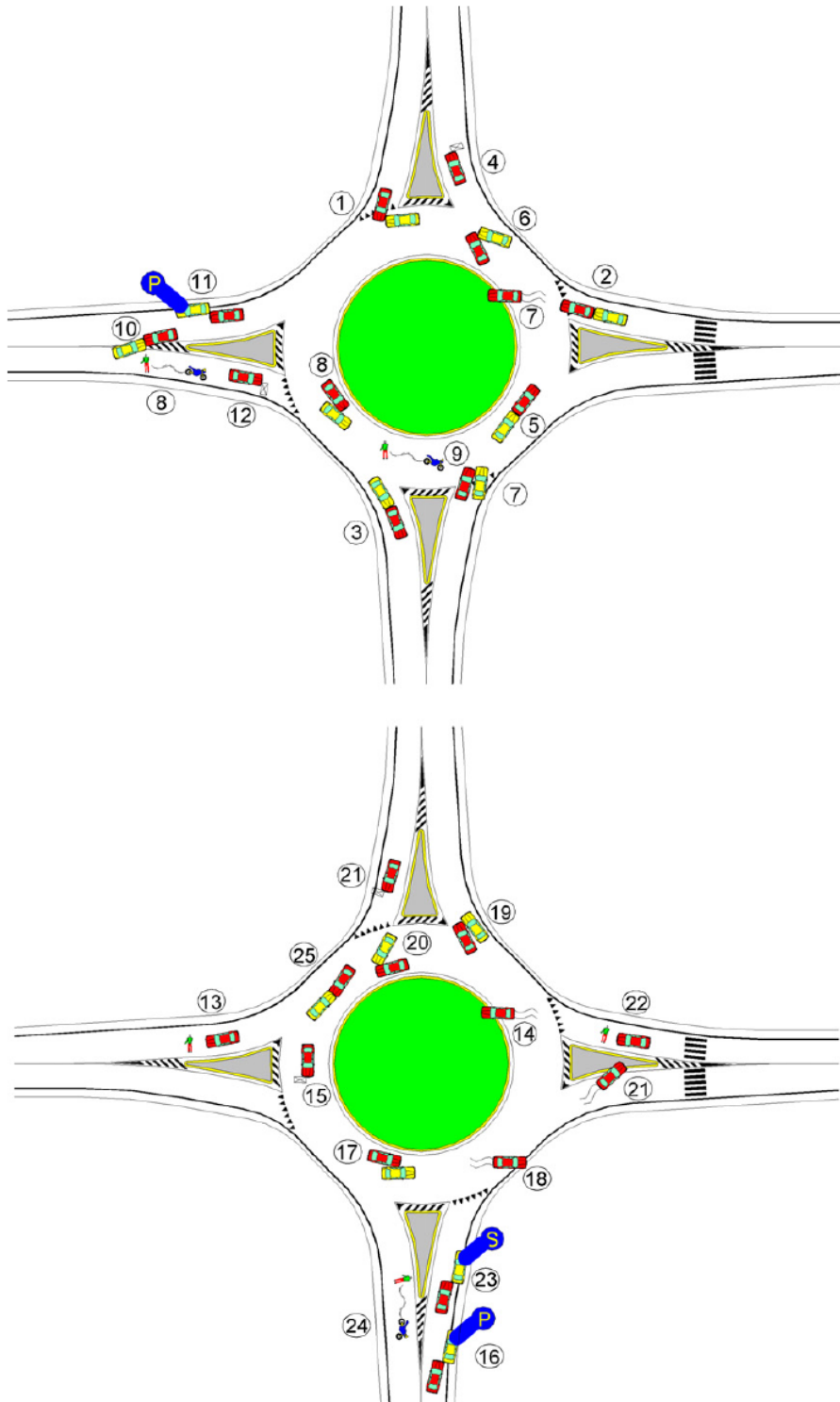


Fig. 4.17. Tipología de accidentes identificados por Montella¹⁵.

¹⁵ Montella, A. *Identifying crash contributory factors at urban ruondabouts and using association rules to explore their relationships to different crash types*. *Accident analysis and prevention*. 43(2011)1451-1463.

■ **Variable Genérica C3.1 Características de la isleta central.**

Variable Específica C3.1.1 Diámetro de la isleta central.

- a.- Menor de 4 m.
- b.- Entre 4 y 6 m.
- c.- Entre 6 y 8 m.
- d.- Entre 8 y 10 m.
- e.- Entre 10 y 12 m.
- f.- Entre 12 y 14 m.
- g.- Entre 14 y 16 m.
- h.- Entre 16 y 18 m.
- i.- Entre 18 y 20 m.
- j.- Entre 20 y 25 m.
- k.- Más de 25 m.

Variable Específica C3.1.2 Tipo de bordillo que separa la isleta central de la calzada anular o gorguera.

- a.- Montable.
- b.- No montable.
- c.- No existe bordillo.

Variable Específica C3.1.3 Altura del bordillo que separa la isleta central de la calzada anular o gorguera.

- a.- Hasta 2,5 cm.
- b.- Entre 2,6 y 5 cm.
- c.- Entre 5,1 y 7,5 cm.
- d.- Entre 7,6 y 10 cm.
- e.- Entre 10,1 y 12,5 cm.
- f.- Entre 12,6 y 15 cm.
- g.- Más de 15 cm.

Variable Específica C3.1.4 Existencia de elementos decorativos en la isleta central.

- a.- No existen elementos decorativos.
- b.- Existen elementos decorativos separados 2 o más metros del bordillo.
- c.- Existen elementos decorativos separados menos de 2 metros del bordillo.

El 29 de diciembre de 2004 se produjo un accidente con el resultado de una persona fallecida y un herido grave en la glorieta situada en el PK. 27,200 de la Carretera C-712 en Artà-Puerto Alcudia. El vehículo debido a un exceso de velocidad, según las

conclusiones del informe de reconstrucción del accidente¹⁶, siguió una trayectoria recta al ingresar en la glorieta, impactando frontalmente con un molino de piedra (fig.4.9) situado en la isleta central de dicha glorieta.

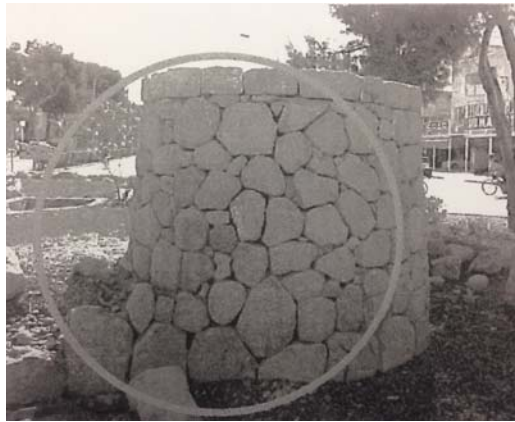


Fig. 4.18. Molino de piedra reconstruido en fecha 03/03/2005

Variable Especifica C3.1.5 Elevación del nivel medio de la isleta central con relación a la calzada anular.

- ❑ a.- Más de 2 m de diferencia.
- ❑ b.- Entre 1,5 y 1,99 m de diferencia.
- ❑ c.- Entre 1 y 1,49 m de diferencia.
- ❑ d.- Menos de 1 metro de diferencia.

Variable Especifica C3.1.6 Visibilidad desde el interior de la calzada anular.

- ❑ a.- Visibilidad más allá de los 50m.
- ❑ b.- Visibilidad hasta los 50m.
- ❑ c.- Visibilidad menor a los 50m.

Variable Especifica C3.1.7 Ángulo de deflexión.

- ❑ a.- Menor de 20 grados.
- ❑ b.- Entre 20 y 40 grados.
- ❑ c.- Mayor de 40 grados.

¹⁶ Reges Investigación y reconstrucción de accidentes. Ref. 03.003.

■ Variable Genérica C3.2 Características de las isletas deflectoras.

Rune Elvik junto a Truls Vaa et al. (2006), en el *Manual de Medidas de Seguridad Vial*¹⁷, aportan resultados respecto a la utilización de las diferentes formas de canalización de intersecciones mediante isletas y señalizaciones y sus efectos sobre los accidentes, segregando flujos de tráfico, mejorando la visibilidad, o definiendo las vías de preferencia. No obstante, los resultados contrastados en intersecciones en T, Y o X evidencian que, aunque se mejoren algunas de las condiciones no siempre se traduce en una mejora de la seguridad vial.

Variable Específica C3.2.1 Tipo de isletas deflectoras.

- ☒ a.- No existen isletas deflectoras.
- ☒ b.- Curvadas.
- ☒ c.- Triangulares.
- ☒ d.- Con inflexión de curvatura.

Variable Específica C3.2.2 Longitud de las isletas deflectoras.

- ☒ a.- Menos de 5 m.
- ☒ b.- Entre 5 y 10 m.
- ☒ c.- Entre 10 y 20 m.
- ☒ d.- Más de 20 m.

Variable Específica C3.2.1 Radios de redondeo de los bordillos o límites de arcén de las isletas deflectoras (Repetir para cada uno de los tres vértices).

- ☒ a.- Menos de 0,30 m.
- ☒ b.- Entre 0,31 y 0,40 m.
- ☒ c.- Entre 0,41 y 0,50 m.
- ☒ d.- Entre 0,51 y 0,60 m.
- ☒ e.- Entre 0,61 y 0,70 m.
- ☒ f.- Entre 0,71 y 0,80 m.
- ☒ g.- Más de 0,80 m.

¹⁷ Elvik, R; Vaa, T. et al. *The Handbook of Road Safety Measures*. 2009. Emerald Group Publishing Limited. Traducida de la edición inglesa por Monclús, J., Fundación FITSA. Etrasa. 2006.

CAPITULO C4. DELIMITACIÓN DE OTROS USOS

■ Variable Genérica C4.1 Zonas de estacionamiento.

Variable específica C4.1.1 Existencia de zona de estacionamiento de vehículos en las entradas a la glorieta y distancia con respecto a la calzada anular.

- ☒ a.- No existen zonas de estacionamiento.
- ☒ b.- Está situada a menos de 5 metros de la calzada anular.
- ☒ c.- Está situada entre 5 y 10 metros de la calzada anular.
- ☒ d.- Está situada a más de 10 metros de la calzada anular.

Variable Especifica C4.1.1 Existencia de zona de estacionamiento de vehículos en las salidas de la glorieta y distancia con respecto a la calzada anular.

- ☒ a.- No existen zonas de estacionamiento.
- ☒ b.- Está situada a menos de 5 metros de la calzada anular.
- ☒ c.- Está situada entre 5 y 10 metros de la calzada anular.
- ☒ d.- Está situada a más de 10 metros de la calzada anular.

■ Variable Genérica C4.2 Interacción con peatones.

Los trabajos sobre accidentalidad de 32 glorietas compactas de diámetro comprendido entre 20 y 40 metros y con un número de accesos entre 3 y 4, publicados por Peter Spacek¹⁸ de Suiza (2004) para la redacción de instrucciones técnicas suizas destacan que los accidentes en los que hay implicados peatones se registraron, en este estudio, todos en las salidas de las glorietas, no produciéndose ninguno en las entradas a las mismas, ni en la calzada anular.

¹⁸ Spacek, P. *Basis of the Swiss Design Standard for Roundabouts*. Transportation research record. no. 1881, (2004): 27-35.

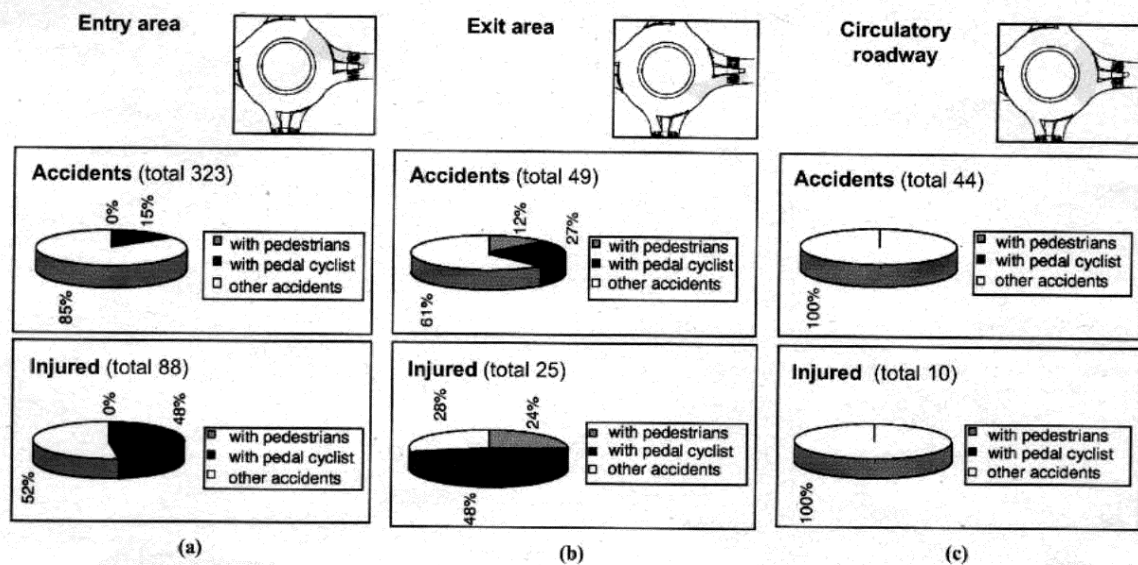


Fig.4.19. Accidentes con implicación de peatones y ciclistas según las zonas de las glorietas.¹⁹

Investigaciones, como la llevada a cabo por el equipo de Perdomo²⁰, M. (2014), sobre las preferencias respecto al acceso de los peatones y a su percepción de la seguridad en las glorietas, evidencian que son parámetros poco explorados pero a tener en cuenta en el momento de diseñar la glorieta para prevenir accidentes de los usuarios más vulnerables. Permite, por ejemplo, cuantificar como algunos elementos de la glorieta como el alto volumen de tráfico puede compensarse con la existencia de un islote divisor entre carriles para refugio de peatones.

¹⁹ Spacek, P. *Basis of the Swiss Design Standard for Roundabouts*. Transportation research record. no. 1881, (2004): 27-35.

²⁰ Perdomo, M., et al. *Pedestrian preferences with respect to roundabouts—A video-based stated preference survey*. Accident Analysis and Prevention 70 (2014) 84–91.



Fig.4.20. Captura de pantalla de programa de simulación en línea, con opciones de diseño para peatones.

Variable Específica C4.2.1 Acceso de los peatones a la isleta central.

- a.- Se permite el acceso a la isleta central.
- b.- No se permite el acceso a la isleta central.

Variable Específica C4.2.2 Disposición de los pasos de peatones.

- a.- Sin regulación específica.
- b.- Con señalización fija: paso cebra.
- c.- Con señalización variable: semáforos.
- d.- Paso a diferente nivel.

Variable Específica C4.2.3 Distancia del paso cebra a la calzada anular.

- a.- Menos de 2 m.
- b.- Entre 2,01 metros y 3 m.
- c.- Entre 3,01 y 4 m.
- d.- Entre 4,01 y 5 m.
- e.- Entre 5,01 y 6 m.
- f.- Más de 6 m.

Variable Especifica C4.2.4 Existencia de refugio para peatones en el islote deflector o divisor.

- a.- No existen.
- b.- Si existen.

Variable Especifica C4.2.5 Longitud del refugio para peatones.

- a.- Menor de 1,40 m.
- b.- Entre 1,41 y 1,60 m.
- c.- Entre 1,61 y 1,80 m.
- d.- Entre 1,81 y 2,00 m.
- e.- Entre 2,01 y 2,20 m.
- f.- Entre 2,21 y 2,40 m.
- g.- Más de 2,40 m.

Variable Especifica C4.2.6 Existencia de paso peatonal sobre elevado.

- a.- No existen.
- b.- Si existen.

Variable Especifica C4.2.7 Distancia del paso peatonal sobre elevado a la calzada anular.

- a.- Menos de 2 m.
- b.- Entre 2,01 metros y 3 m.
- c.- Entre 3,01 y 4 m.
- d.- Entre 4,01 y 5 m.
- e.- Entre 5,01 y 6 m.
- f.- Más de 6 m.

Variable Especifica C4.2.8 Medidas del paso peatonal sobre elevado.

C4.2.8.A Altura.

- a.- Menor de 10 cm.
- b.- 10 cm.
- c.- Mayor de 10 cm.

C4.2.8.B Longitud de la zona elevada.

- ❑ a.- Menor de 2,5 m.
- ❑ b.- Entre 2,51 y 3 m.
- ❑ c.- Entre 3,01 y 3,5 m.
- ❑ d.- Entre 3,51 y 4 m.
- ❑ e.- Más de 4 m.

❑ C4.2.8.C Longitud de las rampas.

- ❑ a.- Menor de 1 metro.
- ❑ b.- Entre 1,01 y 1,5 m.
- ❑ c.- Entre 1,51 y 2 m.
- ❑ d.- Entre 2,01 y 2,5 m.
- ❑ e.- Más de 2,5 m.

C4.2.8.D Pendiente de las rampas.

- ❑ a.- Menor del 2%
- ❑ b.- Entre 2 y 3%
- ❑ c.- Entre 3 y 4%
- ❑ d.- Más del 4%

Variable Especifica C4.2.9 Otros supuestos peatonales en glorietas interurbanas.

- ❑ a.- Prohibición de presencia peatonal.
- ❑ b.- Habilitación de pasillo peatonal sobre el perímetro exterior de la plataforma sin separación física.
- ❑ c.- Habilitación de pasillo peatonal sobre el perímetro exterior de la plataforma con separación física.
- ❑ d.- Otros supuestos.

■ Variable Genérica C4.3 Interacción con ciclistas.

Variable específica C4.3.1 Tratamiento especial de la movilidad de los ciclistas.

Los estudios realizados por Sakshaug, Laureshyn, y Svensson, ²¹ (2010) y por Stijn y Geert²² (2005) revelan que las glorietas permiten reducir los accidentes con víctimas en los que los ciclistas están implicados, pero en un porcentaje menor que en los accidentes en los que intervienen otros vehículos.

²¹ Sakshaug, L; Laureshyn, A; Svensson, A; et al. *Cyclists in roundabouts-Different design solutions. Accident Analysis & Prevention, v42 n4 (2010): 1338-1351.*

²² Stijn, D; Geert, W. *Traffic safety effects on roundabouts: a review with emphasis on bicyclist's safety.* Proceedings of the 18th ICTCT-workshop, Helsinki, Finland(2005)p. 11-22.

En las glorietas de carril-bici separado los resultados respecto a la seguridad de los ciclistas son sensiblemente mejores con respecto a las de carril integrado y por supuesto en los casos en que circulan por la calzada anular junto al tráfico motorizado. Concluyen también que las glorietas con un diámetro de la isleta central mayor reducen la accidentalidad de los ciclistas. En cualquier caso, las situaciones de mayor riesgo se producen en los cruces de las trayectorias entre vehículos y ciclistas y en especial en las glorietas de carril-bici integrado cuando ciclistas y vehículos circulan en paralelo y el vehículo toma la salida de la glorieta.

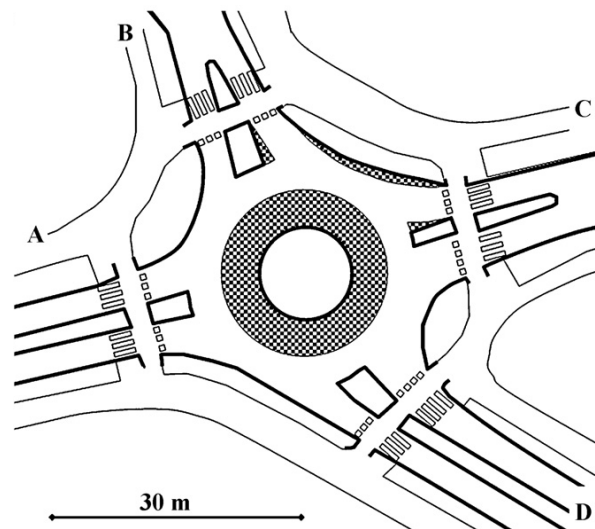


Fig.4.21. Glorieta con carril-bici separado²³

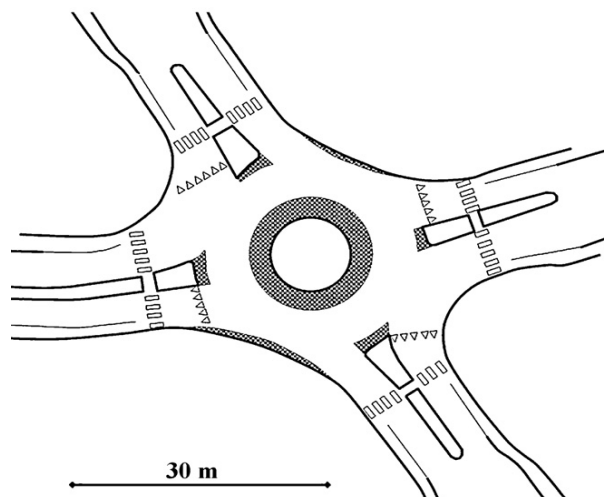


Fig.4.22. Glorieta con carril-bici integrado²⁴

²³ Sakshaug, L; Laureshyn, A; Svensson, A; et al. *Cyclists in roundabouts-Different design solutions. Accident Analysis & Prevention, v42 n4 (2010): 1338-1351.*

²⁴ Sakshaug, L; Laureshyn, A; Svensson, A; et al. *Cyclists in roundabouts-Different design solutions. Accident Analysis & Prevention, v42 n4 (2010): 1338-1351.*

- a.- No existe, usan el mismo espacio que los vehículos motorizados.
- b.- Usan el espacio destinado a los peatones de forma compartida con ellos.
- c.- Existe acera-bici.
- d.- Existe carril bici protegido unidireccional.
- e.- Existe carril bici protegido bidireccional.
- f.- Existe arcén-bici.

Variable Específica C4.3.2 Anchura del carril bici o acera bici.

C4.3.2 A En las entradas a la glorieta.

- a.- Entre 1 y 1,5 m.
- b.- Entre 1,51 y 2 m.
- c.- Entre 2,01 y 2,5 m.
- d.- Entre 2,51 y 3 m.
- e.- Más de 3 m.

C4.3.2 B En el interior de la glorieta.

- a.- Entre 1 y 1,5 m.
- b.- Entre 1,51 y 2 m.
- c.- Entre 2,01 y 2,5 m.
- d.- Entre 2,51 y 3 m.
- e.- Más de 3 m.

Variable Específica C4.3.3 Existencia de paso de ciclistas señalizado.

- a.- Existe.
- b.- No existe.

Variable Específica C4.3.4 Distancia del paso de ciclistas señalizado a la calzada anular.

- a.- Menos de 2 m.
- b.- Entre 2,01 metros y 3 m.
- c.- Entre 3,01 y 4 m.
- d.- Entre 4,01 y 5 m.
- e.- Entre 5,01 y 6 m.
- f.- Más de 6 m.

Variable Específica C4.3.5 Anchura del paso de ciclistas señalizado a la calzada anular

- a.- Menos de 1 metro.
- b.- Entre 1,01 y 1,5 m.
- c.- Entre 1,51 y 2 m.
- d.- Entre 2 y 2,5 m.
- e.- Más de 2,5 m.

■ Variable Genérica C4.4 Interacción con transportes colectivos.

En el año 2002 se produjo una actuación de la Inspección de trabajo de Barcelona sobre el estudio de paradas de bus en las líneas de transporte público colectivo de viajeros en la red vial del Baix Llobregat. Los agentes sociales de representación trabajadora denunciaron a la inspección²⁵ el riesgo para los conductores del bus y también para los pasajeros de ubicar paradas y provocar detenciones de vehículos en plena glorieta. Tras la inspección minuciosa de todas las paradas se requirió a los Municipios afectados el cambio de ubicación de las mismas fuera de las glorietas, lo que se cumplió a plena satisfacción.

Variable Específica C4.4.1 Existencia de paradas de bus antes o después de la glorieta.

- a.- No existe ninguna parada ni antes ni después de la glorieta.
- b.- Existe parada antes de la entrada de la glorieta.
- c.- Existe parada después de la glorieta.
- d.- Existe parada antes y después de la glorieta.

Variable Específica C4.4.2 Distancia de la parada antes de la glorieta al paso de peatones.

- a.- Menos de 10 m.
- b.- Entre 10,01 y 15 m.
- c.- Entre 15,01 y 20 m.
- d.- Más de 20 m.

²⁵ Inspector actuante Pedragosa, JL. Inspección de trabajo de Barcelona Sindicato denunciante C.C.O.O.

Variable Especifica C4.4.3 Distancia de la parada después de la glorieta al paso de peatones.

- a.- Menos de 10 m.
- b.- Entre 10,01 y 15 m.
- c.- Entre 15,01 y 20 m.
- d.- Más de 20 m.

Variable Especifica C4.4.4 Existencia de refugio de bus situado fuera de la calzada de la glorieta.

- a.- No existe refugio ni en las paradas de antes ni en las paradas de después de la glorieta.
- b.- Existe refugio en las paradas de antes de la glorieta.
- c.- Existe refugio en las paradas de después de la glorieta.
- d.- Existe refugio en las paradas de antes y después de la glorieta.

Variable Especifica C4.4.5 Existencia de parada de bus situada en calzada exclusiva.

- a.- No existe calzada exclusiva ni en las paradas de antes ni en las paradas de después de la glorieta.
- b.- Existe calzada exclusiva en las paradas de antes de la glorieta.
- c.- Existe calzada exclusiva en las paradas de después de la glorieta.
- d.- Existe calzada exclusiva en las paradas de antes y después de la glorieta.

Variable Especifica C4.4.6 Existencia de carril bus o VAO en las vías de acceso a la glorieta.

- a.- No existe.
- b.- Si existe.

Variable Especifica C4.4.7 Distancia del final del carril bus a la calzada anular.

- a.- Menos de 10 m.
- b.- Entre 10,01 y 15 m.
- c.- Entre 15,01 y 20 m.
- d.- Más de 20 m.

CAPITULO C5. SEÑALIZACIÓN

Montella, A. (2011) concluye, en su estudio²⁶ sobre 15 glorietas urbanas en Italia, que las marcas viales fueron factores que contribuyeron en el 51,8% de los accidentes que se produjeron. La señalización fue un factor decisivo en el 39,1% de los accidentes. No obstante en la mayoría de los casos se han identificado una combinación de factores, en el 53,6% intervinieron más de 5 factores simultáneos siendo sólo un 20% los accidentes producidos a causa de un solo factor.

La combinación de parámetros simultáneos que intervienen en la producción del accidente subraya el carácter holístico del problema.

Ole Thorson Jorgensen, en la Minor Thesis²⁷ que dirigió en 2006, estudió la problemática que supone el hecho de que en una glorieta confluyan carreteras con diferente límite de velocidad al ser una de rango inferior a la otra. Concluyó que cuando un conductor accede a la glorieta por una vía rápida y sale por una más lenta, la tendencia del conductor es recuperar la velocidad que llevaba en la vía principal. Esta conducta se puede deber a que la señalización previa a la glorieta, da la misma importancia a ambas carreteras por lo que se refiere a tamaño, color y disposición de las letras. El conductor por tanto no discrimina ningún cambio en la tipología de la vía.

■ Variable Genérica C5.1 Señalización vertical.

Variable específica C5.1.1 Existencia de señal R-203 "giro a la derecha prohibido" antes de las entradas a las glorietas correspondientes a accesos unidireccionales."

- a.- Existe.
- b.- No existe.



Variable Específica C5.1.2 Existencia de señal R-402 "Intersección de sentido giratorio obligatorio" frente a cada entrada de la glorieta.

- a.- Existe.
- b.- No existe.



²⁶ Montella, A. *Identifying crash contributory factors at urban roundabouts and using association rules to explore their relationships to different crash types*. Accident analysis and prevention. 43(2011)1451-1463.

²⁷ Guillén, A; Thorson, O. *Auditorías de Seguridad Vial. Problema de velocidad: Transiciones y accesos a Rotondas*. Minor Thesis. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori. 2009.

Variable Específica C5.1.3 Existencia de señal R-1 "Ceda el paso" en cada entrada justo antes de la calzada anular o una a cada lado de la calzada si la entrada tiene dos o más carriles.

- a.- Existe.
- b.- No existe.



Variable Específica C5.1.4 Existencia de señal R-401a "paso obligatorio" al final de cada isleta deflectora o separadora.

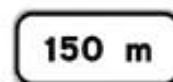
Ítems:

- a.- Existe.
- b.- No existe.



Variable Específica C5.1.4 Existencia panel S-800 "ceder el paso a Xm" acompañando a la señal R-1.

- a.- Existe.
- b.- No existe.



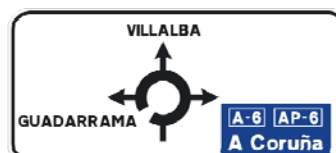
Variable Específica C5.1.5 Existencia de señal P4 "Intersección con circulación giratoria" en las aproximaciones a la glorieta.

- a.- Existe.
- b.- No existe.



Variable Específica C5.1.6 Existencia de señal de orientación S-200 en las aproximaciones a la glorieta.

- a.- Existe.
- b.- No existe.



Variable Especifica C5.1.7 Existencia de señal R-301 "Velocidad máxima" en las aproximaciones a la glorieta.

- a.- Existe.
- b.- No existe.



Variable Especifica C5.1.8 Existencia de señal R-305 "Adelantamiento prohibido" en las entradas a la glorieta de carreteras bidireccionales de dos carriles, a cada lado de la calzada.

- a.- Existe.
- b.- No existe.



Variable Especifica C5.1.9 Existencia de señal S-13 "Situación de paso de peatones" en el caso de que exista un paso de peatones en una glorieta fuera de poblado.

- a.- No existe paso de peatones.
- b.- Existe paso de peatones sin señal S-13.
- c.- Existe paso de peatones con señal S-13.



Variable Especifica C5.1.10 Existencia de señal P-20 "Peligro por la proximidad de un paso de peatones" en al caso de que exista un paso de peatones en una glorieta fuera de poblado.

- a.- No existe paso de peatones.
- b.- Existe paso de peatones sin señal P-20.
- c.- Existe paso de peatones con señal P-20.



Variable Especifica C5.1.11 Existencia de señal P-22 "Peligro por la proximidad de un paso de ciclistas" en al caso de que exista un paso de ciclistas en una glorieta fuera de poblado.

- a.- No existe paso de ciclistas.
- b.- Existe paso de ciclistas sin señal P-20.
- c.- Existe paso de ciclistas con señal P-20.



Variable Específica C5.1.12 Existencia de señal de dirección final (S-300, S-301, S-310, S-321 o S-322) situado en la isleta deflectora o separadora o inmediatamente después de cada salida.

- a.- Existe.
- b.- No existe.



■ Variable Genérica C5.2 Marcas viales.

Variable específica C5.2.1 líneas continuas de límite de la calzada anular.

- a.- Existen.
- b.- No existen.

Variable Específica C5.2.2 Líneas de separación de carriles en la calzada anular.

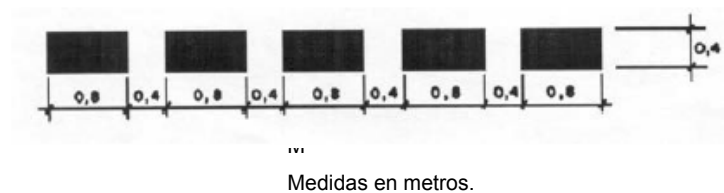
- a.- Existen.
- b.- No existen.

Variable Específica C5.2.3 Líneas continuas delimitadoras de los laterales de la calzada de las patas de entradas y salidas de la glorieta.

- a.- Existen.
- b.- No existen.

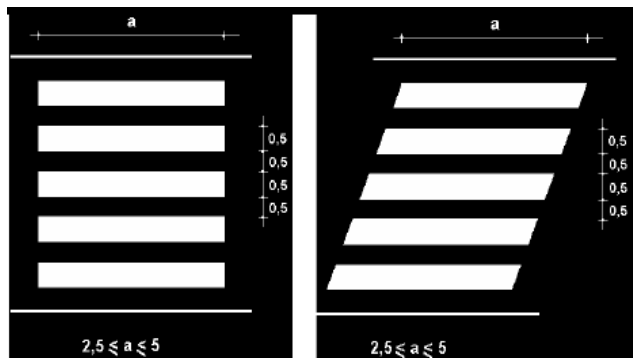
Variable Específica C5.2.4 Marcas transversales de ceder el paso M-4.2 en las entradas de la glorieta.

- a.- Existen.
- b.- No existen.



Variable Especifica C5.2.5 Marcas transversales M-4.3 de paso de peatones.

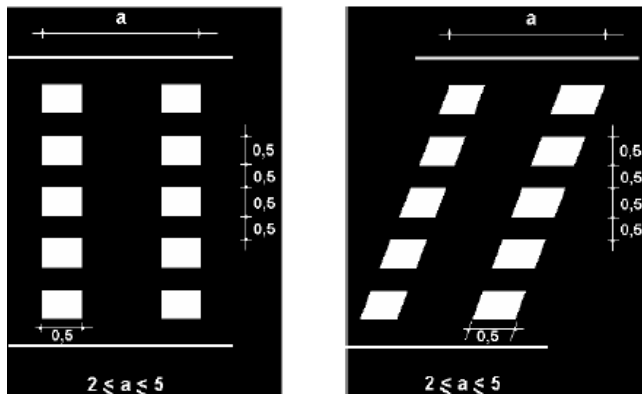
- a.- Existen.
- b.- No existen.



Medidas en metros.

Variable Especifica C5.2.6 Marcas transversales M-4.4 de paso de ciclistas.

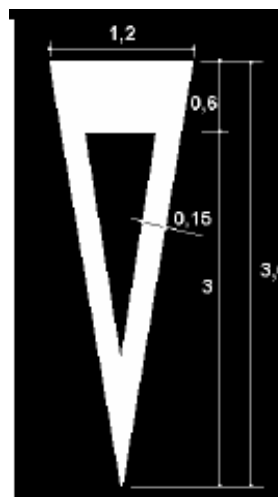
- a.- Existen.
- b.- No existen.



Medidas en metros.

Variable Especifica C5.2.7 Marcas M-6.5 de ceder el paso en las entradas de la glorieta antes de la marca M.4.4.

- a.- Existen.
- b.- No existen.



Medidas en metros.

CAPITULO C6: PAVIMENTO

Montella, A (2011) en su estudio²⁸ sobre accidentes en glorietas en entornos urbanos, concluyó que en el 35% de los accidentes el pavimento fue un factor decisivo. El motivo más común fue una inadecuada resistencia al deslizamiento en los accidentes en los que se observó una pérdida de control del vehículo o una frenada tardía.

■ Variable Genérica C.6.1.- Tipo de pavimento.

- ☒ a.- Flexible.
- ☒ b.- Rígido.
- ☒ c.- Adoquinado.
- ☒ d.- Otros.

■ Variable Genérica C.6.2.- Deterioros del pavimento.

- ☒ a.- No existen deterioros. Pavimento en buen estado.
- ☒ b.- Si existen deterioros. Pavimento en mal estado.
- ☒ c.- Si existen deterioros. Pavimento en muy mal estado.

■ Variable Genérica C.6.2.1.- Deterioros del pavimento flexible por desprendimientos.

- ☒ a.- Pérdida de agregados.
- ☒ b.- Pérdida de la capa de rodadura.
- ☒ c.- Pérdida de la base.

■ Variable específica C6.2.2 Deterioros del pavimento flexible por alisamientos.

- ☒ a.- Exudación del ligante.
- ☒ b.- Desgaste de áridos.

■ Variable específica C6.2.3 Deterioros del pavimento flexible por exposición de agregados.

- ☒ a.- No existen.
- ☒ b.- Existen.

■ Variable específica C6.2.4 Deterioros del pavimento flexible por deformaciones.

- ☒ a.- Roderas.
- ☒ b.- Canalizaciones.
- ☒ c.- Baches profundos.
- ☒ d.- Ondulaciones.

²⁸ Montella, A. *Identifying crash contributory factors at urban roundabouts and using association rules to explore their relationships to different crash types*. Accident analysis and prevention. 43(2011)1451-1463.

■ **Variable específica C6.2.5 Deterioros del pavimento flexible por agrietamientos.**

- a.- Grietas longitudinales.
- b.- Grietas transversales.
- c.- Fisuras.
- d.- Fisuras en retícula.
- e.- Piel de cocodrilo.

■ **Variable específica C6.2.6 Deterioros del pavimento flexible por defectos constructivos (Instalaciones bajo el pavimento).**

- a.- Grietas longitudinales.
- b.- Grietas transversales.
- c.- Hundimientos localizados.

■ **Variable específica C6.2.7 Deterioros del pavimento rígido por deterioros en las juntas.**

- a.- Deficiencias de sellado.
- b.- Juntas saltadas
- c.- Separación de la junta longitudinal.

■ **Variable específica C6.2.8 Deterioros del pavimento rígido por agrietamientos.**

- a.- Grietas longitudinales.
- b.- Grietas transversales.
- c.- Grietas de esquina.

■ **Variable específica C6.2.9 Deterioros del pavimento rígido por deterioros superficiales.**

- a.- Fisuramiento por retracción (tipo de malla).
- b.- Desintegración.
- c.- Baches.
- d.- Agrietamiento por durabilidad.

■ **Variable específica C6.2.10 Otros deterioros del pavimento rígido.**

- a.- Escalonamientos de juntas.
- b.- Levantamientos localizados.
- c.- Descenso de la berma.
- d.- Separación entre berma y pavimento.
- e.- Parches deteriorados.
- f.- Surgencia de finos.
- g.- Texturas inadecuadas.
- h.- Fractura múltiple.

4.4.- VALIDACIÓN VARIABLES INICIALES BLOQUE D. VARIABLES DEFINITIVAS

BLOQUE D:

VARIABLES: PREVENTIVAS: LA SEGURIDAD

CAPITULO D1. DATOS DE ACCIDENTALIDAD

En las variables iniciales, la información del cuestionario resultaba sumamente limitada para profundizar en el conocimiento de las causas de la accidentalidad en una glorieta. Los indicadores del IDES, sumamente válidos para estudios territoriales, precisan de ser ampliados o detallados cuando se trata de analizar la causalidad preferente en una intersección. Por ello cada punto de las variables iniciales abre varias preguntas ampliatorias en las variables definitivas.

Por ese motivo las variables genéricas iniciales:

D.1.1 Frecuencia de accidentes con víctimas.

D.1.2 Mortalidad de tráfico.

cambian de nombre y se amplían en dos más, en un marco más amplio que valore la accidentalidad en: antes-después de la glorieta, accidentalidad del último año, accidentalidad de los últimos tres años y detalle de una investigación de accidente individual.

Las variables genéricas definitivas son:

D1.1 Comparativa de accidentes antes y después de construir la glorieta.

D1.2 Macro investigación histórica de la glorieta.

D1.3 Siniestralidad último año completo.

D1.4 Investigación del accidente individual.

En las variables definitivas y a partir del análisis de la accidentalidad a un año, la metodología utilizada sigue las pautas establecidas en los anuarios estadísticos de la Dirección General de Tráfico²⁹ y del Servei Català de Trànsit³⁰, con lo que se dispone de los elementos de comparación ya tabulados y protocolizados.

²⁹ Anuario estadístico general 2013. Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.

³⁰ *Anuari Estadístic d'accidents a Catalunya 2013*. Servei Català de Trànsit. Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya.

Los datos de siniestralidad antes y después de la construcción de la glorieta aportan una información sobre accidentalidad que ha de ser considerada para la evaluación de su efectividad.

El estudio empírico de Bhagwant N. Persaud³¹ (2001) realizado en Estados Unidos sobre accidentes antes y después de la conversión de 23 intersecciones no semaforizadas en glorietas, cifra en un 40% la reducción global de accidentes y en un 80% la reducción de accidentes con víctimas.

G. Jacquemart, en su estudio sobre modernas glorietas en Estados Unidos³², presenta los resultados de diferentes estudios internacionales realizados para comprobar los resultados de accidentalidad antes-después de la conversión de intersecciones en T o en X en glorietas:

- En 1992 fue realizado en los Países Bajos un estudio de 181 glorietas, que anteriormente eran controladas por una señal de STOP o semáforo. La conclusión fue que en 1 año hubo un promedio de reducción de un 51% de accidentes y de un 41% de accidentes con heridos.
- El estudio parecido con 73 glorietas fue realizado en 1981 en Australia, la conclusión fue una reducción de un 74% de heridos (o fallecidos), y de un 32% de reducción de daños materiales.
- En 1996 fué realizado en Alemania un estudio de 34 glorietas modernas. El número de víctimas mortales y heridos graves se redujo de 18 a 2. El número de accidentes con graves daños materiales se redujo de 24 a 3.
- Cerca de 83 glorietas en Francia fueron estudiadas en 1986. La transformación de intersección a glorieta produjo importantes beneficios de seguridad. Aunque los accidentes mortales bajaron un 88%, las lesiones bajaron aproximadamente un 78%. Otro estudio de 522 glorietas, en 1988, demostró que en el 90% de ellos no había accidentes con lesiones.
- En Suiza, dos glorietas construidas en 1977 y 1980 fueron estudiadas durante 4-8 años después de haber sido transformadas de intersección a glorietas. Reducción de 75% en el total de accidentes y de 90% de accidentes con lesiones.

³¹ Persaud, B.N.; et al. *Safety Effect of Roundabout Conversions in the United States. Empirical Bayes Observational Before-After Study*. Transportation Research Record, v1751 n1 (20010101): 1-8.

³² Jacquemart, G. *Modern Roundabout Practice in the United States: Synthesis of Highway Practice 264*. Washington, DC, USA. 1998.

En la investigación llevada a cabo por Nambisan, S; Parimi, V³³ en un análisis comparativo de evaluación de la seguridad entre glorietas e intersecciones tradicionales, concluyen también que la reducción de accidentes y su gravedad es importante, pero sin embargo apuntan un dato remarcable: en glorietas grandes “major intersections”, por las que circulan más de 20.000 vehículos diarios de promedio anual, el número de accidentes fue mayor que en una intersección regulada por semáforos, si bien la gravedad de los mismos fue menor.

■ **Variable genérica D.1.1 Comparativa de accidentes antes y después de construir la glorietta.**

El estudio sobre la accidentalidad en carreteras a raíz de la construcción de glorietas en Flandes³⁴ (2005) muestra el impacto en función de los años transcurridos tras su implementación teniendo en cuenta los períodos de 1, 3 o 6 años después, y concluye que los resultados de la reducción de accidentes son fiables a partir del tercer año.

Variable específica D.1.1.1 Accidentes con víctimas en tres años completos antes del inicio de las obras y después del final de las obras de construcción de la glorietta.

- a.- Se mantienen.
- b.- Han aumentado.
- c.- Han disminuido.
- d.- No hay datos.

Variable específica D.1.1.2 Víctimas (heridos y muertos) en tres años completos antes del inicio de las obras y después del final de las obras de construcción de la glorietta.

- a.- Se mantienen.
- b.- Han aumentado.
- c.- Han disminuido.
- d.- No hay datos.

³³ Nambisan, S; Parimi, V. *A Comparative Evaluation of the Safety Performance of Roundabouts and Traditional Intersection Controls*. ITE journal. 77, no. 3, (2007): 18. [Washington, D.C., etc.] Institute of Transportation Engineers.

³⁴ De Brabander, B.; Nuyts, E.; Vereeck, L. *Road safety effects of roundabouts in Flanders*. Journal of Safety Research 36 (2005). Pag 289-296.

Variable específica D.1.1.3 Móviles y vehículos que han aumentado su frecuencia de accidentalidad en los tres años siguientes a la inauguración de la glorieta.

- a.- Peatones.
- b.- Bicicletas.
- c.- Ciclomotores.
- d.- Motocicletas.
- e.- Turismos.
- f.- Camiones.
- g.- Buses.
- h.- Tractores y otros.

Variable específica D.1.1.4 Tipos de accidentes que han aumentado su frecuencia en los tres años siguientes a la inauguración de la glorieta.

- a.- Colisión frontal.
- b.- Embestida.
- c.- Raspado.
- d.- Alcance.
- e.- Vuelco.
- f.- Salida de vía.
- g.- Arrollamiento bicicleta o ciclomotor.
- h.- Atropello.

■ Variable genérica D.1.2 Macro investigación histórica de la glorieta.

Variable específica D.1.2.1 Tendencia de frecuencia de accidentes con víctimas en los últimos tres años en la glorieta.

- a.- Variable.
- b.- Se mantienen.
- c.- Ascenden.
- d.- Descienden.

Variable específica D.1.2.2 Tendencia de evolución de víctimas en los últimos tres años en la glorieta.

- a.- Variable.
- b.- Se mantienen.
- c.- Ascenden.
- d.- Descienden.

Variable específica D.1.2.3 Móviles y vehículos cuya implicación en los accidentes en la glorieta ha aumentado en los últimos tres años.

- a.- Peatones.
- b.- Bicicletas.
- c.- Ciclomotores.
- d.- Motocicletas.
- e.- Turismos.
- f.- Camiones.
- g.- Buses.
- h.- Tractores y otros.

Variable específica D.1.2.4 Tipos de accidentes que han aumentado de frecuencia en la glorieta en los últimos tres años.

- a.- Colisión frontal.
- b.- Embestida.
- c.- Raspado.
- d.- Alcance.
- e.- Vuelco.
- f.- Salida de vía.
- g.- Arrollamiento bicicleta o ciclomotor.
- h.- Atropello.

■ Variable genérica D.1.3.- Siniestralidad último año completo.

Variable específica D.1.3.1 Factor concurrente principal mayoritario en el último año.

- a.- Vía y entorno.
- b.- Vehículo.
- c.- Persona.
- d.- Otros factores.

Variable específica D.1.3.2 Factores concurrentes combinados más frecuentes en el último año.

- a.- Un sólo factor.
- b.- Dos factores.
- c.- Tres o más factores.

Variable específica D.1.3.3 Tipo de accidente de mayor frecuencia en el último año.

- a.- Colisión entre vehículos.
- b.- Colisión con obstáculos en la vía.
- c.- Salidas de la vía.
- d.- Vuelco en la vía.
- e.- Colisión contra elementos fijos de la vía.
- f.- Colisión contra elementos fuera de la vía.
- g.- Atropello.
- h.- Rotación, vuelco o incendio.

Variable específica D.1.3.4 Comparativa de accidentes en la glorieta con la media de accidentes en glorietas en Cataluña y España.

- a.- Inferior a la media de España.
- b.- Superior a la media de España.
- c.- Similar a la media de España.
- d.- Inferior a la media de Catalunya.
- e.- Superior a la media de Catalunya.
- f.- Similar a la media de Catalunya.

Variable específica D.1.3.5 Sexo de los accidentados en la glorieta el último año.

- a.- Mayoría de hombres.
- b.- Mayoría de mujeres.

Staplin³⁵, L. et al. (2001) informó que entre el 48% y el 55% de los accidentes mortales que involucraron a un conductor de 80 años o más ocurrieron en las intersecciones, más del doble que el porcentaje en conductores de 50 años o menos. La tolerancia física de un individuo a las fuerzas de impacto en un accidente se reduce significativamente a partir de los 40 años. En el estudio de Lord³⁶, D. (2007) et al. se exponen las estrategias para reducir la gravedad y el número de los accidentes en glorietas a partir de unas buenas prácticas de diseño.

³⁵ Staplin, L., Loco, K., Byington, S., Harkey, D., 2001. *Highway design handbook for older drivers and pedestrians*. Publication No. FHWA-RD-01-103. Federal Highway Administration, Washington, D.C.

³⁶ Lord, D. et al. *A strategy to reduce older driver injuries at intersections using more accommodating roundabout design practices*. *Accident Analysis and Prevention* 39 (2007) 427–432

Variable específica D.1.3.6 Edad mayoritaria de los accidentados en la glorieta en el último año.

- a.- Niños y adolescentes (0-14).
- b.- Noveles (15-24).
- c.- jóvenes (25-39).
- d.- Adultos (40-59).
- e.- Mayores (60 o más).

Variable específica D.1.3.7 Lesividad de los accidentados en la glorieta en el último año.

- a.- Sólo accidentes sin heridos.
- b.- Sólo lesionados leves.
- c.- Lesionados graves.
- d.- Muertos.

Variable específica D.1.3.8 Antigüedad del permiso de conducir mayoritario de los accidentados en el último año.

- a.- Sin permiso.
- b.- Un año.
- c.- 2-3 años.
- d.- 4-7 años.
- e.- 8-10 años.
- f.- Más de 10 años.

Variable específica D.1.3.9 Maniobras mayoritarias de los conductores implicados en el accidente en el último año.

- a.- Aproximándose a la glorieta.
- b.- Incorporándose a la glorieta.
- c.- Saliendo de la glorieta.
- d.- Circulando por la glorieta.
- e.- Parado en la glorieta.
- f.- Otras.

Variable específica D.1.3.10 Aspectos de velocidad mayoritarios como causa del accidente en el último año.

- a.- Sin causa.
- b.- Velocidad inadecuada por las condiciones existentes.
- c.- Rebasar límite máximo.
- d.- Excesivamente lento o detenido.

Variable específica D.1.3.11 Resultados de pruebas toxicológicas mayoritarias positivas en las víctimas en el último año.

- a.- Alcohol.
- b.- Drogas.
- c.- Medicamentos.

Variable específica D.1.3.12 No uso mayoritario de los dispositivos de seguridad de las víctimas en la glorieta en el último año (Casos de no protección).

- a.- Usuarios de dos ruedas sin casco.
- b.- Menores sin sillita.
- c.- Adultos sin cinturón de seguridad.

■ **Variable genérica D.1.4.- Investigación del accidente individual.**

Las variables definitivas intentan atender todos los aspectos importantes de la toma de datos para referencia del investigador, de manera que el cuestionario pueda servir de hoja de trabajo para no olvidar u omitir aspectos relevantes que siempre deben tenerse en consideración. La amplitud de aspectos y la correlación entre variables hace recomendable proponer unos anexos que permitan visualizar los aspectos tratados, no solamente de manera más clara sino en concordancia con las tablas convencionales utilizadas por los organismos competentes o responsables.

El CERTU, *Centre d'Etudes sur les réseaux, les transports et les constructions publiques* en Francia ha realizado un estudio estadístico sobre accidentes en glorietas entre los años 1993 y 2005 que recoge información exhaustiva de las variables necesarias para el posterior estudio estadístico.

Por ejemplo se recogen datos detallados referentes al momento del accidente, a los usuarios, a la tipología de accidentes y al número de víctimas.

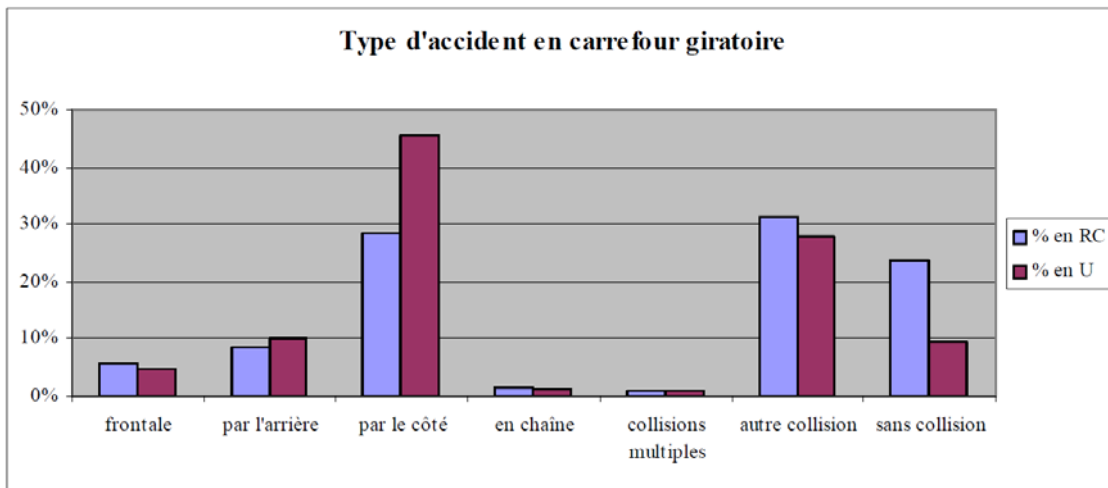


Fig.4.23. Tipología de accidente con víctimas en glorietas urbanas e interurbanas en Francia entre 1993 y 2005. Certu.³⁷

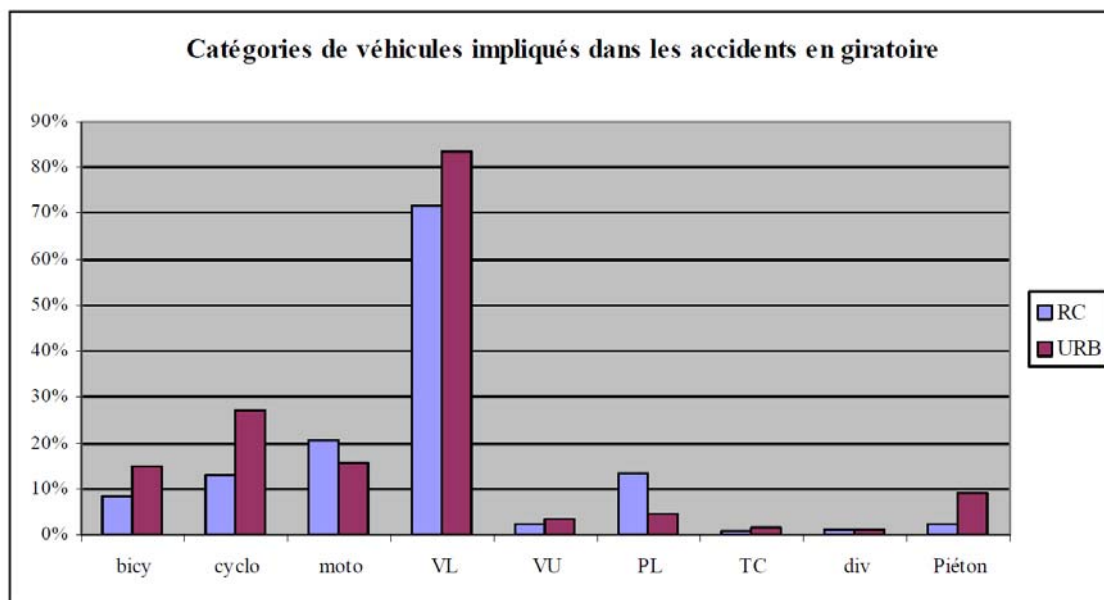


Fig. 4.24. Categoría de vehículos implicados en accidentes con víctimas en glorietas urbanas e interurbanas en Francia entre 1993 y 2005. Certu³⁸

³⁷ Guichet, B.; Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. *Les accidents dans les carrefours giratoires urbains. Étude statistique de 1993 à 2005*. CERTU. 2009.

³⁸ Id.

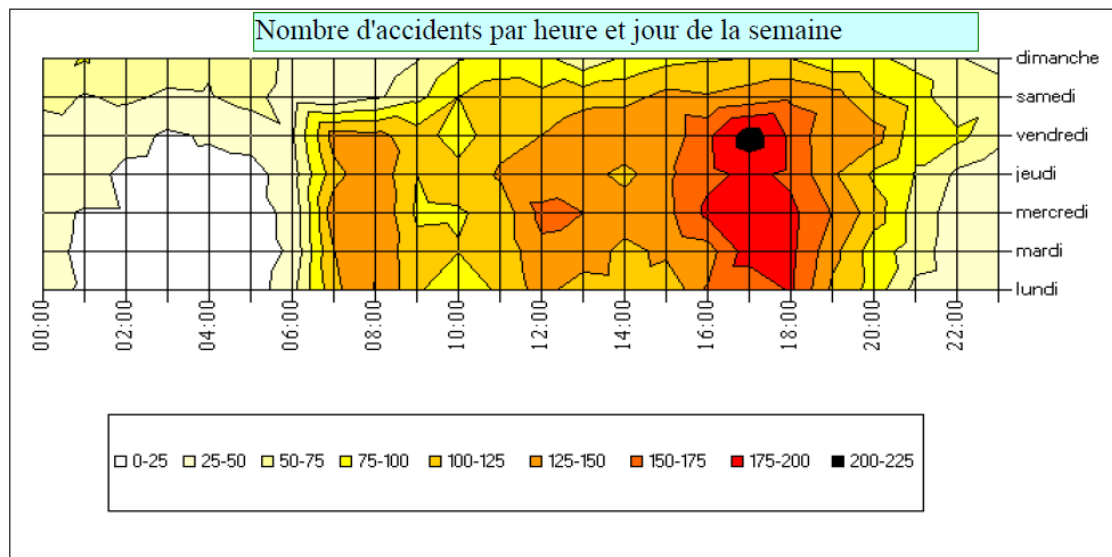


Fig. 4.25. Número de accidentes con víctimas por hora y día de la semana en glorietas urbanas en Francia entre 1993 y 2005. Certu³⁹

Variable específica D.1.4.1 Identificación del accidente.

D.1.4.1.A Municipio.

- a.- Se conoce.
- b.- Se desconoce.

D.1.4.1.B Ámbito.

- a.- Interurbano.
- b.- Periurbano.
- c.- Urbano.
- d.- Residencial.
- e.- Industrial.
- f.- Travesía.
- g.- Variante.

D.1.4.1 C Tipo de vía.

- a.- Calzadas separadas.
- b.- Plataforma única de varios carriles.
- c.- Dos carriles de circulación, uno para cada sentido.
- d.- Sentido único.

³⁹ Guichet, B.; Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. *Les accidents dans les carrefours giratoires urbains. Étude statistique de 1993 à 2005.* CERTU. 2009.

D.1.4.1 D Ubicación exacta.

- a.- Se conoce.
- b.- Se desconoce.

D.1.4.1 E Referencias y actuantes del accidente.

- a.- Policía.
- b.- Bomberos.
- c.- Sanitarios.
- d.- Juzgado.

D.1.4.1 F Momento del accidente.

- a.- Se tiene información.
- b.- No se tiene información.

Variable específica D.1.4.2 Toma de datos en el lugar del accidente.

- a.- El día de los hechos.
- b.- Tiempo después.
- c.- No se han tomado.

Variable específica D.1.4.3 Diligencias policiales.

- a.- Existen.
- b.- No existen.

Variable específica D.1.4.4 Tipología del accidente.

D.1.4.4.A Datos básicos.

- a.- Suficientes.
- b.- Insuficientes.

D.1.4.4.B Configuración.

- a.- Maniobra simple.
- b.- Maniobra compleja.

Variable específica D.1.4.5 Factores ambientales y del entorno.

D1.4.5.A Pavimento.

- a.- Rígido (hormigón concreto).
- b.- Flexible (aglomerado asfáltico).
- c.- Macadán.
- d.- Ladrillo o adoquines.
- e.- Piedra.
- f.- Grava.
- g.- Tierra.
- h.- Metal.
- i.- Otros.

D1.4.5.B Condiciones calzada.

- a.- Normal.
- b.- Superficie agrietada.
- c.- Agujeros o baches.
- d.- Ondulaciones o protuberancias.
- e.- Reparaciones en asfalto.
- f.- Bordes no acondicionados.
- g.- Railes.
- h.- Otros.

D1.4.5.C Materiales en el firme.

- a.- Agua.
- b.- Aceite o derivados del petróleo.
- c.- Arena, tierra.
- d.- Grava.
- e.- Barro.
- f.- Nieve.
- g.- Hielo.
- h.- Vehículos aparcados.
- i.- Carga caída de otro vehículo.

D1.4.5.D Obstáculos al borde de la vía.

- a.- Ninguno.
- b.- Edificios o estructuras.
- c.- Zanja o depresión profunda.
- d.- Árboles o arbustos.
- e.- Postes de alumbrado.
- f.- Vallas.
- g.- Terraplenes o taludes.
- h.- Vehículos aparcados.
- i.- Bionda, barrera, new jersey.
- j.- Acera.
- k.- otros.

D1.4.5.E Ordenaciones especiales.

- a.- Ninguna.
- b.- Segregación del propio tráfico hacia un acceso.
- c.- Carril Bus.
- d.- Parada de Bus a Taxi.
- e.- Carril bici.
- f.- Zona peatonal o acera.
- g.- Otros.

D1.4.5.F Limitación de la visibilidad.

- a.- Ninguna limitación.
- b.- Polvo.
- c.- Humo.
- d.- Polución o contaminación.
- e.- Niebla.
- f.- Lluvia.
- g.- Deslumbramiento por el sol.
- h.- Parabrisas sucio.
- i.- Retrovisores mal colocados.
- j.- Estructura de la propia glorieta.
- k.- Otros.

D1.4.5.G Distancia de visibilidad.

- a.- Más de 100 m.
- b.- Entre 50 y 100 m.
- c.- Entre 25 y 50 m.
- d.- Entre 10 y 25 m.
- e.- Menos de 10 m.

D1.4.5.H Acción de peatón en su caso.

- a.- En paso de cebra.
- b.- Cruzando la vía descuidadamente.
- c.- Saltando desde la acera.
- d.- Pasajero entrando o saliendo de automóvil.
- e.- Pasajero entrando o saliendo de transporte público.
- f.- Entorno de centro escolar.
- g.- Entorno de transporte escolar.
- h.- Otros.

D1.4.5.I Condiciones meteorológicas.

- a.- Claro.
- b.- Nublado o parcialmente nublado.
- c.- Muy nublado.
- d.- Llovizna.
- e.- Lluvia moderada.
- f.- Chubasco.
- g.- Aguanieve.
- h.- Nieve.
- i.- Granizo.
- j.- Otros.

D1.4.5.J Viento (Intensidad).

- a.- Calma .
- b.- Suave.
- c.- Moderado.
- d.- Intenso.
- e.- Suave a ráfagas.
- f.- Variable o racheado.
- g.- Otros.

D1.4.5.K Viento (Dirección).

- a.- Sin viento.
- b.- Viento cruzado desde la izquierda.
- c.- Viento de frente.
- d.- Viento cruzado desde la derecha.
- e.- Viento por detrás.
- f.- Otros.

Variable específica D.1.4.6 Factores mecánicos.

D1.4.6.A Número de vehículo/s implicado/s.

- a.- Uno.
- b.- Dos.
- c.- Tres.
- d.- Más de tres.

D1.4.6.B Identificación de vehículo/s.

- a.- Todos identificados.
- b.- Alguno no identificado.

D1.4.6.C Tipo de vehículo/s accidentado/s.

- a.- Dos ruedas.
- b.- Turismo.
- c.- Pesado.

D1.4.6.D Nacionalidad de la/s matrícula/s.

- a.- Todos españoles.
- b.- Algún vehículo extranjero.

D1.4.6.E Estado previo del vehículo/s.

- a.- Todos correctos.
- b.- Alguno con deficiencias.

D1.4.6.F Dispositivos de seguridad activa.

- a.- Todos correctos.
- b.- Alguno con deficiencias.

D1.4.6.G Dispositivos de seguridad pasiva.

- a.- Todos los mínimos reglamentarios.
- b.- Alguno con deficiencias.

D1.4.6.H Incendio.

- a.- Si.
- b.- No.

D1.4.6.I Daños en los vehículos.

- a.- Si.
- b.- No.

Variable específica D.1.4.7 Vehículos: Factores dinámicos.

D1.4.7.A Trayectorias relativas.

- a.- Determinadas.
- b.- Indeterminadas.

D1.4.7.B Punto de referencia, coordenadas y cotas.

- a.- Existen.
- b.- No existen.

D1.4.7.C Fases del accidente.

- a.- Delimitadas.
- b.- Sin delimitar.

D1.4.7.D Movimientos previos.

- a.- Conocidos.
- b.- Desconocidos.

D1.4.7.E Maniobras de evitación.

- a.- Existen.
- b.- No existen.

D1.4.7.F Trayectorias de evasión.

- a.- Existen.
- b.- No existen.

D1.4.7.G Huellas y vestigios.

- a.- Existen.
- b.- No existen.

D1.4.7.H Cálculo de velocidades.

- a.- Factible.
- b.- No factible.

Variable específica D.1.4.8 Factor humano: Información general.

D1.4.8.A Identificación personas implicadas.

- a.- Todas identificadas.
- b.- Algunas no identificadas.

D1.4.8.B Ocupantes.

- a.- Todos identificados.
- b.- Algunos no identificados

D1.4.8.C Infracciones administrativas.

- a.- Existen.
- b.- No existen.

D1.4.8.D Infracciones de los conductores.

- a.- Existen.
- b.- No existen.

D1.4.8.E Infracciones de velocidad.

- a.- Existen.
- b.- No existen.

D1.4.8.F Control de alcoholemia.

- a.- Realizados.
- b.- No realizados.

Variable específica D.1.4.9 Víctimas y lesiones.

D1.4.9.A Información sobre víctimas.

- a.- Fuente sanitaria.
- b.- Fuente no sanitaria.

D1.4.9.B Información sobre lesiones.

- a.- Suficiente.
- b.- Insuficiente.

D1.4.9.C Atropello de peatones.

- a.- Datos suficientes.
- b.- Datos insuficientes.

Variable específica D.1.4.10 Aspectos laborales.

D1.4.10.A Vehículos utilizados y datos laborales de sus ocupantes.

- a.- Existen.
- b.- No existen.

CAPÍTULO D2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Las consecuencias de la velocidad en los tramos de aproximación a una intersección en vías interurbanas, han sido estudiadas por Isebrands, H.⁴⁰, Hallmark, S. y Hawkins, N. (2014). Se trata de un estudio comparativo entre las velocidades de aproximación en intersecciones reguladas con Stop y glorietas, con y sin medidas de reducción de velocidad en la calzada, evidenciando que la velocidad de aproximación de los conductores a las glorietas se reduce respecto a la velocidad de aproximación a las intersecciones. Esta diferencia se ve aumentada cuando se sitúan bandas transversales de reducción de velocidad.

Concluye que la implantación de glorietas cambia la actitud de los conductores al acercarse a la intersección, debido a como estos perciben las distintas geometrías de los dos tipos de intersección.

■ Variable genérica D.2.1.- Medidas de moderación en la calzada de la glorieta o los ramales de acceso.

Variable específica D2.1.1 Quiebro en curva para provocar la disminución de velocidad y la entrada tangencial.

- a.- No hay quiebro ni curva tangencial en la boca del acceso.
- b.- Hay quiebro o curva en la boca de la glorieta.

Variable específica D2.1.2 Existencia de retranqueos, zig-zag en los accesos a la anilla.

- a.- No hay chicanes moderadoras.
- b.- Hay una chicane.

Variable específica D2.1.3 Existencia de reductores de velocidad o bandas transversales de alerta.

- a.- No existen ni en la calzada anular ni en los ramales de aproximación.
- b.- Existen en la calzada anular pero no en los ramales.
- c.- Existen en los ramales pero no en la calzada anular.
- d.- Existen en la calzada anular y en los ramales.

⁴⁰ Isebrands, H., Hallmark, S., Hawkins, N. *Effects of Approach Speed at Rural, High-Speed Intersections. Roundabouts Versus Two-Way-Stop Control*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. Volume 2402. 2014.

- **Variable genérica D2.2 Estrategias de compatibilidad entre usuarios. (Ver variables C4.2, C4.3 y C4.4)**

Variable específica D2.2.1 Estrategias de compatibilidad y seguridad con los peatones.

- ☒ a.- No existe acceso alguno en la glorieta para peatones.
- ☒ b.- Existe acera perimetral para peatones con itinerario protegido.
- ☒ c.- Existen pasos de peatones en el interior del anillo e isleta central.
- ☒ d.- Existen pasos de peatones por las bocas de los accesos.
- ☒ e.- Existen pasos para peatones a distinto nivel.

Variable específica D2.2.2 Estrategias de compatibilidad y seguridad con los ciclistas.

- ☒ a.- Está autorizada la circulación de ciclistas por la anilla.
- ☒ b.- Existe carril o zona reservada para ciclistas, segregada del tráfico del interior de la glorieta.
- ☒ c.- Existe carril reservado para ciclistas en la propia calzada de la glorieta.

Variable específica D2.2.3 Paradas de líneas de transporte de viajeros.

- ☒ a.- No hay paradas de bus en el área de influencia de la glorieta.
- ☒ b.- Hay parada de bus en el área de influencia de la glorieta.

- **Variable genérica D2.3 Otras medidas de prevención y protección.**

La "Roundabouts: An Informational Guide"⁴¹ (2010) recoge las ventajas y desventajas de iluminar el perímetro o la parte central de la glorieta, destacando la importancia de iluminar zonas colindantes a cada lado de la calzada.

⁴¹ Rodegerdts, L.; Robinson, B.; National Research Council (U.S.). *Transportation Research Board.; National Cooperative Highway Research Program.; United States. Federal Highway Administration. Roundabouts: an informational guide.* Second edition. Washington, DC : Transportation Research Board, 2010.

Exhibit 8-4
Summary of Advantages and Disadvantages of Perimeter and Central Illumination

Illumination Type	Advantages	Disadvantages
Perimeter illumination	<ul style="list-style-type: none"> • Illumination can be strongest around critical bicycle and pedestrian areas. • Continuity of poles and luminaires is maintained for the illumination of the lanes, as well as good visual guidance on the circulatory roadway. • Approach signs typically appear in positive contrast and thus are clearly visible. • Maintenance of luminaires is easier due to curbside location. 	<ul style="list-style-type: none"> • Illumination is weakest in central island, which may limit visibility of roundabout from a distance. • More poles are required to achieve the same illumination level. • Poles may need to be located in critical conflict areas to achieve illumination levels and uniformity.
Central illumination	<ul style="list-style-type: none"> • Perception of the roundabout is assisted at a distance by illuminating the central island. • Fewer poles are required to achieve the same illumination. • Pole in central island is clear of critical conflict areas for all but the smallest of roundabouts. • Exit guide signs on the periphery appear in positive contrast (front lit) and thus are clearly visible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cannot achieve adequate vertical lighting levels without additional approach lighting. • Illumination is weakest in critical pedestrian and bicycle areas. • Signs on the approach are in negative contrast (back lit). • A path is needed to the base of the central pole for maintenance. • There is a greater risk of glare. • The central pole affects central island landscaping plan. • High mast lighting may be inappropriate in urban areas, especially residential areas.

Source: Adapted from Kansas Roundabout Guide (9)

Exhibit 8-5
Photometric Illustration of Central and Perimeter Illumination Design

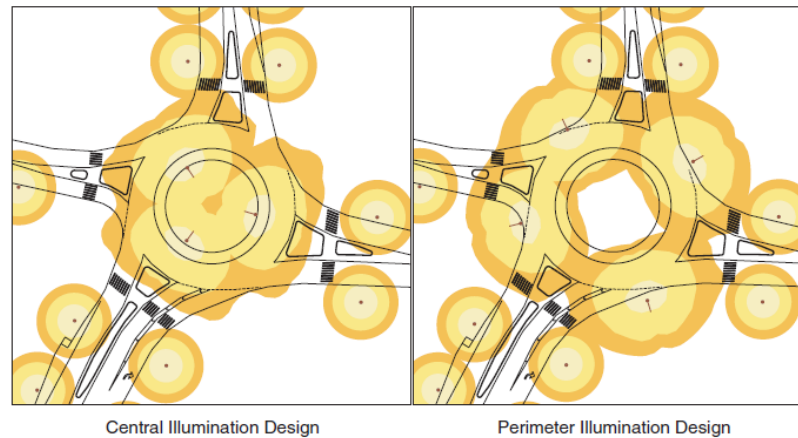


Fig.26. Tabla comparativa de las ventajas e inconvenientes de la iluminación de la parte central y perímetro de la glorieta.⁴²

Variable específica D2.3.1 Iluminación artificial de la glorieta.

- ☒ a.- No existe iluminación artificial.
- ☒ b.- Existe iluminación artificial.

⁴² Rodegerdts, L.; Robinson, B.; National Research Council (U.S.). *Transportation Research Board.; National Cooperative Highway Research Program.; United States. Federal Highway Administration. Roundabouts: an informational guide.* Second edition. Washington, DC : Transportation Research Board, 2010.

Variable específica D2.3.2 Situación de báculos o columnas.

- ☒ a.- Báculos o columnas situados en el perímetro exterior de la calzada anular conformando una circunferencia. Indicar su número.
- ☒ b.- Báculos o columnas situados en el islote central.
- ☒ d.- Báculos o columnas en el perímetro y en el islote central. Indicar su número.
- ☒ d.- Báculos o columnas en los islotes deflectores. Indicar su número.

Variable específica D2.3.3 Grado de iluminación.

- ☒ a.- El grado de iluminación es inferior al de la vía que accede a ella.
- ☒ b.- El grado de iluminación es igual al de la vía que accede a ella.
- ☒ c.- El grado de iluminación es superior al de la vía que accede a ella.

Variable específica D2.3.4 Iluminación artificial de las vías que acceden a la glorieta.

- ☒ a.- Ninguna está iluminada.
- ☒ b.- Todas están iluminadas.
- ☒ c.- Algunas están iluminadas.

Variable específica D2.3.5 Existencia de otros sistemas de iluminación auxiliar.

- ☒ a.- No existen.
- ☒ b.- Si existen.(citar)

Variable específica D2.3.6 Drenaje.

El 28 de noviembre de 2000, ocurrió un accidente en el acceso a la glorieta situada en la calle Larrea de Baracaldo, en la carretera local BI-3739 a la altura del punto kilométrico 7,850 con el resultado de un herido grave. Un coche parado en el acceso a la glorieta por el ramal ya especificado, fue alcanzado por detrás por otro coche que no pudo detenerse a tiempo.

Destaca el perito reconstructor del accidente⁴³ en sus conclusiones, que el pavimento es de aglomerado asfáltico en buen estado de conservación y rodadura, pero que existe un manantial natural que fluye agua permanentemente del talud de la montaña allí existente y que mantiene el pavimento mojado, exactamente en el punto de detención donde existe el Ceda el paso sobre el que se produjeron los hechos.

⁴³ Reges Investigación y reconstrucción de accidentes. Ref.04/007 Bis.

- ❑ a.- No hay sistema de evacuación de aguas pluviales.
- ❑ b.- Solo hay sistema de esorrentía superficial: peralte y cunetas.
- ❑ c.- Hay drenaje, sumideros e imbornales.

Variable específica D2.3.7 Elementos de protección.

- ❑ a.- No existen vallas o sistemas de protección para salidas de la vía.
- ❑ b.- Existen vallas, biondas o new jerseys en algunos puntos del perímetro.
- ❑ c.- Existen vallas, biondas o new jerseys en todo el perímetro de la glorieta.

Variable específica D2.3.8 Visibilidad. (Ver variables C2.6 C3.1.6)

- ❑ a.- Las visuales entre los conductores son diáfanos y completas.
- ❑ b.- Algunos ramales de acceso no permiten la visual de todos los demás accesos.
- ❑ c.- La estructura y el entorno no permiten la alineación de ninguna visual.

■ **Variable genérica D2.4 Medidas específicas de seguridad laboral vial.**

Es indiscutible que los vehículos se han convertido en una herramienta imprescindible en el entorno laboral.

A pesar de sus evidentes ventajas, el número de accidentes producidos en la jornada laboral, inciden de gran manera en el total de la siniestralidad en carretera comportando además un importante coste económico, social y humano.

El 10% de los accidentes laborales que se produjeron en Cataluña en el período 2007-2011, fueron accidentes de tráfico.

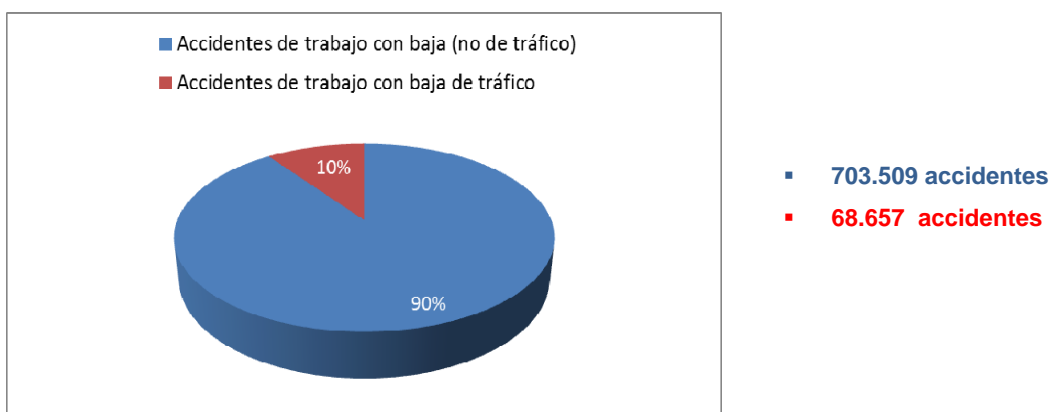


Fig. 4.27. Total accidentes laborales⁴⁴ en el periodo 2007-2011 en Cataluña.

⁴⁴ Rodà, E; Roche, M; Puy, V. La seguretat en la conducció durant la jornada laboral. Generalitat de Catalunya. 2012.

El 42% de los accidentes laborales mortales en el mismo período fueron accidentes de tráfico.

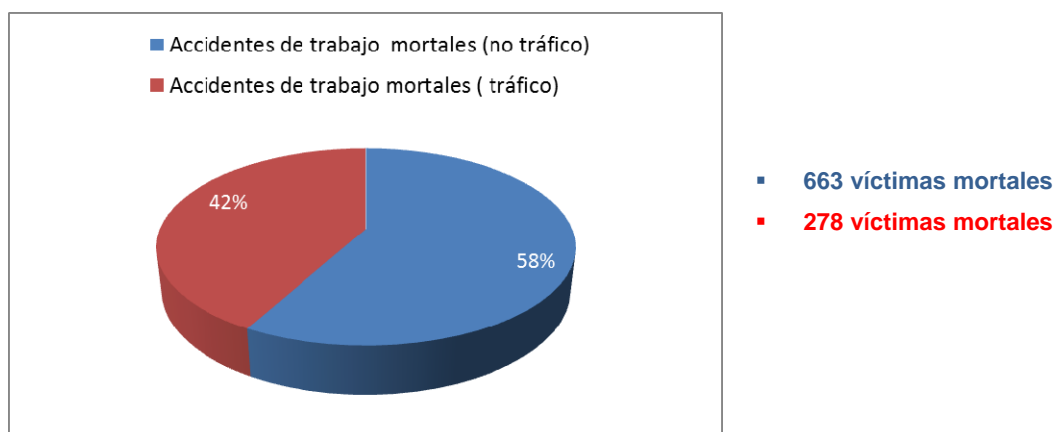


Fig. 4.28. Accidentes laborales⁴⁵ mortales en el periodo 2007-2011 en Cataluña.

Analizando un poco más los datos, veremos que de los accidentes laborales de tráfico mortales en este periodo que causaron 278 muertos, el 36%, 101 muertos, se produjo durante la jornada laboral es decir en misión, mientras que el 64%, 177 muertos, se produjo in itinere.

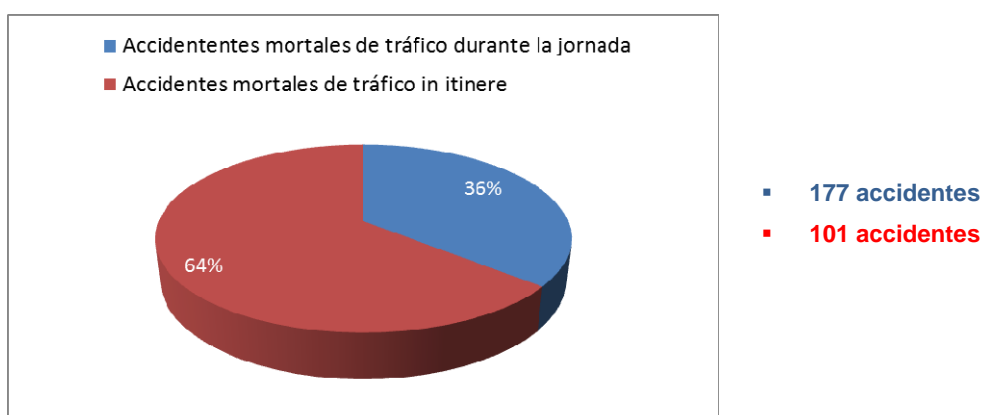


Fig. 4.29. Accidentes laborales⁴⁶ de tráfico mortales en el periodo 2007-2011 en Cataluña. Misión – Itinere.

Las empresas, como estamentos implicados en la sociedad no pueden ser ajenas a estos acontecimientos y, por lo tanto, deben dedicar esfuerzos en promover la seguridad vial y colaborar en mejorar la movilidad vial de sus trabajadores.

Se deben catalizar conductas para reducir la siniestralidad laboral sobre accidentes de tráfico “in itinere” y en misión, que son los que se asocian directamente con la movilidad vial de las personas.⁴⁷

⁴⁵ Rodà, E; Roche, M;Puy, V. La seguretat en la conducció durant la jornada laboral. Generalitat de Catalunya. 2012.

⁴⁶ Rodà, E; Roche, M;Puy, V. La seguretat en la conducció durant la jornada laboral. Generalitat de Catalunya. 2012.

La Carta⁴⁸ europea de la seguridad vial es una plataforma participativa europea integrada por empresas, asociaciones, centros de investigación y autoridades públicas que se han comprometido a llevar a término acciones concretas y a compartir sus buenas prácticas para resolver los problemas de seguridad vial de sus entornos cotidianos.

El objetivo de la carta es ayudar a reducir el número de accidentes mortales. La carta ya cuenta con más de 2300 firmantes.



Según Pedragosa, J.L. (2006) los accidentes “in itinere” o “en trayecto” son, en muchos países, considerados como accidentes laborales y suponen del orden de una cuarta parte de los accidentes laborales mortales. La empresa puede y debe aplicar actuaciones preventivas entre su plantilla de personal para advertirles de estos riesgos.

Son los accidentes laborales durante la jornada de trabajo efectiva ocurridos en el centro de trabajo vía pública y equipo de trabajo-vehículo, sobre los que la empresa y las Autoridades Laborales pueden y han de incidir en sus planes de evaluación de riesgos laborales, e incluirlos en las tareas de los servicios de prevención u organizaciones específicas obligatorias de seguridad laboral para establecer medidas de prevención LABORAL-VIAL.

Los Planes de Movilidad se plantean así como un instrumento de utilización práctica en las empresas abordándose tres aspectos:

- Seguridad: Los accidentes de tráfico son una de las principales causas de la mortalidad laboral.
- Medioambiente: Las principales modalidades de transporte son muy contaminantes y las exigencias ecológicas van en aumento en Administraciones y Sindicatos.
- Economía: Existe un acoplamiento entre el crecimiento y la demanda del transporte cuya multimodalidad requiere grandes inversiones que eternizan el transporte por carretera.

⁴⁷ Del pla de mobilitat a la ISO 39001. Experiència pràctica a Tugsal. Bones pràctiques en Mobilitat i seguretat viària. Girona. Març. 2014.

⁴⁸ Idem.

⁴⁹ Pedragosa, J.L. *Administraciones públicas y seguridad vial*. La Mutua. Revista técnica de salud laboral y prevención. n°13. Madrid. 2006.

Empresarios y trabajadores deben de asumir sus respectivas responsabilidades en materia de seguridad laboral, poniendo en práctica las oportunas estrategias de participación abierta y paritaria como contemplan los más avanzados textos legales. La existencia de representación trabajadora activa en este campo, mediante la creación de delegados de prevención en empresas de hasta 50 trabajadores y del Comité de Seguridad y Salud en las de más de 50 son los instrumentos de conexión necesaria para detectar los riesgos, valorarlos y proponer medidas preventivas para paliarlos. Esta praxis, bastante extendida en los centros de trabajo convencionales, tiene dificultades en las empresas de transportes precisamente porque la conducción no da continuidad a la presencia física de los trabajadores en la empresa. Se trata de una línea a implementar superando las dificultades que las peculiaridades del transporte presentan.

Y concluye diciendo que el sistema de prevención de riesgos laborales implementado en todas las organizaciones debería integrar plenamente los riesgos laborales de tráfico y los derivados de la movilidad de personas y materiales, -sin descuidar los desplazamientos al trabajo- que deben ser evaluados, y controlados a través de su Planificación preventiva, integrando a la misma el Plan de Seguridad Vial y el de Movilidad. Las empresas tienen por tanto claras responsabilidades en el tema: legales, sociales, ambientales y económicas. Los profesionales de la prevención especializados en esta materia pueden y deben dar una respuesta efectiva a tales responsabilidades.

El responsable del Departamento de movilidad de Comisiones Obreras en Cataluña Manel Ferri puso énfasis, en el VI Congrés Internacional sobre Politiques Europees de Trànsit⁵⁰, en la importancia de aplicar planes de movilidad laborales contando con el soporte de la administración como intermediaria, insistió en la necesidad de incentivar políticas fiscales favorables y de crear un observatorio de movilidad laboral donde se centralicen y analicen todos los datos relacionados con la accidentalidad del tráfico laboral.

En los últimos años la activa implicación del Centre de Recerca per la Innovació de les Empreses (CERPIE) de la UPC y la creación de un grupo de trabajo multidisciplinar sobre Seguridad Laboral Vial del Colegio de Ingenieros Industriales de Cataluña (COEIC), con representación de expertos de Instituciones públicas y privadas, agentes sociales, centros de formación, profesionales de la prevención y responsables de prevención de empresas implicadas en los riesgos de movilidad de sus trabajadores,

⁵⁰ VI Congrés internacional sobre polítiques europees de trànsit. Plans estratègics de seguretat viària. Barcelona. Mayo 2014.

está consiguiendo la concienciación de todos los estamentos implicados y la redacción de Guías e Instrucciones Técnicas.

Se han creado a nivel estatal dos grupos de trabajo: el de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud Laboral con representación de los agentes sociales y de las Comunidades Autónomas, que entre sus trabajos aporta periódicamente un análisis específico de la siniestralidad laboral viaria y sus causas; y el GT-68 del Consejo Superior de Tráfico, también con una amplia participación de instituciones públicas y privadas. Existe también un acuerdo de cooperación entre el Mº de Empleo y Seguridad Social y el Mº de Interior, a través de sus respectivos órganos: el INSHT y la DGT, del que han surgido proyectos como la Guía metodológica del Plan tipo de seguridad vial en la empresa.

El Servei Català de Trànsit, SCT del Departament d'Interior de la Generalitat de Catalunya ha creado un grupo de trabajo sobre seguridad laboral viaria para avanzar en este campo, del que forma parte una representación del Grupo de Trabajo del Col·legi d'Enginyers de Catalunya sobre esta materia, redactor de esta Guía. Una de las primeras acciones emprendidas por tal grupo liderado por el SCT es el apoyo a la formación en las empresas.

Desde los órganos públicos competentes en materia de trabajo ha prevalecido la sólida línea normativa de prevención de riesgos laborales iniciada con la Ley 30/95 y desplegada profusamente a través de Reales Decretos, Órdenes reglamentarias y Guías Técnicas en todos los ámbitos del mundo laboral pero con una limitada atención a la línea laboral viaria. Probablemente la única excepción ha sido el R.D. 404/2010 que por primera vez ha incluido los Planes de Movilidad de las empresas como uno de los factores a considerar para la bonificación en las cuotas de cotización de la seguridad social. El Departament d'Empresa i Ocupació de la Generalitat de Catalunya i el Servei Català de Transít han elaborado los textos: *"Manual per la identificació i avaluació de riscos laborals en la conducció en el transport per carretera"* (2009) y *"Seguretat en la conducció durant la jornada laboral"* (2012). Las Mutuas colaboradoras con la Seg. Social han realizado por su parte acciones en este campo, la más notoria ha sido la elaboración de Manuales o Guías sobre esta materia para sus empresas asociadas, prestando el apoyo pertinente en su aplicación. La Dirección General de la Inspección de Trabajo y SS central elaboró el año 2011 la *"Guía de actuación sobre Seguridad Laboral Viaria"* para su cuerpo técnico, si bien aun no se han desarrollado campañas específicas sobre esta materia desde tal organismo de control para estimular el proceso preventivo.

La Estrategia de movilidad sostenible española en su apartado 6.1.18 Planes de movilidad para empresas y polígonos industriales o empresariales hace referencia a que las empresas de más de 400 trabajadores han de elaborar planes de movilidad en el trabajo. A su vez, la Ley de Calidad de aire española lo obliga a partir del mismo tamaño. Por su parte, la Llei de Mobilitat del Parlament de Catalunya aplicada por los órganos correspondientes del Departament de Territori i Sostenibilitat ha marcado una pauta reglamentaria fundamental para ordenar el movimiento y transporte de personas, incluidas en el Plan director de movilidad del área metropolitana de Barcelona. Se trata del Acuerdo GOV/127/2014, de 23 de septiembre, por el cual se aprueba el Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire a las zonas de protección especial del ambiente atmosférico. El ámbito de aplicación de este Plan de actuación está constituido por los municipios declarados zonas de protección especial del ambiente atmosférico por el Decreto 226/2006, de 23 de mayo, y por el Acuerdo *GOV/82/2012, de 31 de julio. Entre las medidas propuestas está la redacción de planes de movilidad sostenible o PDE a partir de 500 trabajadores.

Es por tanto perceptivo en esta investigación, la inclusión de un capítulo referente a medidas específicas de seguridad laboral vial con sus correspondientes variables y la elaboración de un producto final en forma de encuesta laboral-vial que podría ser una herramienta imprescindible para llevar a cabo un plan de movilidad de las empresas.

Variable específica D2.4.1 Datos sobre la empresa para la que trabaja el accidentado.

D.2.4.1.A Sector al que pertenece.

- a.- Del transporte.
- b.- Otros sectores.

D.2.4.1.B Plantilla de trabajadores.

- a.- Menos de 50.
- b.- 50 o más.

D.2.4.1.C ¿Tienen los trabajadores riesgos laborales viales?

- a.- Sí.
- b.- No.

D.2.4.1.D Tipo de riesgos laborales viales detectados.

- a.- In itinere.
- b.- In labore.
- c.- En misión.
- d.- In itinere – In labore.
- e.- In itinere – In misión.
- f.- In labore – In misión.
- g.- In itinere - In labore – In mission.

D.2.4.1.E Tiene la empresa un plan de movilidad para sus trabajadores?

- a.- Si.
- b.- No.

D.2.4.1.F Sistema de gestión de prevención de riesgos laborales de la empresa.

- a.- El propio empresario.
- b.- Trabajador designado.
- c.- Servicio de prevención propio.
- d.- Servicio de prevención ajeno.
- e.- Servicio de prevención mancomunado.
- f.- Sociedad de prevención de Mutua de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

D.2.4.1.G ¿Ha evaluado la empresa los riesgos laborales viales?

- a.- Si.
- b.- No.

D.2.4.1.H ¿Hay medidas laborales viales en el plan de prevención?

- a.- Si.
- b.- No.

Variable específica D2.4.2 Datos sobre el trabajador.

D.2.4.2.A Régimen de cotización a la seguridad social.

- a.- Por cuenta ajena.
- b.- Autónomo.
- c.- Régimen especial.

D.2.4.2.B Tipo de contrato de trabajo.

- a.- Indefinido.
- b.- De duración determinada.

D.2.4.2.C Turno de trabajo.

- a.- Variable.
- b.- De mañana.
- c.- De tarde.
- d.- De noche.

D.2.4.2.D ¿Utiliza vehículo propio para ir al trabajo?

- a.- Si.
- b.- No.

D.2.4.2.E ¿Ha tenido accidentes de tráfico yendo o volviendo del domicilio al trabajo?

- a.- Si.
- b.- No.

D.2.4.2.F ¿Conduce vehículos en jornada laboral?

- a.- Si.
- b.- No.

D.2.4.2.G ¿Ha tenido accidentes de tráfico en jornada laboral?

- a.- Si.
- b.- No.

D.2.4.2.H ¿Hace desplazamientos laborales de más de un día de duración?

- a.- Si.
- b.- No.

D.2.4.2.I ¿Ha tenido accidentes de tráfico en misión?

- a.- Si.
- b.- No.

En el capítulo 4 de validación de las variables iniciales se han desestimado algunas de ellas, a la vez que se han incorporado algunas variables nuevas, dando lugar a la relación definitiva, que se adjunta en el Anexo 1.

La distribución final por bloques y capítulos ha sido:

Bloque A.- Variables generales	Capítulo A1.- Antecedentes Capítulo A2.- Aspectos básicos Capítulo A3.- Entorno ■
Bloque B.- Variables dinámicas El tráfico	Capítulo B1.- Tráfico circulante Capítulo B2.- Fluidez en las glorietas ■
Bloque C.- Variables estáticas Geometría y señalización	Capítulo C1.- Plataforma anular Capítulo C2.- Entradas y salidas Capítulo C3.- Isletas Capítulo C4.- Delimitación otros usos Capítulo C5.- Señalización Capítulo C6.- Pavimento ■
Bloque D.- Variables preventivas La seguridad	Capítulo D1.- Datos de accidentalidad Capítulo D2.- Medidas de prevención y protección ■

De entre estas variables definitivas se escogerán las más necesarias o más ajustadas para incorporarlas a cada uno de los protocolos de las diferentes especialidades científicas, con el objetivo de poder contribuir a una mejora de la seguridad viaria.

Este listado final está abierto para la posible incorporación de nuevas variables de manera que en futuros estudios, analizada su aplicación en los diferentes protocolos, podría pasar a ser de nuevo una relación de variables iniciales retroalimentando así el sistema.

A partir de las variables del capítulo D1 (datos de accidentalidad) del Bloque D, se han elaborado unas tablas (anexo 2), con varias entradas, que facilitan la recogida de información de forma más clara que mediante una recogida independiente de variables específicas y de ítems, por tratarse de variables interdependientes en la mayoría de casos.

Estas tablas, a su vez, proponemos incorporarlas a los protocolos de las especialidades científicas, como recoge el capítulo 6.

No obstante, hay que subrayar que las especialidades precisan de niveles de datos diferentes. En algunos casos requieren de datos pormenorizados tomados exclusivamente para ser usados en una herramienta de seguridad, y en otros solo se requieren datos estadísticos generales.

Los listados que se proporcionan en esta investigación abarcan la casuística general de variables necesarias en las herramientas de evaluación de seguridad, por lo tanto habrá que seleccionar del listado las variables específicas que se precisen.

6.- PRODUCTOS PARA EL DESARROLLO DE LAS ESPECIALIDADES CIENTÍFICAS.

6.- PRODUCTOS PARA EL DESARROLLO DE LAS ESPECIALIDADES CIENTÍFICAS.

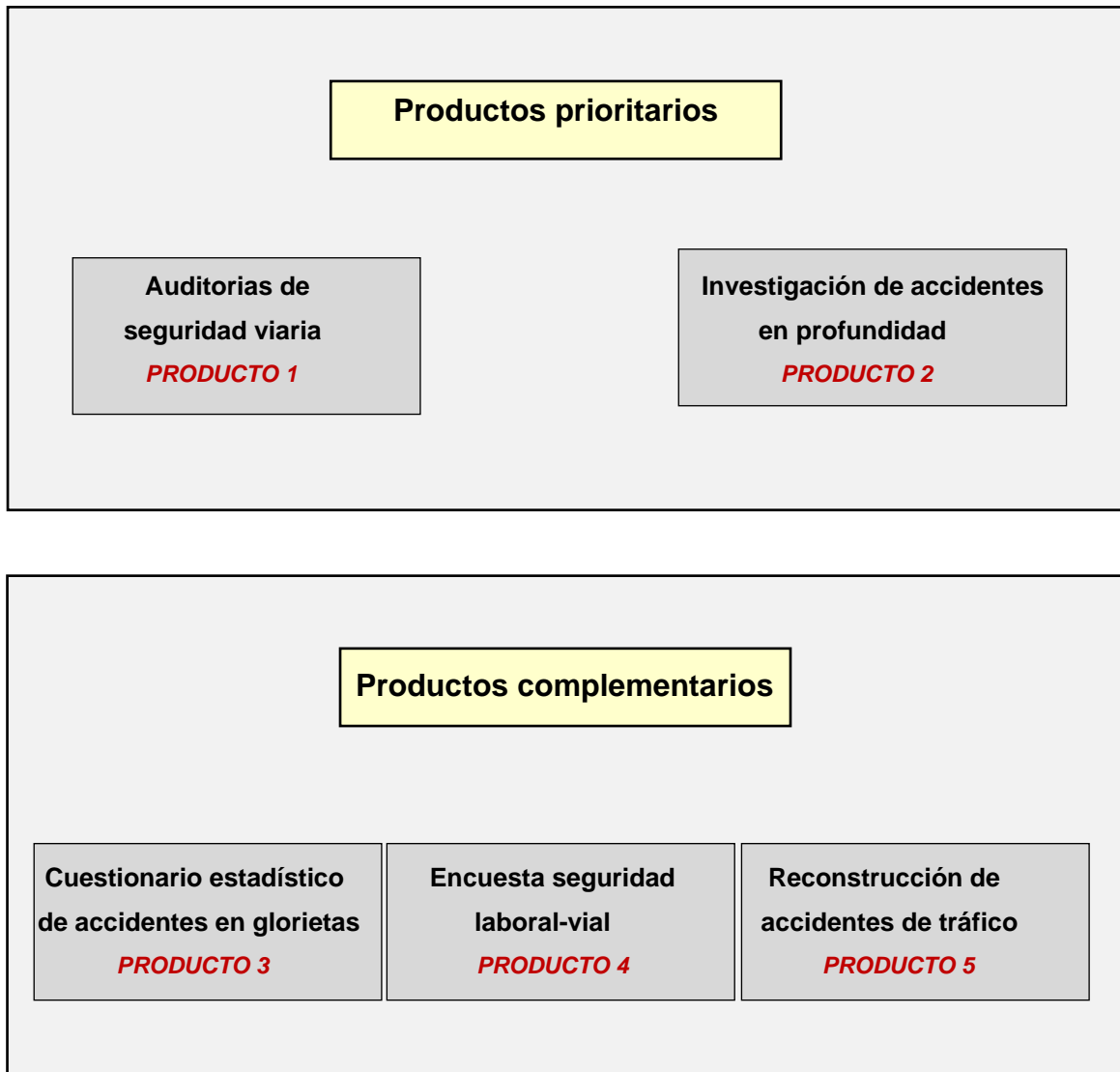


Fig. 6.1 Esquema productos prioritarios y complementarios. Elaboración propia.

6.1.- Productos prioritarios

6.1.1.- Auditorias de seguridad viaria

PRODUCTO 1

El Real Decreto 345/2011 de 11 de marzo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado, publicado en el Boletín Oficial del Estado de Sábado 12 de marzo de 2011 Sec. I Pàg.27756, define una Auditoria de seguridad viaria como: "Comprobación independiente, pormenorizada, sistemática y técnica de la seguridad de las características de diseño de un proyecto de infraestructuras viarias, aplicada a las diferentes fases que van desde el anteproyecto a la explotación en su fase inicial".

La llevará a cabo un equipo de auditoria debidamente acreditado, y el objetivo final es identificar los potenciales problemas que pudieran afectar a la seguridad, a fin de que se adopten las medidas que resulten viables para eliminar o paliar dichos problemas.

Las auditorias de seguridad viaria formaran parte integrante de los procesos de proyecto y construcción de una carretera nueva y de modificación sustancial de una carretera ya existente en las fases de:

- Anteproyecto y Proyecto de trazado
- Proyecto de construcción
- Fase previa a la puesta en servicio
- Fase inicial en servicio

Define el citado Real Decreto los aspectos que se deben revisar en cada una de las 4 fases.

- Fase de Anteproyecto y Proyecto de trazado
 - Alcance del estudio.
 - Velocidad de proyecto.
 - Tipo y grado de accesibilidad.
 - Sección transversal tipo.
 - Elección de las alternativas de trazado.
 - Nudos previstos (número y movimientos permitidos).
 - Zonas de descanso y servicios.
 - Posibles problemas de seguridad de todos los tipos de usuarios.
 - Condiciones meteorológicas y las características naturales del lugar.

- Permeabilidad transversal de la carretera.
 - Iluminación.
 - Dispositivos de cerramiento y escape de fauna.
 - Impactos en la red viaria existente y la integración en ella del tramo en estudio.
- Fase de proyecto de construcción
 - Función de la carretera.
 - Secciones transversales.
 - Trazado.
 - Diseño de los nudos.
 - Disposición general del sistema de drenaje.
 - Características superficiales del firme.
 - Señalización.
 - Balizamiento.
 - Tratamiento de las márgenes de la carretera.
 - Sistemas de contención de vehículos.
 - Iluminación.
 - Restantes elementos de equipamiento de la carretera.
 - Accesos a la carretera.
 - Estructuras.
 - Túneles en aquellos aspectos en los que no sean de aplicación la Directiva 2004/54/CE y el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo.
 - Tramos urbanos y travesías de poblaciones.
 - Seguridad, en su caso, de los peatones, ciclistas, motociclistas y del transporte público.
 - Impactos en la seguridad de la circulación en la red viaria existente.
 - Medidas de ordenación temporal del tráfico durante la obra.
 - Medidas para la explotación segura.
 - Fase previa a la puesta en servicio
 - Adecuación y legibilidad de la señalización vertical y horizontal y del balizamiento.
 - Adecuación del estado del firme y del sistema de drenaje.
 - Condiciones de seguridad de las márgenes.
 - Adecuación de la disposición de los sistemas de contención.
 - Adecuación de las distancias de visibilidad.
 - Adecuación de las transiciones entre secciones de distintas características.

- Adecuación de las disposiciones de seguridad para todos los usuarios de la carretera.
- Adecuación de los accesos a las instalaciones previstas para las tareas de conservación y explotación de la carretera.
- Fase inicial en servicio
- Evaluación de la seguridad a la luz del comportamiento real de los usuarios.

Como hemos expuesto, el Real Decreto 345/2011 de 11 de Marzo sobre gestión de la seguridad de las Infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado, fija unos parámetros genéricos sobre las auditorías de seguridad viaria en España, pero su desarrollo deberá ser implementado mediante instrucciones técnicas, lo que significa que actualmente los auditores no tienen a su disposición protocolos de análisis de los factores de riesgo en las glorietas.

Las Auditorías exigen, por tanto, un minucioso y riguroso conocimiento y control de las variables productoras de riesgo y no se tiene conocimiento que en el caso de las glorietas se hayan establecido protocolos de evaluación de tales factores para proponer las medidas correctoras oportunas.

Se trata de conseguir pues un marco idóneo de definición de las variables y factores intervinientes en la producción de un accidente de tráfico para su posible consideración por parte de los auditores de seguridad vial al hacer valoraciones sobre la seguridad/inseguridad en los tramos con glorieta.

El producto que presentamos en este campo es una relación de factores y parámetros que pueden llegar a constituir una matriz para los trabajos de auditorías en glorietas.

En el supuesto de realizar una auditoría viaria sobre una glorieta en la fase de anteproyecto y proyecto del trazado, fase de construcción y fase previa a la puesta en servicio, proponemos utilizar prioritariamente las variables correspondientes a los bloques A y C así como las del bloque B para su predimensionado y las del bloque D que sea oportuno considerar. (Anexo1).

En el caso de pretender realizar una auditoría viaria sobre una glorieta en la fase inicial en servicio, proponemos utilizar preferentemente las variables correspondientes a los bloques A, B y C. (Anexo1)

En el caso de pretender realizar una auditoría sobre una glorieta en la que se hayan introducido medidas correctoras, tras una inspección y evaluación de riesgos, proponemos utilizar variables del bloque D (Anexo 1) para el cálculo de predicciones. En función de las características y objetivos de cada auditoría, los contenidos de cada uno de los bloques se adaptaran por el auditor a las necesidades reales eliminando aquellas variables que no se ajusten a dichos objetivos.

Como ya se expuso en el punto 2.4 de este estudio, las técnicas de investigación en profundidad parecen ser las más adecuadas para conocer los factores preferentes que determinan la producción de accidentes. Se decía también que no se ha encontrado constancia de ningún estudio en profundidad donde existiera una relación de preguntas o cuestiones con sus correspondientes ítems de respuesta sobre intersecciones en general ni sobre glorietas en particular, más allá del apéndice F: Roundabouts desing checklist¹ del Desing manual for roads and bridges británico.

La Investigación In Depth o en profundidad consiste en conseguir mucha información previamente definida de una muestra predeterminada de accidentes que sucedan a partir de una fecha. No cabe duda que una colecta de información y su correspondiente investigación en el lugar del accidente son la mejor fórmula de conocimiento de lo ocurrido. De ahí que la creación de equipos que asisten al lugar dentro de las 24 horas siguientes a la producción de los hechos (y dentro de los 30 minutos siguientes si se consigue el aviso) sea la manera de actuar que utilizan ahora mismo los investigadores Europeos.

Pretendemos presentar a los investigadores de accidentes de tráfico la posibilidad de profundizar en sus estudios sobre la seguridad/inseguridad de las glorietas con una metodología extrapolable a otros estudios, y que permita abordar sucesivamente investigaciones in depth sobre intersecciones y glorietas con suficiente amplitud y rigor científico.

Para ello el producto resultante es un cuestionario de preguntas in depth para los estudios en profundidad de los accidentes de tráfico en las glorietas, teniendo en consideración la metodología de la OCDE del proyecto Maids, que abarcaría la totalidad de las variables de los tres primeros bloques A, B, y C conjuntamente con las tablas desarrolladas a partir de las variables del bloque D. (Anexos 1 i 2).

¹ Roundabout design checklist-TD 16/07. Highways Agency. Design Manual for Roads and Bridges (DMRB). Department of Transport.; et al. Geometric Design of Roundabouts. Volume 6, Section 2, Part 3. 2007.

6.2.- Productos complementarios

6.2.1.- Cuestionario estadístico de accidente en glorieta

PRODUCTO 3

Actualmente, en la mayoría de los casos, los procedimientos de recogida de datos tras un accidente para confeccionar después los partes estadísticos, no favorecen el desarrollo de estudios posteriores.

Concretamente en el campo de las glorietas se detecta una insuficiencia de datos sobre los factores de riesgo, hecho que impide que se puedan llevar a cabo estudios macro estadísticos de los cuales se deriven planes de prevención de accidentes en este contexto.

La Generalitat de Catalunya viene promoviendo desde el Servei Català de Trànsit la posibilidad de que exista un parte de accidente policial único, que con su confección permita por medios informáticos cumplir con los datos exigibles para la estadística, y al mismo tiempo que se pueda elaborar el atestado judicial con las diligencias que le son propias.

Estos trabajos han sido publicados en el Cuaderno número 3 "Sistema integral de recollida de dades d'accidents de trànsit (SIDAT)" de la colección del SCT², y recomiendan una ampliación de información sobre aspectos que acostumbra a ser deficitarios en la recogida de datos sobre los accidentes.

Se pretende aportar un dossier de recogida de datos de las glorietas que permita sucesivamente a las autoridades responsables, si lo creen conveniente, incorporarlos al parte de accidente unificado y así intentar mejorar la calidad de los sucesivos estudios de accidentalidad en las glorietas y protocolizar los sistemas de recogida de información de los accidentes de tráfico en las glorietas, para facilitar las tareas de los expertos o agentes policiales responsables en sintonía con los trabajos al efecto iniciados por las administraciones de la seguridad vial.

En este producto que aportamos se incluye, además de los datos generales de cada accidente, una relación de los mínimos datos que sea preciso incluir en los partes estadísticos de accidente de tráfico que elabora la policía con aspectos específicos sobre glorietas, para mejorar la calidad de la investigación.

² Departament d'Interior. Servei Català de Trànsit. *Sistema integral de recollida de dades d'accidents de trànsit: SIDAT. Quadern de trànsit 3. Generalitat de Catalunya. 2006.*

Para ello se ha elaborado, a partir básicamente de las variables de los bloques C y D, un cuestionario en formato de carpeta en la que se incluyen además diferentes hojas en su interior:

- Hoja de inspección ocular
- Hoja de víctimas
- Hoja de alcoholemia
- Hoja de atropello
- Hoja de transporte
- Hoja de accidente en glorieta

(Anexo 3)

En este sentido se ha considerado conveniente, no sólo aportar la hoja específica de toma de datos de la glorieta, sino presentar en un contexto de carpetilla de datos más generales, basados en los cuestionarios del Servei Català de Trànsit³ y del parte de la Agrupación de tráfico de la Guardia Civil⁴, varios modelos de hoja: transporte, alcoholemia, víctimas, atropello e inspección ocular (con algunos datos novinculados a este trabajo) ampliado con la hoja específica para glorietas.

Se trata en definitiva de aportar un producto completo de toma de datos aplicable, además, si el caso, a las glorietas.)

³ Departament d'Interior. Servei Català de Trànsit. *Sistema integral de recollida de dades d'accidents de trànsit: SIDAT. Quadern de trànsit 3*. Generalitat de Catalunya. 2006.

⁴ Orden del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno de 18 de febrero de 1993 por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación (B.O.E. nº 47 de 24 de febrero de 1993).

Los accidentes laborales de tráfico que suponen cerca de la mitad de los accidentes de tráfico mortales y entre el 5 y el 10% de la totalidad de accidentes laborales, no son tratados como prioridad en los sistemas de prevención de riesgos laborales

Aunque el problema de la inseguridad laboral de la movilidad de los trabajadores es históricamente reconocido, no han existido planteamientos normativos o prácticos sobre cómo afrontar programas preventivos específicos, hasta la apertura de la línea de los Planes de movilidad consecuentes de los descuentos en las cotizaciones de la Seguridad Social, a las empresas que acreditan disponer de tales planes.

Un Plan de movilidad requiere un minucioso estudio inicial basado, a poder ser, en una rigurosa investigación de accidentes laborales viales. Si la muestra de accidentes no es estadísticamente significativa, requerirá de la obtención del máximo de datos sobre movilidad de los trabajadores a través, en cualquier caso, de una encuesta. Se pretende pues elaborar una encuesta que contenga la máxima información sobre la movilidad de los trabajadores en los supuestos "in itinere", "in labore" y en misión. El objetivo es determinar los lugares de mayor riesgo, los vehículos o sectores más accidentógenos y grupos de trabajadores con mayor probabilidad de accidentarse. La base será la encuesta que los Institutos de estadística españoles han realizado y que servirá de referencia para el meta-análisis de los estudios de empresa, cuyas encuestas es recomendable que sigan la pauta metodológica elaborada por el INE.

El producto que se presenta está compuesto por dos documentos que pueden servir de referencia para la precisa información de apertura en los Planes de Movilidad de Empresa: un cuestionario para cumplimentar por la empresa para evaluar este tipo de riesgo laboral y otro para distribuir entre los trabajadores en la muestra que se estime oportuno utilizar (accidentados, conductores, comerciales, in itinere, etc..). (Anexo 4)

Como ya se expuso en el capítulo 2.4, las técnicas de reconstrucción de accidentes, se apoyan en los antecedentes que la policía recoge en el lugar de los hechos. Esta información cuando se trata de un accidente en una glorieta, puede llegar a ser en algunos casos muy limitada.

Se han revisado antecedentes reconstructores de accidentes en glorietas, para poder comprobar las posibles deficiencias de información y su posible mejora con la contemplación de algunas de las variables de esta tesis, comprobando que en muchos de los casos, en las reconstrucciones estudiadas, existe un vacío de información, dado que el reconstructor generalmente se ha basado en las fuentes de información policiales para determinar trayectoria y velocidades de los vehículos implicados, obviando aspectos que se recogen en las variables propuestas.

El producto que presentamos es un marco idóneo de definición de las variables y factores intervinientes en la producción de un accidente de tráfico para su posible consideración por parte de los reconstructores de accidentes al hacer valoraciones en sus dictámenes sobre accidentes en los tramos con glorieta, formado por las variables preferentemente de los bloques A, C i D. (Anexo1)

En función de la tipología y características de cada accidente, los contenidos de cada uno de los bloques a considerar se adaptaran por el reconstructor a las necesidades reales, eliminando aquellas variables que no se ajusten a las circunstancias del accidente que se dictamina.

7.- CONCLUSIONES

Para hablar de las conclusiones se hace necesaria una estructura mínima, que hemos planteado en dos niveles y que subyacen a lo largo de la investigación.

El primero se refiere a la gran cantidad de información interrelacionada en materia de seguridad vial, obligando a plantear modelos que ayuden a la optimización de procesos y a la obtención de beneficios tangibles en la disminución de la accidentalidad, implementándolos posteriormente en los protocolos que conforman el segundo nivel de este trabajo.

De entre la gran cantidad de estudios científicos internacionales sobre glorietas, destaca la escasez de estudios realizados por investigadores españoles, lo cual nos permite concluir:

1.1 Profundizar en el conocimiento de un aspecto del tráfico, como es el de las glorietas, abre nuevos elementos de análisis de las causas específicas del accidente en este tipo de intersecciones y permite promover soluciones de mejora, pero esto solo será posible a partir de datos estadísticos pormenorizados, suficientes y significativos de los accidentes y de sus escenarios.

1.2 La escasez de datos así como la insuficiencia de parámetros recogidos sobre accidentes en glorietas, son claros obstáculos para los estudios sobre accidentalidad y lo ha sido a lo largo de esta investigación. Por ejemplo, en Cataluña no tenemos información de los heridos leves en accidentes si en el mismo accidente no se producen heridos graves o muertos, situación en que la policía hace el atestado.

En Cataluña, las compañías aseguradoras manejan una cifra total de unos 6.000.000 de siniestros contabilizados anuales, incluidos los de sólo daños materiales, pero no se dispone de la cifra exacta. Los datos del parte amistoso sólo están a disposición de las compañías aseguradoras, y no de las autoridades policiales. Por lo tanto, los Anuarios Estadísticos de Accidentes a nivel de Cataluña, solo disponen del número de accidentes con víctimas en glorietas y en otras intersecciones, y se desconocen las circunstancias en que se han producido, no permitiendo su análisis y propuesta de mejoras.

En cambio en Suiza, las Instrucciones Técnicas¹ se redactaron en base a estudios comparativos sobre la accidentalidad en glorietas, con alto y bajo índice de accidentalidad. Los datos analizados relacionaban la accidentalidad con el flujo y la geometría de la zona de la glorieta donde se producían los accidentes, así como una relación pormenorizada de las condiciones y sus parámetros.

¹Spacek, P. *Basis of the Swiss Design Standard for Roundabouts*. Transportationresearch record. no. 1881, (2004): 27-35

1.3 Las causas del aumento de la accidentalidad en glorietas, no son solo consecuencia directa del fuerte aumento en su número sino que queda por objetivar el nivel de influencia de la falta de datos estadísticos sobre la causalidad de los accidentes.

1.4 Un trabajo de recogida de datos pormenorizados sobre la accidentalidad y su posterior análisis, se convierte en una herramienta indispensable sobre todo teniendo en cuenta el importante compromiso europeo de la reducción de la mortalidad de tráfico del 50% desde el 2010 hasta el 2020 acordado por el Parlamento Europeo. En este sentido los productos aportados, en esta investigación pretenden ser un instrumento para la recopilación de datos, según un sistema abierto a posibles mejoras a partir de su uso.

1.5 La recogida de datos y estudios realizados en otros países permite concluir que los condicionantes que propiciaron la construcción de glorietas de gran diámetro en las últimas décadas han cambiado significativamente así como los conocimientos científicos sobre el tráfico y la seguridad. Se impone pues un replanteamiento de las grandes glorietas ya existentes, que partiría de una auditoria de seguridad vial previa.

Así mismo, de los numerosos estudios científicos analizados se deduce que las glorietas en comparación con las intersecciones convencionales (tipo X, T o Y), pueden llegar a reducir hasta un 75% los accidentes con víctimas, pero que este beneficio no se aprecia en las glorietas de grandes dimensiones, proponiendo como una solución más eficaz una intersección semaforizada o las llamadas turboglorietas, que ofrecen grandes capacidades de tráfico y una seguridad equiparable a las compactas, habiéndose experimentando en volúmenes de tráfico superior a 50.000 Veh./diarios.



El segundo nivel es en el que situamos los procedimientos organizativos o protocolizados, para identificar los problemas reales o potenciales de las glorietas, y poder tomar acciones correctivas o preventivas, y mejorar los sistemas de gestión de la seguridad vial.

2.1 En el caso de las auditorias de seguridad viaria, que no deberían considerarse como una mera comprobación del cumplimiento de la normativa vigente, sino como una garantía de que la vía se ha diseñado y construido y se mantiene atendiendo a unos criterios óptimos de seguridad, se propone un protocolo sobre las características de las glorietas en las etapas del proyecto, de su construcción, de su mantenimiento y

de su gestión, tal y como lo recoge el R.D. 345/2011. Se prevé que su realización permita reducir el número de accidentes y minimizar las consecuencias de los accidentes que inevitablemente se produzcan.

2.2 En las investigaciones de accidentes en profundidad, *In Depth Investigation*, la recogida exhaustiva de datos a partir del protocolo propuesto y previamente establecido abarca prácticamente la totalidad de las variables definidas en esta investigación. Se deben definir los datos a recoger previamente, no tanto para comodidad del equipo investigador, sino para la homogeneidad de la muestra y para contemplar los aspectos más relevantes que se deseen investigar, y que consiste en conseguir mucha información previamente definida de una muestra predeterminada de accidentes que sucedan a partir de una fecha. Disponer de toda esta amplia información permite con el oportuno cruce de variables y mediante los estudios estadísticos correspondientes detectar aquellos aspectos estadísticamente significativos que muestran las causas más influyentes de la producción de accidentes en glorietas o en distintos escenarios viales a estudiar.

2.3 En el questionario estadístico de accidente en glorieta, la aplicación de las variables mediante su manejo en formato carpetilla, puede subsanar una insuficiencia de datos sobre los factores de riesgo más relevantes o reiterativos, para poder, a posteriori, identificar los principales problemas de seguridad vial en las glorietas, determinar sus causas, establecer unos objetivos de mejora y su posterior evaluación. La fórmula de carpetilla general de parte estadístico con las hojas ampliatorias de cada tema específico, se entiende como una sustancial aportación del presente trabajo. Se pretende mejorar, no solo los datos de accidentes en glorietas, sino también en los demás aspectos sobre los que se aporta hoja adicional, con un enfoque exhaustivo de producto de mejora en la macroinvestigación de accidentes de tráfico en general, pero que con la hoja de glorietas permita avances en la investigación de las causas de siniestralidad en estas intersecciones.

2.4 Probablemente el factor de accidentalidad que más ha llamado la atención en los últimos tres años en Cataluña, España y Europa ha sido la progresión de accidentes laborales de tráfico que ha pasado a ser el prototipo de accidente de circulación más repetido pues la frecuencia entre los producidos entre las 8 horas de los lunes hasta las 20 horas de los viernes laborables así lo demuestra. El perfil del trabajador adulto con experiencia en la conducción que, especialmente en vehículos de dos

ruedas, se accidenta in itinere, in labore o en misión, ya es una evidencia del arquetipo de conductor en riesgo a prevenir.

Una parte de las variables correspondientes a la prevención y seguridad, podrán ser utilizadas para la realización de la encuesta laboral-vial, la cual constituye una parte importante de los Planes de Movilidad que las empresas deben llevar a cabo, para poder reducir la gran cantidad de accidentes de tráfico que se producen entre domicilio y empresa o en jornada laboral. Las empresas y la sociedad en general son conscientes del gran número y gravedad de los accidentes laborales de tráfico, y la puesta en marcha de Planes de movilidad es sin duda un factor que puede ser determinante para conseguir rebajar este tipo de siniestralidad. En tal sentido se aportan encuestas en esta investigación que pueden ser de utilidad para investigar las causas de este tipo de accidentes.

2.5 Las técnicas de reconstrucción de accidentes de tráfico se basan en antecedentes que la policía recoge en el momento del accidente, y cuya información es en ocasiones insuficiente cuando este se ha producido en una glorieta, dificultando la labor de los técnicos reconstructores en el momento de redactar sus informes. La aplicación del conjunto de variables definidas en el protocolo a este efecto es una propuesta de ampliación de estos datos que puede permitir al reconstructor disponer de otros elementos de juicio para ampliar la posibilidad de los recálculos o extender las posibles causas a otros factores, más allá de la determinación de trayectorias y de velocidades de los vehículos.



La obligada revisión, objetivación y ordenación de los parámetros y factores definitorios de las glorietas que se ha llevado a cabo en esta investigación, en relación con el ordenamiento constructivo, la seguridad vial y la fluidez del tráfico, y su aplicación en las especialidades científicas, va a permitir un análisis más exhaustivo y riguroso de la causalidad de los accidentes, contribuyendo a la mejora de la seguridad vial.

El sistema de ordenación sistemático de variables se ha diseñado intencionadamente abierto para poder añadir nuevas variables, si fuera necesario, a medida que se utilicen los diferentes protocolos.

En futuros estudios, esta relación de variables finales podría pasar a ser la relación de variables iniciales, retroalimentando así el sistema. La aplicación de los protocolos aportados pueden contribuir a conseguir el objetivo europeo de la "Vision Cero" (cero muertos en accidentes de tráfico) para el 2050.

8.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

8.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- La aplicación de los protocolos propuestos en esta investigación a partir de proyectos piloto que permitan consolidar su validez, para ampliar o reducir el número de variables en cada uno de ellos es una de las líneas prioritarias de futuras investigaciones.
- Cada uno de los productos propuestos puede abrir a su vez líneas específicas de investigación, no solo en la idoneidad en la selección de variables pero también en el diseño del propio protocolo, que en algunos casos requiere detalles pormenorizados y en otros, eficacia y brevedad en su toma.
- Para profundizar en la eficacia del protocolo de seguridad laboral vial, proponemos la aplicación del mismo en planes de movilidad existentes de un grupo reducido de empresas, para verificar su posibilidad de mejora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Anuari Estadístic d'accidents a Catalunya 2013*. Servei Català de Trànsit. Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya. Disponible en: www.idescat.cat (consultado el: 17-03-2011).
- *Anuario estadístico general 2013*. Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior.
- Arenas, B. Temario General de la ESTT-OEP. Tema 68: *El sistema de indicadores para la seguridad vial*. 2011.
- Ariniello, A. *Are roundabouts good for business?* LSC Transportation Consultants, INC. Denver. 2004.
- Ayuntamiento de Madrid. *Instrucción de Vía Pública. Ficha técnica 5.3 Intersecciones giratorias o glorietas*. 2000.
- Azparren, C. *Modelización de la accidentalidad según el tipo de carretera y su circulación*. Univesidad Politécnica de Madrid. 2003.
- Bañón, L; Beviá, J. *Manual de Carreteras*. Alicante. 2000.
- Bastos, A; Vasconcelos, L. *Microsimulation applied to performance analysis of roundabouts: the effect of the pedestrians crossings*. Department of civil Engineering. University of Coimbra and Polytechnic Institute of Viseu. Portugal 2009.
- Benguigui, A. *Método de cálculo estimativo de costes de construcción de rotondas*. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. 2002.
- Bhagwant, N; Persaud, R; Retting. et al. *Crash and injury reduction following installation of roundabouts in the United States*. American Journal of Public Health. Vol91, No 4. April 2001.
- Bhagwant, N; Persaud, R; Retting, A. *Safety effect of roundabout conversions in the United States*. Transportation research record 1751. Paper No.01-0562.
- Bram de Brabander; Nuyts, E; Vereeck, L. *Safety effects of rondabouts in Flandes*. Accident analysis and prevention 36(2005) 289-296.
- Bram de Brabander; Vereeck, L. *Safety effects of rondabouts in Flandes: signal type, speed limits and vulnerable road users*. Accident analysis and prevention 32(2007)591-599.
- Brilon, W. *Studies on Roundabouts in Germany: Lessons Learned*. 3rd International TRB - Roundabout Conference, Carmel, Indiana. 2011.

- Bulla, L. A. *Metodología para la evaluación técnica y operativa de turbotrondas como alternativa de intersección vial en el ámbito urbano*. Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá, 2010.
- Calvo, JI. *Tráfico y transporte en la comarca de Logroño*. Universidad de Zaragoza.1999.
- Canale, S; Leonardi, S; Pappalardo, G. *Indicateurs de performance pour la caractérisation du niveau de sécurité des giratoires*. Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale. Università di Catania. Italia. 2003.
- *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles*. Colección de Documentos. Volumen 11. Consejo de Directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica. 2002.
- *Catálogo de deterioros de pavimentos rígidos*. Colección de Documentos. Volumen 12. Consejo de Directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica. 2002.
- Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Normandie Centre. *Amenagements de carrefours en rase campagne et securite*. Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de Tourisme. 1996.
- Daniels, S.; Brijs, T.; Nuyts, E. et al. *Explaining variation in safety performance of roundabouts*. Accident Analysis and Prevention, 42(2). p. 393-402. Pergamon-elsevier science ltd. 2010.
- Daniels, S; Wets, G. *Traffic safety effects of roundabouts: a review with emphasis on bicyclist's safety*. Hasselt University, Transportation Research Institute. Belgium.2005.
- Darder,V.; Herce, M. *Funciones de las rotondas urbanas y requerimientos urbanísticos de organización*. Minor Thesis. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori. 2005.
- Del Campo, C.Temário específico de la ESTT-OEP. Tema 23: *Red vial en la zona urbana II. Calmado de tráfico*. 2011.
- De Corral, I. *Topografía de obras*. Edicions UPC. 1996.
- De la Hoz, C.; Pozueta, J; *Recomendaciones para el diseño de glorietas en carreteras suburbanas*. Madrid (Comunidad Autónoma). Dirección General de Carreteras.1995.
- Departament d'Interior, Relacions Institucionals i Participació.; Servei Català de Trànsit. *Millora de la seguretat de les rotondes*. Servei Català de Trànsit: Generalitat de Catalunya. 2008.
- Departament d'Interior. Servei Català de Trànsit. *Sistema integral de recollida de dades d'accidents de trànsit: SIDAT*. Quadern de trànsit 3. Generalitat de Catalunya. 2006.

- Departament d'Interior. Servei Català de Trànsit. *La reconstrucció de l'accident de trànsit*. Quadern de trànsit 1. Generalitat de Catalunya. 2001.
- Departament de Política Territorial i Obres Públiques. *Manual para el diseño de vías ciclistas en Cataluña*. Generalitat de Catalunya. 2008.
- Direcció General de Carreteres. *Instrucció per al disseny i projecte de rotondes. Esborrany abril 2006*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.
- Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas de España. (MOPU). *Recomendaciones sobre glorietas*. Madrid. MOPU, 1989.
- Dirección general de carreteras. *Instrucción técnica para la instalación de reductores de velocidad y bandas transversales de alerta en carreteras de la red de carreteras del estado*. Orden FOM/3053/2008. Ministerio de fomento de España.
- *Direction de l'Outaouais. Les carrefours giratoires*. Ministère des transports du Québec. 2003.
- Direction de la circulation et des transports. *Evaluation des minigiratoires*. Service Déplacements Etudes Infrastructures. MAIRIE de Toulouse. 2006.
- Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. *Guide Suisse des Giratoires*. Institut des transports et de planification. Lausanne. 1991.
- Easa,S; Mehmood,A. *Optimizing geometric design of single-lane roundabouts: Consistency analysis*. Civ.Eng.31:1024-1038(2004).
- Fisk, C. *Traffic performance analysis at roundabouts*. Transportation Research Part B, Vol.25B, Nos 2/3, pp 89-102.1991.
- Fortuijn, L.G.H. *Turbo Roundabout and Turbo Circle; Design, Capacity and Safety*. TU Delft. Delft University of Technology. 2013.
- Fouladvand, ME; Sadjadi, Z; Shaebani, MR. *Characteristics of vehicular traffic flow at a roundabout*. Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics, 2004 Oct; 70(4) Pt 2: 046132.
- Freixa, F. Moderación de la circulación. *Aplicación de una política para mejorar la calidad de vida*. Anuario de psicología. nº 65. Facultat de psicología. Universitat de Barcelona. 1995.
- García, A et al. Consistencia del diseño geométrico de carreteras: Concepto y criterios. Departamento de Ingeniería e infraestructura de los transportes. Escuela técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. 2013.
- *Guía de nudos viarios*. Dirección general de carreteras. Secretaría general de infraestructuras. Ministerio de Fomento. 2012.

- Guichet, B.; Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques. *Les accidents dans les carrefours giratoires urbains. Étude statistique de 1993 à 2005*. CERTU. 2009.
- Guillen, A. *Auditorias de seguridad vial. Problema de velocidad: Transiciones y accesos a rotondas*. Universitat politècnica de Catalunya. Barcelona. 2006.
- Harper, N.J.; Dunn, R.C.M. *Accident prediction at urban roundabouts in New Zealand. Some initial results*. 26th Australasian Transport research forum. Wellington. New Zealand. 2003.
- Hashin, M.N. Al-Madani. *Dynamic vehicular delay comparison between a police-controlled roundabout and a traffic signal. Transportation research Part A 37(2003) 681-688*.
- Hyden, C ; Várhelyi, A. *The effects on safety, time, consumption and environment of large scale use of roundabouts in an urban area: a case study. Accident analysis and prevention 32(2000)11-23*.
- *Highway capacity manual*. Transportation research board. National Academies of science. USA Government. 2010.
- Highways Agency. *Design Manual for Roads and Bridges (DMRB). Department of Transport.; et al. Geometric Design of Roundabouts. Volume 6, Section 2, Part 3*. 2007.
- Institut Català de Seguretat Viària *Manual del trànsit Urbà*. Departament de Governació. Generalitat de Catalunya. 1995.
- Institut Català de Seguretat Viària. Dossier tècnic nº4 de seguretat viària: *Les rotondes*. Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya. 1992.
- *Instrucción Técnica para la Instalación de reductores de velocidad y bandas transversales en carreteras de la Red de Carreteras del Estado*. ORDEN FOM/3053/2008. Ministerio de Fomento.
- *Institut Belge pour la Sécurité. Aménagements cyclables en giratoires. Collection: Vademecum Vélo en Région de Bruxelles-Capitale num 4. Institut Belge pour la Sécurité Routière*. 2009.
- Isebrands, H. *Quantifying safety and speed data for rural roundabouts with high-speed approaches*. Iowa State University. 2011.
- Jacquemart, G. *Modern Roundabout Practice in the United States: Synthesis of Highway Practice 264*. Washington, DC, USA. 1998.
- Jian-an-tan. *Research on offside priority roundabout operations*. Tesis doctoral. Ecole Polytechnique federal de Lausanne. 1993.

- Jurisich, I et al. *Reducing speed: The C-Roundabout*. TRB International Roundabout Conference. Indiana 2011.
- Lord,D; Van Schalkwyk,I; Crrysler,S; Staplin,L. *A strategy to reduce older driver injuries at intersections using more accommodating's roundabouts*. Accident, analysis and prevention 39(2007)427-432.
- Makarewicz, R; Golebiewski, R. *Modeling of the roundabout noise impact*. Acoustical Society of America. Vol.122, No 2. [DOI: 10.112/1.2749700] 2007.
- Martín, M. *Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante microsimulación de tráfico*. Càtedra Abertis de Gestió de Infraestructuras del Transporte. Universitat Politècnica de Catalunya. 2012.
- Massalle, F. Morfología de enlaces. A: "*Nudos de Carreteras, normativas y tendencias actuales*". Asociación española de la carretera, 2002, p. 127-149.
- *Massalle, F. Elementos de trazado en enlaces. A: "Nudos de Carreteras, normativas y tendencias actuales". Asociación española de la carretera, 2002, p. 151-162.*
- Mauro,R; Catan,M. *Model to evaluate potential accident rate of roundabouts*. Journal of transportation engineering. DOI:10.1061(ASCE)0733-947X(2004)130:5(602).
- Mayoral,R. *Infraestructures viaries I organització del territory. Contribució al coneixement del procés de formació de la xarxa viària de Catalunya*. Universitat de Barcelona. 1991.
- Montella, A. *Identifying crash contributory factors at urban ruondabouts and using association rules to explore their relationships to different crash types*. Accident analysis and prevention. 43(2011)1451-1463
- Nambisan, S; Parimi, V. *A Comparative Evaluation of the Safety Performance of Roundabouts and Traditional Intersection Controls*. ITE journal. 77, no. 3, (2007): 18. [Washington, D.C., etc.] Institute of Transportation Engineers.
- *Norma de carreteras 8.2-IC. Marcas viales*. Ministerio de obras públicas y urbanismo de España. 1987.
- Paez,J. *Modelo de predicción de ocurrencia de accidentes en tramos de carreteras mediante la medición continua de variables de influencia*. Universidad Politécnica de Madrid.1999.
- Pearce, C.E.M. *A probabilistic model for the behaviour of traffic at a roundabout*. Transportation research. Part B, Methodological. Vol. 21B, no. 3 (June 1987).
- *Pedragosa, JL. Administraciones públicas y seguridad vial. La Mutua. Revista técnica de salud laboral y prevención.nº13.Madrid 2006.*

- Pedraza,F; Rocci,B. *Regulación de la circulación en las glorietas multicarril: análisis y propuestas*. Rutas técnicas Marzo-abril/2008.
- Pulido, J. *Metodología modelizada para el tratamiento de la siniestralidad producida por el tráfico urbano*. Universidad de Granada. 2001.
- Pratelli, A. *Design of modern roundabouts in urban traffic systems*. Iowa State University. 2009.
- Raduà, R. *Modelització dels accidents en vies interurbanes. Aplicació a la determinació de velocitats màximes. Minor-thesis. Universitat Politècnica de Catalunya*. 2007.
- Riddle, J.; Hinton, D. *South Carolina Case Study: Systematic Intersection Improvements*. FHWA Safety Program. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration.2012.
- Rodà, E.;Roche, M.;Puy, V. *La seguretat en la conducció durant la jornada de treball*. Departament d'Empresa i Ocupació; Servei Català de Trànsit. Generalitat de Catalunya. 2012.
- Rodegerdts, L.; Robinson, B.; National Research Council (U.S.). Transportation Research Board.; National Cooperative Highway Research Program.; United States. Federal Highway Administration. *Roundabouts: an informational guide*. Second edition. Washington, DC : Transportation Research Board, 2010.
- Rune, E. *Effects on road safety of converting intersections to roundabouts: A review of evidence from non US studies*. Institute of Transport Economics. Oslo. Norway. TBR2003 Annual Meeting.
- Rune, E.; Truls, V. *El manual de medidas de seguridad vial*. Fundación Instituto Tecnológico para la seguridad del automóvil. (FITSA) 2006.
- Sakshaug, L; Laureshyn, A; Svensson, A; et al. *Cyclists in roundabouts-Different design solutions*. Accident Analysis & Prevention, v42 n4:1338-1351. 2010.
- Salah-ud-Din Mujahid, R. *Dual-Lane Roundabouts Geometric Design for Optimum Design Consistency and Operation*. Ryerson University. 2012.
- *Señalización vertical. Instrucción de carreteras. Norma 8.1-IC*. Madrid, Ministerio de Fomento. Diciembre 1999.
- Serra, R. *Manual de càlcul geomètric de rotondes*. Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona. 2009.
- Serrano, J.A." Tema 6: *Firmes de carreteras. Bases de proyecto. Materiales. Métodos de cálculo. Selección. Normativa*." OEP Especialidad. Gestión Técnica del tráfico. Dirección General de Tráfico.2013.

- Serrano, A. *Análisis y evaluación de las desventajas sociales de los accidentes de tráfico*. Universidad politécnica de Madrid.1977.
- Servei Català de Trànsit. Quadern núm.3: *Sobre presa de dades d'accidents de transit*. Departament d'interior. Generalitat de Catalunya.2009.
- Servei Català de Trànsit .Departament d'Interior. Generalitat de Catalunya. *La reconstrucció de l'accident de trànsit*. Reges, Col.lectiu Eixample sccl. 2001.
- Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA). *Amenagements des carrefours interurbains sur les routes principales*. Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de Tourisme. 1998.
- Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA). *Aide à la correction du fichier des accidents de la circulation routière*. Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de Tourisme. 1999.
- Shasi, S ; Venu, P. *A comparative evaluation of the safety performance of roundabouts and tradicional intersection controls*. ITE journal. Marzo 2007.
- Sides, K. *Roundabouts as context sensitive solutions*. Institute of Transportation Engineers. ITE journal. Vol. 81, no. 2011.
- Spacek, P. *Basis of the Swiss Design Standard for Roundabouts*. Transportation research record. no. 1881, (2004): 27-35.
- Stannard, J.; Fricke, L. *Manual de investigación de accidentes de tráfico*. Gijón : Sictra Ibérica. 2002.
- Stijn D; Brijs,T; Nuyts,E et al. *Extended prediction models for crashes at roundabouts*. Safety Science 40 (2011) 198-207.
- Stijn, D; Geert, W. *Traffic safety effects on roundabouts: a review with emphasis on bicyclist's safety*. Proceedings of the 18th ICTCT-workshop, Helsinki, Finland(2005)p. 11-22.
- Tan, J. *Comparison of capacity between roundabout design and signalised junction dedign*. 1st Swiss Transport Research Conference. Ascona.2001.
- *Trazado, instrucción de carreteras. Norma 3.1-1C*. Ministerio de Fomento. 2000.
- US Department of Transportation. Federal Higway Administration. *Roundabouts: an informational guide*. Second Edition. Whasington. 2010.
- US Departement of Transportation. *Roundabouts safety comes to America*. Federal Higway Administration. 1995.
- Valdes, A. *Ingeniería de tráfico*. 3ª edición. Editorial Bellisco. Madrid. 2008.

- Vargas, J. *Las campañas publicitarias como instrumento de prevención de accidentes de tránsito en Costa Rica*. Universidad de La laguna. 1999.
- Várhelyi,A. *The effects of small roundabouts on emissions and fuel consumption: a case study*. Transportation research Part D.7(2002) 65-71.
- Vindel, D. *Anàlisi i classificació estacional de les carreteres catalanes*. Minor-thesis. Universitat Politècnica de Catalunya. 2009.
- Wong,S.C. *On the reserve capacities of priority junctions and roundabouts*. Transportation research Part B.Vol 30 No.6 pp.441-453.1996.